IEC 60204-33

Edition 1.0 2009-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 33: Requirements for semiconductor fabrication equipment

Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 33: Exigences pour les équipements de fabrication des semi-conducteurs

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.
If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:
Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:
Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60204-33

Edition 1.0 2009-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 33: Requirements for semiconductor fabrication equipment

Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 33: Exigences pour les équipements de fabrication des semi-conducteurs

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE CODE PRIX XF

ICS 13.110; 25.040.30; 29.020

ISBN 2-8318-1068-6

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

FOREWORD 10
INTRODUCTION 12
1 Scope 13
2 Normative references 14
3 Terms and definitions 15
4 General requirements 25
4.1 General considerations 25
4.2 Selection of electrical equipment 26
4.3 Electrical supply 26
4.3.1 General 26
4.4 Physical environment and operating conditions 26
4.4.1 General 26
4.4.2 Contaminants 27
4.4.3 Ionizing and non-ionizing radiation 27
4.4.4 Vibration, shock, and bump 27
4.5 Transportation and storage 27
4.6 Provisions for handling 27
4.7 Installation 27
5 Incoming supply conductor terminations and devices for disconnecting and switching off 27
5.1 Incoming supply conductor terminations 27
5.1.1 General 27
5.1.2 Termination of the supply conductors 27
5.1.3 Neutral conductor 28
5.1.4 Terminal identification 28
5.2 Terminal for connection to the external protective earthing system 28
5.3 Supply disconnecting (isolating) device 28
5.3.1 General 28
5.3.2 Type 29
5.3.3 Requirements 29
5.3.4 Operating means 30
5.3.5 Supply disconnecting device mounting 30
5.3.6 Supply disconnecting device door interlock 30
5.3.7 UPS disconnection 30
5.4 Additional disconnecting devices 31
5.5 Protection against unauthorized, inadvertent and/or mistaken connection of plug/socket combination 31
6 Protection against electric shock 31
6.1 General 31
6.2 Protection against direct contact 31
6.2.1 General 31
6.2.2 Protection by enclosures 32
6.2.3 Protection by insulation of live parts 32
6.2.4 Protection against residual voltages 32
6.3 Protection against indirect contact 33
6.3.1 General 33
6.3.2 Prevention of the occurrence of a touch voltage 33

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.3.3 Protection by automatic disconnection of supply 34
6.4 Protection by the use of PELV 35
6.4.1 General requirements 35
6.4.2 Sources for PELV 35
6.4.3 Design to minimise risks of live working 36
6.5 Protection of skilled persons and instructed persons against inadvertent contact with hazardous-live-parts 36
6.5.1 General 36
6.5.2 Obstacles 36
6.5.3 Probe holes 36
7 Protection of equipment 36
7.1 General 36
7.2 Overcurrent protection 37
7.2.1 General 37
7.2.2 Supply conductors 37
7.2.3 Neutral conductor protection 37
7.2.4 Socket outlets and their associated conductors 37
7.2.5 Lighting circuits 37
7.2.6 Transformers 37
7.2.7 Location of overcurrent protective devices 37
7.2.8 Overcurrent protective devices 38
7.2.9 Rating and setting of overcurrent protective devices 38
7.3 Protection of motors against overheating 39
7.3.1 General 39
7.3.2 Overload protection 40
7.3.3 Over-temperature protection 40
7.4 Motor overspeed protection 40
7.5 Abnormal temperature detection 40
7.6 Protection against supply interruption or voltage reduction and subsequent restoration 41
7.7 Earth fault/residual current protection 41
7.8 Phase sequence protection 41
7.9 Protection against overvoltages due to lightning and to switching surges 41
7.10 Electrolytic capacitors 41
8 Equipotential bonding 42
8.1 General 42
8.2 Protective bonding circuit 44
8.2.1 General 44
8.2.2 Protective conductors 45
8.2.3 Continuity of the protective bonding circuit 45
8.2.4 Exclusion of switching devices from the protective bonding circuit 46
8.2.5 Protective conductor connecting points 46
8.2.6 Mobile machines 46
8.2.7 Limitation of touch current on cord and plug connected equipment 47
8.3 Functional bonding 47
8.4 Measures to limit the effects of high leakage current 47
9 Control circuits, emergency off (EMO), and protective interlock circuits 47
9.1 Control circuits 47
9.1.1 Control circuit supply 47

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.1.2 DC circuits derived from an a.c. supply 47
9.1.3 Start functions 47
9.1.4 Stop functions 48
9.1.5 Operating modes 48
9.1.6 Multiple control stations 48
9.2 Emergency Off (EMO) 48
9.2.1 General 48
9.2.2 Circuits to be de-energized 49
9.2.3 Requirements for EMO circuits 49
9.3 Operations other than emergency off 49
9.3.1 General 49
9.3.2 Start 49
9.3.3 Stop 50
9.3.4 Other control functions 50
9.3.5 Cableless control 51
9.4 Protective interlocks 51
9.4.1 General 51
9.4.2 Protective interlock circuit design 51
9.5 Suspension of safety functions and/or protective measures 53
10 Operator interfaces 53
10.1 General 53
10.1.1 General device requirements 53
10.1.2 Location and mounting 53
10.1.3 Degree of protection 53
10.1.4 Portable and pendant control stations 54
10.2 Push-buttons 54
10.2.1 Colours 54
10.2.2 Markings 55
10.3 Indicator lights 55
10.3.1 General 55
10.3.2 Colours 55
10.3.3 Flashing lights and displays 56
10.4 Illuminated push-buttons 56
10.5 Rotary control devices 56
10.6 Start devices 56
10.7 Emergency off devices 56
10.8 Emergency stop devices 57
10.9 Enabling control device 57
11 Controlgear: location, mounting, and enclosures 57
11.1 General requirements 57
11.2 Location and mounting 58
11.2.1 Accessibility and maintenance 58
11.2.2 Physical separation or grouping 59
11.2.3 Heating effects 59
11.3 Degrees of protection 59
11.4 Enclosures for electrical equipment 59
11.4.1 General 59
11.4.2 Fasteners 59
11.4.3 Windows 59

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.4.4 Doors 59
11.4.5 Openings 59
11.4.6 High surface temperatures 60
11.4.7 Containment of molten material or burning insulation 60
11.4.8 Enclosures that can be fully entered 60
11.4.9 Clearance for access to electrical equipment 60
12 Conductors and cables 62
12.1 General requirements 62
12.2 Insulation 62
12.2.1 General 62
12.2.2 Fire propagation and fume emissions 62
12.2.3 Printed circuit boards 62
12.3 Current-carrying capacity 63
12.4 Conductor and cable voltage drop 63
12.5 Flexible cables 63
12.5.1 General 63
12.5.2 Flexible cables inside enclosures or ducts 63
12.5.3 Mechanical rating in cable handling systems 63
13 Wiring practices 64
13.1 Connections and routing 64
13.1.1 General requirements 64
13.1.2 Conductor and cable runs 65
13.1.3 Conductors of different circuits 65
13.1.4 Conductors smaller than 50 mm^2 65
13.1.5 Temperature exposure of conductors 65
13.1.6 Terminal temperatures 65
13.2 Multi-outlet assemblies 65
13.3 Plug/socket combinations 66
13.4 Identification of conductors 66
13.4.1 General requirements 66
13.4.2 Identification of the protective conductor 66
13.4.3 Identification of the neutral conductor by colour 67
13.4.4 Identification by colour 67
13.4.5 Wiring inside enclosures 67
13.5 Wiring outside enclosures 68
13.5.1 General requirements 68
13.5.2 Plug/socket combinations external to electrical enclosures 68
13.5.3 Cables and conductors external to the electrical enclosure 68
13.5.4 Ducts 69
13.5.5 Pendant control stations 69
13.5.6 Strain relief 69
13.5.7 Protection of flexible cables 69
13.5.8 Clearance between cables and moving parts 69
13.5.9 Clearance between flexible conduit and moving parts 69
13.5.10 Interconnection of electrical equipment 69
13.5.11 Dismantling for shipment 70
13.6 Ducts, connection boxes and other boxes 70
13.6.1 General 70
13.6.2 Cable trunking systems 70

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.6.3 Fabrication equipment compartments and cable trunking systems 71
13.6.4 Connection boxes and other boxes 71
14 Electric motors and associated equipment 71
14.1 General requirements 71
14.2 Remotely installed motors 71
14.3 Motor dimensions 71
14.4 Motor mounting and compartments 72
15 Accessories and lighting 72
15.1 Accessories 72
15.2 Local lighting of the fabrication equipment 72
15.2.1 General 72
15.2.2 Supply 72
15.2.3 Protection 73
15.2.4 Fittings 73
16 Marking, warning signs and reference designations 73
16.1 General 73
16.2 Electric shock hazard warning signs 73
16.3 Functional identification 73
16.4 Equipment nameplate 73
16.5 Reference designations 74
17 Technical documentation 74
17.1 General 74
17.2 Information to be provided 74
17.3 Requirements applicable to all documentation 75
17.4 Installation documents 75
17.4.1 General 75
17.4.2 Supply cables 75
17.4.3 Overcurrent protection devices 75
17.4.4 Ducts, cable trays, or cable supports 76
17.4.5 Diagrams 76
17.5 Overview diagrams and function diagrams 76
17.6 Circuit diagrams 76
17.7 Operating documentation 77
17.8 Maintenance documentation 77
17.8.1 General 77
17.8.2 Identification of replacement parts 77
18 Testing 77
18.1 General 77
18.1.1 Test schedule 77
18.1.2 Test conditions 77
18.2 Earthing continuity and continuity of the protective bonding circuit test 78
18.2.1 General 78
18.2.2 Test equipment 78
18.2.3 Procedure 1 78
18.2.4 Procedure 2 78
18.2.5 Acceptable results 79
18.3 Touch current test for cord and plug connected electrical equipment 79
18.3.1 Application 79
18.3.2 Test equipment 79

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.3.3 Procedure 79
18.3.4 Acceptable results 79
18.4 Dielectric test 79
18.4.1 Test equipment 79
18.4.2 Procedure 80
18.4.3 Acceptable results 80
18.5 Strain relief test 80
18.5.1 General 80
18.5.2 Test equipment 80
18.5.3 Procedure 1 80
18.5.4 Acceptable results for procedure 1 80
18.5.5 Procedure 2 81
18.5.6 Acceptable results for procedure 2 81
18.6 Power supply output short circuit test 81
18.6.1 Test equipment 81
18.6.2 Procedure 81
18.6.3 Acceptable results 81
18.7 Protective interlock circuit function test 81
18.7.1 Procedure 81
18.7.2 Acceptable results 81
18.8 Capacitor stored energy discharge test (see 6.2.4) 81
18.8.1 Test equipment 81
18.8.2 Procedure 82
18.8.3 Acceptable results 82
18.9 Temperature test 82
18.9.1 Test equipment 82
18.9.2 Procedure 82
18.9.3 Acceptable results 82
18.10 Strength of electrical enclosures test; 30 N steady force test 83
18.10.1 General 83
18.10.2 Test equipment 83
18.10.3 Procedure 83
18.10.4 Acceptable results 83
18.11 Strength of electrical enclosures test; 250N steady force test 83
18.11.1 General 83
18.11.2 Test equipment 83
18.11.3 Procedure 83
18.11.4 Acceptable results 83
18.12 Finger probe test 84
18.12.1 General 84
18.12.2 Test equipment 84
18.12.3 Procedure 84
18.12.4 Acceptable results 84
18.13 Wire flexing test 84
18.14 Insulation resistance tests 84
18.15 EMO functional test 84
18.15.1 General 84
18.15.2 Actuation 84
18.15.3 EMO button reset 85

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.15.4 EMO circuit reset 85
18.16 Input current test 85
18.16.1 Test equipment 85
18.16.2 Procedure 85
18.16.3 Acceptable results 85
18.17 Other safety circuit tests 85
18.18 Motor temperature test 85
18.18.1 Application 85
18.18.2 Test equipment 85
18.18.3 Procedure 85
18.18.4 Acceptable results 86
Annex A (normative) Basic protection (protection against indirect contact) in TN-systems 87
Annex B (normative) Protection against indirect contact in TT-systems (Derived from IEC 60364-4-41:2005 and IEC 60364-6:2006) 91
Annex C (normative) Conductor ampacity, and creepage and clearance distances 93
Annex D (normative) Standard test fingers 102
Annex E (informative) Types of system earthing (Derived from IEC 60364-1: 2005) 104
Bibliography 120

Figure 1 – Example of equipotential bonding for electrical equipment 43
Figure 2 – Clearance in front of enclosures 61
Figure A.1 – Typical arrangement for fault loop impedance measurement 90
Figure D.1 – Rigid test finger 102
Figure D.2 – Jointed test finger 103
Figure E.1 – TN-S system with separate neutral conductor and protective conductor throughout the system 105
Figure E.2 – TN-S system with separate earthed line conductor and protective conductor throughout the system 106
Figure E.3 – TN-S system with earthed protective conductor and no distributed neutral conductor throughout the system 106
Figure E.4 – TN-C-S system 3-phase, 4-wire, where the PEN is separated into PE and N elsewhere in the installation 107
Figure E.5 – TN-C-S system 3-phase, 4-wire where the PEN is separated into PE and N at the origin of the installation 108
Figure E.6 – TN-C-S system – single-phase, 2-wire where the PEN is separated into PE and N at the origin of the installation 108
Figure E.7 – TN-C system with neutral and protective conductor functions combined in a single conductor throughout the system 109
Figure E.8 – TN-C-S multiple source system with separate protective conductor and neutral conductor to current-using equipment 110
Figure E.9 – TN multiple source system with protective conductor and no neutral conductor throughout the system for 2- or 3-phase load 111
Figure E.10 – TT system with separate neutral conductor and protective conductor throughout the installation 112
Figure E.11 – TT system with earthed protective conductor and no distributed neutral conductor throughout the installation 112
Figure E.12 – IT system with all exposed-conductive-parts interconnected by a protective conductor which is collectively earthed 113

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure E.13 – IT system with exposed-conductive-parts earthed in groups or individually 114
Figure E.14 – TN-S d.c. system 115
Figure E.15 – TN-C d.c. system 116
Figure E.16 – TN-C-S d.c. system 117
Figure E.17 – TT d.c. system 118
Figure E.18 – IT d.c. system 119

Table 1 – Protection of transformers without thermal protection 39
Table 2 – Protection of transformers with thermal protection 39
Table 3 – Colour-coding for push-button actuators and their meanings 54
Table 4 – Symbols for push-buttons 55
Table 5 – Colours for indicator lights and their meanings with respect to the condition of the fabrication equipment 56
Table 6 – Acceptable temperature for parts of the electrical equipment 82
Table A.1 – Maximum disconnecting times for TN systems 87
Table B.1 – Maximum disconnecting times 92
Table C.1 – Conductor ampacity for AWG 30 to 4 conductors, ambient temperature 30 °C 94
Table C.2 – Conductor ampacity, for 25 mm^2 to 600 kcmil conductors, ambient temperature 30 °C 95
Table C.3 – Derated ampacity (based on Table C.1 and Table C.2) for conductors 0,050 mm^2 to 4,00 mm^2 96
Table C.4 – Ambient temperature correction factors 97
Table C.5 – Non-insulated bus bar sizes 98
Table C.6 – Creepage and clearance in Class 1 000 or less cleanroom 99
Table C.7 – Printed wiring board (PWB) creepage distances 100
Table C.8 – Creepage and clearance in greater than Class 1 000 cleanroom 101

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY OF MACHINERY – ELECTRICAL EQUIPMENT OF MACHINES –

Part 33: Requirements for semiconductor fabrication equipment

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60204-33 has been prepared by technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

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

FDIS	Report on voting
44/602/FDIS	44/607/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A list of all parts of IEC series 60204, under the general title *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*, can be found on the IEC website.

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

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

The following differences exist in some countries:

4.3.1: The voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems in Europe are given in EN 50160:1999, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.

5.1.3: Exception is not allowed (USA).

5.1.3: TN-C systems are not permitted in low-voltage installations in buildings (Norway).

5.2: Terminals for the connection of the protective earthing conductors may be identified by the colour green, the letters “G” or “GR” or “GRD” or “GND”, or the word “ground” or “grounding”, or with the graphical symbol IEC 60417-5019 (2006-08) or any combination (USA).

6.3.3: TT systems are preferred over TN systems (Japan).

6.3.3 b), 13.4.5 b), 18.2.1: TT power systems are not allowed (USA).

7.2.3: Disconnection of the neutral conductor is mandatory in a TN-S system (France and Norway).

7.2.3: Third paragraph: distribution of a neutral conductor with an IT system is not allowed (USA and Norway).

13.4.2: 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).

13.4.3: The colour identification WHITE or GREY is used for earthed neutral conductors instead of the colour identification BLUE (USA and Canada).

15.2.2: First paragraph: Maximum value between conductors 150 V (USA).

15.2.2: 2nd paragraph, 5th bullet: The full load current rating of lighting circuits does not exceed 15 A (USA).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

IEC 60204-33 has been created to reflect the unique needs of electrical safety within the semiconductor manufacturing environment. This includes the specialized clean room environment in which semiconductors are fabricated as well as the specialized nature of the semiconductor fabrication equipment itself. IEC 60204-33 ensures a level of safety consistent with IEC 60204-1 while still permitting the flexibility needed in the design and operation of semiconductor fabrication equipment. It has been drafted to satisfy the electrical safety needs of the semiconductor industry.

This standard is not intended to address those functional aspects of semiconductor fabrication equipment that do not relate directly to safety.

Note relating to SEMI: SEMI is the global industry association serving the manufacturing supply chains for the microelectronic, display and photovoltaic industries. SEMI maintains offices in Austin, Beijing, Brussels, Hsinchu, Moscow, San Jose, Seoul, Shanghai, Singapore, Tokyo, and Washington, D.C. The SEMI Standards Program, established in 1973, covers all aspects of semiconductor process equipment and materials, from wafer manufacturing to test, assembly and packaging, in addition to the manufacture of flat panel displays, photovoltaic systems and micro-electromechanical systems (MEMS). More than 2,100 volunteers worldwide participate in the program, which is made up of 19 global technical committees. Visit **www.semi.org/standards** for further details about SEMI Standards. Some information contained in this document was derived from SEMI S22 and S2. Republished with permission from Semiconductor Equipment and Materials International, Inc. (SEMI) © 2009

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SAFETY OF MACHINERY – ELECTRICAL EQUIPMENT OF MACHINES –

Part 33: Requirements for semiconductor fabrication equipment

1 Scope

This part of IEC 60204 applies to electrical and electronic equipment associated with semiconductor fabrication equipment for the manufacture, measurement, assembly, and test of semiconductors.

NOTE 1 In this standard, the term electrical includes electrical, electronic, and programmable electronic matters (i.e. electrical equipment means electrical, electronic, and programmable electronic equipment).

NOTE 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 installation, use, and care of the fabrication equipment in question.

The electrical equipment covered by this standard commences at the point of connection of the supply to the electrical equipment (see 5.1), and includes proper instruction for its safe installation.

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

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 (a.c.) and not exceeding 1 500 V for direct current (d.c.), and with nominal supply frequencies not exceeding 200 Hz. For higher voltages or frequencies, special requirements may be needed.

NOTE 4 Electrical equipment within which derived voltages exceed these supply voltage limits is within the scope of this standard.

Included are requirements for protective measures against electrical safety hazards as well as electrical interlock circuits that protect against non-electrical hazards. However, it does not cover all the requirements that are needed or required by other standards or regulations in order to safeguard persons from hazards other than electrical hazards (e.g. chemical hazards, mechanical hazards, radiation hazards). Each type of machine has unique requirements to be accommodated to provide adequate safety.

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

- use, process, or produce potentially explosive material;
- are used in potentially explosive and/or flammable atmospheres;
- have special risks when producing or using certain materials;
- are hoisting machines (which are covered by IEC 60204-32).

This standard does not include specifications for performance or functional characteristics of the fabrication equipment.

This standard does not deal with the possible effects on human health that can result from emissions (for example EMFs, noise) from the fabrication equipment.

This standard does not specify requirements for electromagnetic compatibility (EMC).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

2 Normative references

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

IEC 60034-11:2004, *Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection*

IEC 60038: *IEC standard voltages*

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2008, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-6:2006, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and conductor terminations*

IEC 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or alphanumerics*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*

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

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60695-11-10:1999, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60950-1:2005, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

61310 (all parts): *Safety of machinery – Indication, marking and actuation*

IEC 61310-1:2007, *Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 61557-3:2007, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 3: Loop impedance*

IEC 61558-1:2005, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-6:2009, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers*

IEC 61800-5-1:2007, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

ISO 12100-2:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

ISO 13849 (all parts): *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

ISO 13849-1:1999, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ISO 13851:2002, *Safety of machinery – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1
actuator
part of a device to which an external manual action is to be applied

NOTE 1 The actuator may take the form of a handle, knob, push-button, roller, plunger, etc.

NOTE 2 There are some actuating means that do not require an external actuating force but only an action.

NOTE 3 See also 3.40.

3.2
ambient temperature
temperature of the air or other medium where the equipment is to be used

[IEV 826-01-04]

3.3
appliance coupler
means enabling the connection and disconnection at will, of a cord to an appliance or other equipment and consisting of a connector and an appliance inlet

NOTE 1 An appliance inlet integrated in an appliance or equipment is an appliance inlet the shroud and base of which is formed by the housing of the appliance or equipment.

NOTE 2 An appliance inlet incorporated in an appliance or an equipment is a separate appliance inlet built-in or fixed to an appliance or equipment.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.4
automatic disconnection
interruption of one or more of the line conductors by the automatic operation of a protective device in case of a fault

3.5
barrier
part providing protection against direct contact from any usual direction of access

[IEV 826-03-13]

3.6
basic insulation
insulation of hazardous-live-parts which provides basic protection

[IEV 195-06-06]

3.7
cable tray
cable support consisting of a continuous base and raised edges and no covering

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

[IEV 826-06-08]

3.8
cable trunking system
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]

3.9
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)

3.10
conduit
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]

3.11
control device
device connected into the control circuit and used for controlling the operation of the machine (for example position sensor, manual control switch, relay, contactor, magnetically operated valve)

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.12
controlgear
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 for the control of electrical energy consuming equipment

[IEV 441-11-03, modified]

3.13
controlled stop
stopping of machine motion with electrical power to the machine actuators maintained during the stopping process

3.14
class II equipment
equipment with

- basic insulation as provision for basic protection, and
- supplementary insulation as provision for fault protection

or in which

- basic and fault protection are provided by reinforced insulation

[IEC 61140, 7.3]

3.15
danger zone
in the case of high voltage installations, systems, and equipment, area limited by the minimum clearance around hazardous-live-parts without complete protection against direct contact

NOTE Entering the danger zone is considered to be the same as touching hazardous-live-parts.

[IEC 61140, 3.35, modified]

3.16
direct contact
contact of persons with live parts

NOTE For high-voltage installations, systems, and equipment, entering the danger zone is considered to be the same as touching hazardous live parts.

3.17
direct opening action (of a contact element)
achievement of contact separation as the direct result of a specified movement of the switch actuator through non-resilient members (for example not dependent upon springs)

[IEC 60947-5-1, K.2.2]

3.18
double insulation
insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

3.19
duct
enclosed channel designed expressly for holding and protecting electrical conductors, cables, and busbars

NOTE Conduits (see 3.9), cable trunking systems (see 3.7) and underfloor channels are types of duct.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.20
electrical equipment
material, fittings, devices, components, appliances, fixtures, apparatus, and the like used as part of, or in connection with the use of electricity by semiconductor fabrication equipment

NOTE See also 3.27.

3.21
emergency stop device
manually actuated control device used to initiate an emergency stop function

[ISO 13850, 3.2]

3.22
emergency off
EMO
function which, when activated, will place the fabrication equipment into a safe shutdown condition, without generating any additional hazards

3.23
enclosed electrical equipment area
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

3.24
enclosure
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 IEV needs the following explanations within the scope of this standard:

a) Enclosures provide protection of persons 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.

c) 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.

3.25
equipotential bonding
provision of electric connections between conductive parts, intended to achieve equipotentiality

[IEV 195-01-10]

3.26
exposed conductive part
conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not live under normal operating conditions, but which can become live under fault conditions

[IEV 826-03-02, modified]

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.27
extraneous conductive part
conductive part, for example of the fabrication equipment, not forming part of the electrical equipment

3.28
fabrication equipment
machinery, associated electrical equipment, apparatus, process modules or devices used to manufacture, measure, assemble and test semiconductor products but not including any product (e.g., substrates, semiconductors)

NOTE See also 3.20.

3.29
failure
termination of the ability of an item to perform a required function

NOTE 1 After failure the item has a fault.

NOTE 2 "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.

[IEV 191-04-01, modified]

NOTE 3 In practice, the terms fault and failure are often incorrectly used synonymously.

3.30
fault
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

NOTE 1 A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure.

NOTE 2 In English the term “fault” and its definition are identical with those given in IEV 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.

3.31
functional bonding
equipotential bonding necessary for proper functioning of electrical equipment

3.32
harm
physical injury or damage to health

[ISO 12100-1, 3.5]

3.33
hazard
potential source of physical injury or damage to health

NOTE 1 The term hazard can be qualified in order to define its origin (for example mechanical hazard, electrical hazard) or the nature of the potential harm (for example electric shock hazard, cutting hazard, toxic hazard, fire hazard).

NOTE 2 The hazard envisaged in this definition:

– either is permanently present during the intended use of the machine (for example motion of hazardous moving elements, electric arc during a welding phase, unhealthy posture, noise emission, high temperature);

– or can appear unexpectedly (for example: explosion, crushing hazard as a consequence of an unintended/unexpected start-up, ejection as a consequence of a breakage, fall as a consequence of acceleration/deceleration).

[ISO 12100-1, 3.6, modified]

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.34
hazardous electrical power
power levels equal to or greater than 240 VA

3.35
hazardous-live-part
live part which under certain conditions, can give a harmful electric shock

[IEV 195-06-05]

NOTE For the purposes of this standard voltages greater than 30 V r.m.s., 42,4 V peak, or 60 V d.c. are considered to have the possibility of a harmful electric shock.

3.36
hazardous situation
circumstance in which a person is exposed to at least one hazard. The exposure can immediately or over a period of time result in harm

[ISO 12100-1, 3.9]

3.37
hazardous voltage
voltage greater than 30 V r.m.s., 42,4 V peak, or 60 V d.c.

3.38
indirect contact
contact of persons with exposed conductive parts which have become live under fault conditions

[IEV 826-03-06, modified]

3.39
inductive power supply system
system of inductive power transfer, consisting of a track converter and a track conductor, along which one or more pick-up(s) and associated pick-up converter(s) can move, without any galvanic or mechanical contact, in order to transfer electrical power for example to a mobile machine

NOTE The track conductor and the pick-up are analogous to the primary and secondary of a transformer respectively.

3.40
(electrically) instructed person
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]

3.41
interlock
arrangement of devices operating together to:

- prevent hazardous situations, or
- prevent damage to equipment or material, or
- prevent specified operations, or
- ensure correct operations

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.42
live part
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]

3.43
machine actuator
power mechanism used to effect motion within the fabrication equipment

NOTE See also 3.1.

3.44
machinery
machine
assembly of linked parts or components, at least one of which moves, with the appropriate machine actuators, control and power circuits, 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 the same end, are arranged and controlled so that they function as an integral whole

[ISO 12100-1, 3.1, modified]

NOTE The term "component" is used here in a general sense and it does not refer only to electrical components.

3.45
maintenance
activities intended to keep fabrication equipment in proper working order

NOTE See also 3.60.

3.46
marking
signs or inscriptions for the purpose of identifying equipment, components and/or devices, which can include certain features thereof

3.47
neutral conductor
N
in a star-connected three-phase system, conductor connected to the common point and capable of contributing to the transmission of electrical energy and in a single-phase system, a conductor connected to the side that is commonly at the same potential as the protective earth

[IEV 826-01-03, modified]

NOTE The neutral point is only defined for a.c. systems.

3.48
obstacle
part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate action

[IEV 826-03-14]

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.49
operator
person who interacts with the fabrication equipment in order for it to perform its intended function

NOTE 1 Operator functions are distinct from maintenance and repair functions.

NOTE 2 Performance of operator functions does not require the knowledge or ability of a skilled or instructed person.

3.50
overcurrent
current exceeding the rated value

NOTE For conductors, the rated value is the current-carrying capacity.

[IEV 826-05-06, modified]

3.51
overload (of a circuit)
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*.

3.52
plug/socket combination
component and a suitable mating component, appropriate to terminate conductors, intended for connection or disconnection of two or more conductors

NOTE Examples of plug/socket combination include:

– connectors which fulfil the requirements of IEC 61984;
– a plug and socket-outlet, a cable coupler, or an appliance coupler in accordance with IEC 60309-1;
– a plug and socket-outlet in accordance with IEC 60884-1 or an appliance coupler in accordance with IEC 60320-1.

3.53
protective bonding
equipotential bonding for protection against electric shock

NOTE Measures for protection against electric shock can also reduce the risk of burns or fire.

3.54
protective bonding circuit
protective conductors and conductive parts connected together to provide protection against electric shock in the event of an insulation failure

3.55
protective conductor
conductor required for protective bonding 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 (PE)

[IEV 826-04-05, modified]

NOTE "some measures" includes for example protection by automatic disconnection of supply.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.56
protective interlock circuit
type of safety circuit, the purpose of which is to prevent the operation of hazardous functions under specified conditions, and which starts at the point where the safety-related signals are generated and ends at the components used to eliminate the hazard or reduce the risk

3.57
readily accessible
capable of being reached without requiring the use of tools, keys, portable ladders or platforms, climbing over or removing obstacles or barriers

3.58
reference designation
distinctive code which serves to identify unambiguously an item in the documentation and on the electrical equipment

3.59
reinforced insulation
insulation of hazardous-live-parts which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

NOTE Reinforced insulation may comprise several layers which cannot be tested singly as basic insulation or supplementary insulation.

[IEV 195-06-09]

3.60
repair
activities intended to return to proper working order fabrication equipment that has failed (see also 3.45)

3.61
residual current device
RCD
mechanical switching device designed to make, carry and break currents under normal conditions and to cause the opening of the contacts when the residual current attains a given value under specified conditions

NOTE 1 A residual current device can be a combination of various separate elements designed to detect and evaluate the residual current and to make and break current.

NOTE 2 A GFCI (ground-fault circuit interrupter) is a specific kind of RCD.

[IEV 442-05-02, modified]

3.62
risk
combination of the probability of occurrence of harm (i.e. physical injury or damage to health) and the severity of that harm

[ISO 12100-1, 3.11, modified]

3.63
safeguard
guard or protective device provided as a means to protect persons from a hazard

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.64
safeguarding
protective measure using safeguards to protect persons from the hazards which cannot reasonably be eliminated or from the risks which cannot be sufficiently reduced by inherently safe design measures

[ISO 12100-1, 3.20]

NOTE Protective interlocks are examples of safeguarding.

3.65
safety circuit
circuit that carries out a safety function that is intended to maintain the safe condition of the fabrication equipment or prevent an increase of the risks under single fault conditions

NOTE Safety circuits include protective interlock circuits and emergency off (EMO) circuits.

3.66
servicing level
level on which persons stand when operating or maintaining the electrical equipment

3.67
short-circuit current
overcurrent resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit

[IEV 441-11-07]

3.68
short-circuit rating of the electrical equipment
maximum input current from the supply, resulting from a short-circuit fault, that the equipment can withstand under defined conditions

NOTE 1 This necessitates adequate co-ordination of protective devices within the equipment such that the short-circuit ratings of all the overcurrent protective devices in the equipment are at least equal to the prospective fault current at their points of connection within the equipment and adequate protection is provided by those devices.

NOTE 2 Where multiple input supplies are used for the electrical equipment (fabrication equipment) short-circuit current ratings are determined for each respective supply.

3.69
(electrically) skilled person
person with relevant training, education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards associated with electricity

[IEV 826-09-01, modified]

3.70
supplementary insulation
independent insulation applied in addition to basic insulation, for fault protection

[IEV 195-06-08]

3.71
supplier
entity (for example manufacturer, contractor, installer, integrator) who provides the fabrication equipment or its associated equipment or services

NOTE The user organization may also act in the capacity of a supplier to itself.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.72
switching device
device designed to make and/or break the current in one or more electric circuits

[IEV 441-14-01, modified]

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

3.73
touch voltage
voltage between conductive parts when touched simultaneously by a person

[IEV 195-05-11, modified]

3.74
uncontrolled stop
stopping of machine motion by removing electrical power to the machine actuators

NOTE This definition does not imply any particular state of other stopping devices, for example mechanical or hydraulic brakes.

3.75
uninterruptible power supply
UPS
power source that is capable of supplying power to the electrical equipment after power from the facilities has been discontinued

3.76
user
entity who utilizes the fabrication equipment and its associated electrical equipment

4 General requirements

4.1 General considerations

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 fabrication equipment. This will enable the determination of adequate risk reduction, and the necessary protective measures for persons who can be exposed to those hazards, while still maintaining an acceptable level of performance of the fabrication equipment.

Hazardous situations 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 fabrication equipment that can increase risk;
- disturbances or disruptions in power sources as well as failures or faults in the electrical equipment resulting in the malfunctioning of the fabrication equipment that can increase risk;
- loss of continuity of circuits that depend upon sliding or rolling contacts, resulting in a failure of a safety function;
- electrical disturbances (for example electromagnetic, electrostatic either from outside the electrical equipment or internally generated, resulting in the malfunctioning of the fabrication equipment that can increase risk);
- release of stored energy (either electrical or mechanical) resulting in, for example, electric shock, unexpected movement that can cause injury;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- surface temperatures that can cause injury.

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

During the design and development process, hazards and the risks arising from them shall be identified. Where the hazards cannot be removed and/or the risks cannot be sufficiently reduced by inherently safe design measures, protective measures (for example safeguarding,) shall be provided to reduce the risk. Additional means (for example, awareness means) shall be provided where further risk reduction is necessary. In addition, working procedures that reduce risk can be necessary.

4.2 Selection of electrical equipment

Electrical components and devices that are used as part of a safety related system and those that handle hazardous voltage or hazardous electrical power shall be suitable for their intended use, be applied in accordance with their supplier's instructions; and

- conform to relevant IEC standards where such exist;
- as an alternative, conform to a relevant standard that is developed by a national standards organization and/or meet construction and test requirements of this document as is appropriate to the application.

4.3 Electrical supply

4.3.1 General

The electrical equipment shall operate correctly when connected to its specified electrical supply. The specifications for the supply shall include the following where appropriate:

- a.c. supply voltage with plus and minus tolerances;
- d.c. supply voltage with plus and minus tolerances.

The term "correct operation" in this context does not consider the quality of the fabricated product.

Interruptions in the facilities electrical supply shall not result in hazardous 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 by the manufacturer of the fabrication equipment including the following environmental parameters:

- ambient air temperature range;
- limitations on altitude of installation;
- humidity of operating installation;
- electromagnetic environment.

NOTE 1 The generic EMC standards IEC 61000-6-1 or IEC 61000-6-2 and IEC 61000-6-3 or IEC 61000-6-4 give general EMC emission and immunity limits.

NOTE 2 IEC/TR 61000-5-2 gives guidelines for earthing and cabling of electrical and electronic systems aimed at ensuring EMC. If specific product standards or product family EMC standards exist (for example, IEC 61496-1, IEC 61800-3, IEC 60947-5-2, IEC 61326 series) they take precedence over generic standards.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.4.2 Contaminants

Electrical equipment shall be adequately protected against the ingress of solid bodies and liquids likely to be present in the environment in which the electrical equipment is intended to be used. Electrical equipment shall be adequately protected against or resistant to degradation resulting from foreseeable chemical exposures.

4.4.3 Ionizing and non-ionizing radiation

When electrical equipment can be subject to radiation (e.g. microwave, ultraviolet, lasers, X-rays), additional measures shall be taken to avoid failures of the electrical equipment that can result in a hazardous situation.

4.4.4 Vibration, shock, and bump

Effects of vibration, shock and bump (including those generated by the fabrication equipment and those created by the physical environment) that can result in a hazardous situation shall be avoided by the selection of suitable electrical equipment, by mounting it away from the source of disturbance, or by provision of anti-vibration mountings.

4.5 Transportation and storage

Unless the manufacturer specifies different temperature and humidity ranges, the equipment shall withstand temperatures from –25 °C to +55 °C and for short periods not exceeding 24 h, +70 °C, and relative humidity from 10 % to 90 %.

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

Suitable means should be provided to prevent damage from humidity, vibration, and shock.

4.6 Provisions for handling

Heavy and bulky electrical equipment shall be provided with suitable means for handling, for example by mechanical handling equipment.

4.7 Installation

Electrical equipment shall be installed in accordance with the electrical equipment supplier's instructions.

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

5.1 Incoming supply conductor terminations

5.1.1 General

It is recommended that, where practicable, there should be a single point of connection for the incoming electrical supply. Where another supply is necessary for certain parts of the electrical equipment (for example, electronic equipment that operates at a different voltage), that supply should be derived, as far as is practicable, from devices (for example, transformers, converters) forming part of the electrical equipment. For large complex fabrication equipment comprising a number of widely-spaced subsystems working together in a co-ordinated manner, there can be a need for more than one incoming supply depending upon the site supply arrangements (see 5.3.1).

5.1.2 Termination of the supply conductors

Unless the electrical equipment is cord and plug connected (see 5.3.2 d)), it is recommended that the supply conductors be terminated at the supply disconnecting device.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.1.3 Neutral conductor

Where a neutral conductor is used it shall be clearly indicated in the technical documentation of the fabrication equipment, such as in the installation diagram and in the circuit diagram, and a separate insulated terminal, labelled N or "Neutral" in accordance with 16.1, shall be provided for the neutral conductor.

There shall be no connection between the neutral conductor and the protective bonding circuit nor shall a combined PEN terminal be provided.

EXCEPTION: A connection may be made between the neutral terminal and the PE terminal at the point of the connection of the power supply for TN-C systems.

5.1.4 Terminal identification

All terminals for the incoming supply connection shall be clearly identified with one of the following:

- “U”,”V”, and “W”
- “L1”, “L2”, and “L3"

For the identification of the external protective conductor terminal, see 5.2.

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 for connection to the external protective earthing system or to the external protective conductor, depending upon the supply distribution system.

NOTE This is intended to facilitate the provision of an external protective earthing system or external protective conductor in association with the incoming supply conductors.

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 Tables C.1 to C.5. At each incoming supply point, the terminal for connection of the external protective earthing system or the external protective conductor shall be marked or labelled with the letters PE and/or the symbol IEC 60417-5019 (2006-08) (see IEC 60445):

.

5.3 Supply disconnecting (isolating) device

5.3.1 General

A supply disconnecting device shall be provided:

- for each incoming source of supply to the fabrication equipment;

  NOTE The incoming supply can be connected directly to the machine or via a feeder system. Feeder systems can include conductor wires, conductor bars, slip-ring assemblies, flexible cable systems (reeled, festooned) or inductive power supply systems.

- for the output of each UPS, in accordance with 5.3.7.

Each supply disconnecting device shall remove electrical power from the load side of the disconnecting device when it is opened (for example for work on the fabrication equipment, including the electrical equipment).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Where two or more supply disconnecting devices are provided, interlocks shall be provided as necessary to prevent a hazardous situation.

When two or more supply disconnecting devices are present each shall be provided with marking such as “WARNING: Risk of Electric Shock or Burn. Disconnect all [number of feed locations] sources of electrical supply prior to maintenance or repair”

5.3.2 Type

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

a) a switch-disconnector, with or without fuses, utilization category AC-23B or DC-23B;

b) a disconnector, with or without fuses, 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;

d) a plug/socket combination under the following conditions:

- the plug/socket combination shall be connected so that the part connected to the incoming supply is protected to at least IP2X or IPXXB, and either
- the rated current does not exceed 16 A and total power rating does not exceed 3 kW; or
- where the rated current exceeds 16 A or the total power rating does not exceed 3 kW,
- it shall not be possible to connect or disconnect a plug/socket combination without adequate breaking capacity, during load conditions;
- 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. 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.

NOTE For switch-disconnectors and disconnectors, see IEC 60947-3. For circuit-breakers suitable for isolation, see IEC 60947-2.

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:

a) isolate the electrical equipment from the supply and have one OFF (isolated) and one ON position marked with "O" and "I" (symbols IEC 60417-5008 (2002-10) and IEC 60417-5007 (2002-10), see 10.2.2); a 'tripped' position is also permitted in the case of circuit-breakers;

b) have a visible contact gap or a position indicator which cannot indicate OFF (isolated) until all contacts are actually open and the requirements for the isolating function have been satisfied;

c) have an external operating means (for example handle);

d) be provided with a means (integral or external) permitting it to be locked only in the OFF (isolated) position (for example by padlocks). When so locked, remote as well as local closing shall be prevented;

e) disconnect all live conductors of its power supply circuit. However, for TN supply systems, the neutral conductor may or may not be disconnected except in countries where disconnection of the neutral conductor is compulsory. Where the neutral conductor can be disconnected it shall be disconnected simultaneously with the phase conductors;

NOTE A TN system is one in which one point is directly earthed, with a protective conductor (PE) directly connected to that point. See Annex E and IEC 60364-1.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

f) 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 that can be operated at any time.

5.3.4 Operating means

The operating means (for example, a handle) of the supply disconnecting device shall be readily accessible and located not more than 2 m above the servicing level. A height of between 0,6 m and 1,7 m is recommended.

NOTE The direction of operation is given in IEC 61310-3.

5.3.5 Supply disconnecting device mounting

The supply disconnecting device shall be installed in accordance with one or more of the following:

a) in its own electrical enclosure on or adjacent to the equipment for which it provides a disconnecting means;

b) near the top of the electrical enclosure for which it provides a disconnecting means;

c) anywhere below the top of the electrical enclosure for which it provides a disconnecting means provided that its incoming terminations are guarded to prevent accidental contact by personnel or by a tool dropped from above. Compliance can be demonstrated by verifying that a probe 3 mm in diameter and 15 mm long cannot contact live parts (see test probe 13 of IEC 61032).

EXCEPTION: Machines with a nominal power consumption of 1 500 W or less may be connected to a remotely mounted supply disconnecting device, provided that device is readily accessible and no more than 6 m from the machine.

5.3.6 Supply disconnecting device door interlock

Doors that provide access to live parts of the supply disconnecting device, shall be interlocked so that the door can only be opened when the supply disconnecting device is open and so that the supply disconnecting device can only be closed when the door is closed.

A tool or special device as prescribed by the supplier may be provided to permit skilled and instructed persons to defeat the interlock, provided that protection is provided against inadvertent contact with hazardous-live-parts inside the enclosure by the measures defined in 6.5.

EXCEPTION: Supply disconnecting device door interlocking need not be provided where protection is provided against inadvertent contact with hazardous-live-parts inside the enclosure by the measures defined in 6.5 for loads that:

- are rated less than 5 KVA, or
- consist of lighting circuits, or
- are cord and plug connected electrical equipment.

5.3.7 UPS disconnection

The output of each UPS that can supply greater than 30 V r.m.s., 42.4 V peak, 60 V d.c. or 240 VA, shall be disconnected when the main disconnecting device is opened or shall be provided with a disconnecting means that satisfies all the requirements for the supply disconnecting device in 5.3.1 to 5.3.5, or both. The UPS output wiring and terminals shall be labelled as “UPS Output”, or equivalent, at each connection point where the UPS wiring can be disconnected.

All power supplied from the UPS shall be disconnected when the emergency off actuator is activated.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

EXCEPTION: power supplied from the UPS to safety related devices (including EMO circuits) and computer systems that perform functions such as data/alarm logging and error recovery is excepted from this requirement.

5.4 Additional disconnecting devices

Where it can be necessary to perform work on parts of the fabrication equipment (e.g. motors) when they are de-energized and isolated while leaving other parts of the electrical equipment energized, then a separate disconnecting device shall be provided for each part requiring separate isolation.

Such disconnecting devices should be:

- appropriate and convenient for the intended use;
- suitably located;
- readily identifiable as to which part or circuit(s) of the electrical equipment is served (e.g. by durable marking where necessary).

Means shall be provided to prevent unauthorized, inadvertent, and/or mistaken closure of these devices (e.g. provisions for locking).

Motors installed in a location from which the supply disconnecting device is not visible (for example in a chase or sub-fab) shall be provided with an additional means of disconnecting all unearthed conductors within sight of, and not more than 3 m distance from, the motor. These means of disconnecting shall meet the requirements of 5.3.1 to 5.3.5.

5.5 Protection against unauthorized, inadvertent and/or mistaken connection of plug/socket combination

When a plug/socket combination is used as a supply disconnecting means during maintenance or repair, in addition to meeting the requirements of 5.3.2 d), it shall either be capable of being kept under the exclusive supervision of the person carrying out the maintenance or repair, or it shall be provided with a lockable means to ensure it remains in a disconnected state.

6 Protection against electric shock

6.1 General

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

- direct contact;
- indirect contact.

NOTE It is considered that some of the protection of skilled persons is provided by their training and experience.

Skilled and instructed persons are those having appropriate technical training and experience to be aware of hazards to which they are exposed. Skilled and instructed persons shall be protected against inadvertent and unexpected hazards in accordance with 6.5.

The recommended measures for this protection are given in 6.2, 6.3, 6.4, and 6.5.

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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

When the electrical equipment is located in places open to persons other than skilled and instructed persons, measures of either 6.2.2 with a minimum degree of protection against direct contact corresponding to IP2X/IPXXB (see IEC 60529), or 6.2.3 shall be applied.

6.2.2 Protection by enclosures

Opening an enclosure other than that of the supply disconnecting device (see 5.3.6) that contains hazardous-live-parts (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.

NOTE The necessity to use a key or tool is intended to restrict access to skilled or instructed persons.

Skilled and instructed persons shall be protected against inadvertent contact with hazardous-live-parts inside the enclosure by the measures defined in 6.5.

b) The disconnection of hazardous-live-parts inside the enclosure before the enclosure may be opened. This shall either be accomplished by a mechanical and/or electrical interlock so that the door can only be opened when the hazardous supply is disconnected and so that the hazardous supply can only be connected when the door is closed. If an electrical interlock is used it shall meet all the requirements of Clause 9 for a protective interlock circuit.

EXCEPTION: a special device or tool as prescribed by the supplier may be provided to permit skilled and instructed persons to defeat the interlock, provided that protection is provided against inadvertent contact with hazardous-live-parts inside the enclosure by the measures defined in 6.5.

Any hazardous-live-parts that are not disconnected shall be marked with a warning sign in accordance with 17.2, except for the supply terminals of the supply disconnecting device when it is mounted alone in a separate enclosure.

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

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 operating conditions.

NOTE Paints, varnishes, lacquers, and similar products alone are generally considered to be inadequate for protection against electric shock under normal operating 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 and 20 J or less within a time period of 10 s after disconnection of the supply voltage provided that this rate of discharge does not interfere with the proper functioning of the fabrication equipment.

Electrical equipment that cannot be discharged to this level in 10 s is exempted from this requirement if the following conditions are satisfied:

- the conductors supplied with stored energy cannot be accessed without the removal of a panel that requires a tool to remove; and
- the panel that is removed to access those conductors is marked specifying the discharge time required for the discharge conditions to be less than both 60 V and 20 J; and
- the discharge time does not exceed 5 min.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

In the case of plugs or similar devices, the withdrawal of which results in the exposure of conductors (for example 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, additional switching devices or an appropriate warning device (for example a warning notice in accordance with 16.1) shall be applied.

NOTE Voltage supplied by a UPS is considered to be a battery source and is not considered to be a residual voltage.

6.3 Protection against indirect contact

6.3.1 General

Protection against indirect contact (3.38) is intended to prevent hazardous situations due to an insulation fault between live parts and exposed conductive parts.

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

- measures to prevent the occurrence of a touch voltage (6.3.2), or
- automatic disconnection of the supply before the time of contact with a touch voltage can become hazardous (6.3.3).

NOTE 1 The risk of harmful physiological effects from a touch voltage depends on the value of the touch voltage and the duration of possible exposure.

NOTE 2 For classes of electrical equipment and protective provisions, see IEC 61140.

6.3.2 Prevention of the occurrence of a touch voltage

6.3.2.1 General

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

- provision of class II equipment or by equivalent insulation;
- electrical separation.

6.3.2.2 Protection by provision of class II equipment or by equivalent insulation

This measure is intended to prevent the occurrence of touch voltages on the accessible parts through a fault in the basic insulation. See IEC 60364-4-41.

NOTE Examples of this measure include:

- class II electrical devices or apparatus (see 3.14);
- switchgear and controlgear assemblies having total insulation in accordance with IEC 61439-1.

6.3.2.3 Protection by electrical separation

6.3.2.3.1 General

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 fault in the basic insulation of the live parts of that circuit. In order to provide this type of protection either the requirement of both sub-clauses 6.3.2.3.2 and 6.3.2.3.3 shall be satisfied or the requirements for electrical separation in IEC 60364-4-41 shall be satisfied.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.3.2.3.2 Isolated power systems

The circuit to be protected by electrical separation shall have a high impedance between its conductors and the incoming supply connection to the equipment and a high impedance to earth. Impedance of one megohm or more is considered to be sufficiently high. This can be achieved by the use of isolation transformers or power supplies that have no direct electrical connection between their primary conductors and their secondary conductors.

NOTE 1 An isolation transformer with one conductor of the secondary connected to ground is not an isolated power system.

NOTE 2 Auto transformers do not provide electrical isolation.

NOTE 3 Isolated power systems are commonly used to reduce sources of electronic noise by not deliberately referencing the output circuit conductors to earth (ground).

6.3.2.3.3 Requirements for isolated circuits

Isolated circuits shall meet the following requirements:

- the transformer or power supply, and any components (devices) connected to their output, shall be clearly labeled adjacent to the isolated circuit(s) or on the enclosure to warn operators and service personnel of the unearthed condition, and
- earth fault detection lights, an insulation monitoring device, or a device that interrupts the circuit automatically in the event of an earth fault (for example, a ground-fault circuit-interrupter (GFCI)), shall be installed.

6.3.3 Protection by automatic disconnection of supply

This protective measure consists of the interruption of one or more of the line conductors by the automatic operation of a protective device in case of an insulation fault. It is intended to prevent a hazardous situation by interrupting the supply within a sufficiently short time to limit the duration of a touch voltage to a time within which that voltage is not hazardous. While the use of TN systems is preferred because of the lower touch voltage on exposed and extraneous conductive parts in the event of an earth fault, TT systems in accordance with the relevant parts of IEC 60364 may be used where the distribution system provides no PEN or PE conductor.

Requirements for TN supply systems are given in Annex A. A protective circuit impedance in accordance with 18.2.5 can be considered sufficiently low to meet the requirements of Annex A.

NOTE 1 A TT supply system is one in which one point is directly earthed but the protective conductor (PE) of the equipment is not directly connected to that earth point of the electrical supply system. See Annex E and IEC 60364-1.

Requirements for TT supply systems are given in Annex B.

NOTE 2 TN supply systems are commonly preferred over TT supply systems.

NOTE 3 In Japan TT supply systems are commonly used.

NOTE 4 This protective measure can 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 that detect insulation fault(s).

This protective measure comprises both protective bonding of exposed conductive parts (see 8.2.3), and one of the following:

a) overcurrent protective devices for automatic disconnection of the supply on detection of an insulation fault in TN systems, or

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) residual current protective devices to initiate the automatic disconnection of the supply on detection of an insulation fault from a live part to exposed conductive parts or to earth in TT systems, or

c) insulation monitoring or residual current protective devices to initiate automatic disconnection of IT systems. Except where a protective device is provided to interrupt the supply in the case of the first earth fault, an insulation monitoring device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed conductive parts or to earth. This insulation monitoring device shall initiate an audible and/or visual signal which shall continue as long as the fault persists.

Where automatic disconnection is provided in accordance with a), and disconnection within the time specified in Clause A.1 cannot be assured, supplementary bonding shall be provided as necessary to meet the requirements of Clause A.3.

6.4 Protection by the use of PELV

6.4.1 General requirements

The use of PELV (protective extra-low voltage) is intended to protect persons against electric shock from indirect contact and limited area direct contact (see 8.2.5).

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 fabrication 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 61558-1 and IEC 61558-2-6);

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 13.1.3 shall apply;

e) plugs and socket-outlets for a PELV circuit shall conform to the following:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems;
- 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 in accordance with IEC 61558-1 and IEC 61558-2-6;
- a source of current providing a degree of safety equivalent to that of the safety isolating transformer (for example a motor generator with winding providing equivalent isolation);
- an electrochemical source (for example a battery) or another source independent of a higher voltage circuit (for example 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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.4.3 Design to minimise risks of live working

The electrical equipment shall be designed to minimize the need to calibrate, modify, repair, test, adjust, or maintain equipment while it is energized, and to minimize the need for work to be performed on components near exposed hazardous energized circuits.

Appropriate safety procedures (e.g., use of appropriate personal protective equipment and barriers) for troubleshooting, shall be described in the instructions for use. See 17.2.

6.5 Protection of skilled persons and instructed persons against inadvertent contact with hazardous-live-parts

6.5.1 General

Inadvertent contact to circuits that are not PELV shall be prevented by design. Persons shall not be inadvertently exposed to electrical or mechanical hazards while performing manual adjustments. Adequate access shall be provided for maintenance and repair. Where maintenance and repair personnel need to access the electrical equipment while it is energized, live parts (other than PELV) shall be protected against inadvertent contact by the provision of obstacles. Obstacles shall be provided where it is necessary to reach over, under, around, or close to electrical hazards. They shall also be provided where dropped objects or failure of liquid fittings could result in short circuits or arcing.

6.5.2 Obstacles

Obstacles that are used to protect against inadvertent contact shall be made of non-conductive material or if made of conductive material they shall be earthed. They shall be of substantial construction sufficient to withstand foreseeable abuse.

6.5.3 Probe holes

When necessary for electrical testing, probe holes shall be provided in the obstacles. These probe holes shall be located over test points and designed to protect against inadvertent contact with live parts. They should also provide adequate access for a test probe where it is needed and they shall be identified in the information for use (see 17.2). Where obstacles are of conductive material the perimeter of the probe holes shall be insulated.

7 Protection of equipment

7.1 General

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

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

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.2 Overcurrent protection

7.2.1 General

Overcurrent protection shall be provided in all circuits that can be supplied with hazardous electrical power under normal operations or single fault conditions where current 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 7.2.9.

7.2.2 Supply conductors

The supplier of the electrical equipment is not 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 documentation the data necessary for selecting the overcurrent protective device (see 7.2.9 and 17.4).

7.2.3 Neutral conductor protection

In TN or TT systems, neutral conductors shall not be disconnected without disconnecting the associated live conductors. 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 automatic disconnection for that conductor. For a neutral conductor with a cross-sectional area smaller than that of the associated phase conductors, the measures detailed in 431.2.1 of IEC 60364-4-43 shall apply.

In IT systems, it is recommended that the neutral conductor is not used. However, where a neutral conductor is used, the recommendations detailed in 431.2.2 of IEC 60364-4-43 are applicable.

NOTE An IT system is a distribution system that is not directly earthed. See Annex F.

7.2.4 Socket outlets and their associated conductors

Where general purpose socket outlets are provided for supplying power to maintenance equipment, overcurrent protective devices shall be provided in the unearthed live conductors of each circuit feeding such socket outlets in accordance with 7.2.9.

7.2.5 Lighting circuits

All unearthed conductors of circuits supplying lighting shall be protected against the effects of short circuits by the provision of overcurrent devices independent of those protecting other circuits in accordance with 7.2.9.

7.2.6 Transformers

Transformers shall be protected against overcurrent in accordance with the transformer manufacturer’s instructions and with 7.2.9. If the manufacturer's instructions differ from the requirements of 7.2.9, the more stringent requirements shall apply.

7.2.7 Location of overcurrent protective devices

An overcurrent protective device shall be located at the point where a reduction in the cross-sectional area of each conductor or another change reduces the current-carrying capacity of the conductor such that it is not protected by the upstream protective device, except where all the following conditions are satisfied:

- the current carrying capacity of the conductor is at least equal to that of the load;
- the part of the conductor between the point of reduction of current-carrying capacity and the position of the overcurrent protective device is no longer than 3 m;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- the conductor is installed in such a manner as to reduce the possibility of a short-circuit, for example, protected by an enclosure or duct.

7.2.8 Overcurrent protective devices

7.2.8.1 General

The short-circuit rating of overcurrent protective devices shall be at least equal to the prospective fault current at their point of connection when the equipment is connected to an incoming supply as specified by the equipment manufacturer. Where the short-circuit current to an overcurrent protective device can include additional currents other than from the supply (for example from motors, from power factor correction capacitors), those currents shall be taken into consideration.

The characteristics of two series connected OCPDs devices shall be coordinated 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. This can be determined by tests and/or by calculation.

NOTE 1 See for example Annex A of IEC 60947-2. Other techniques for the evaluation can be found in, for example, SEMI S.22, UL 508A.

NOTE 2 The use of such a co-ordinated arrangement of overcurrent protective devices can result in the operation of both overcurrent protective devices.

NOTE 3 Circuit breakers are commonly preferred to fuses.

Overcurrent protective devices include fuses and circuit-breakers. Electronic devices designed to reduce or to limit the current in protected circuits may also be used.

7.2.8.2 Additional requirements for fuses

When fuses are provided they shall be in fixed fuse holders.

7.2.8.3 Additional requirements for circuit-breakers

All circuit breakers shall have the OFF (isolated) position and ON position clearly marked with "O" and "I" (symbols IEC 60417-5008 (2002-10) and IEC 60417-5007 (2002-10), see 10.2.2).

Actuating directions shall be in accordance with the following:

a) Circuit breakers that are mounted on a vertical surface and vertically oriented shall be mounted with the handle up for the “ON” position.

b) Circuit breakers that are mounted on a vertical surface and horizontally oriented shall be mounted with the handle to the right for the “ON” position.

c) Circuit breakers that are mounted in two columns, horizontally oriented, shall be mounted with the handles toward the centre for the “ON” position; or clearly marked indicating the “ON” and “OFF” positions.

d) Circuit breakers that are mounted on a horizontal surface shall be mounted with the handle to the right for the “ON” position.

7.2.9 Rating and setting of overcurrent protective devices

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

Overcurrent protection shall be limited as follows.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

a) Conductors and plug/socket combinations shall have overcurrent protection that does not exceed their rating.

b) The overcurrent protection of other devices or components, with the exception of motors, shall not exceed 125 % of the current rating of the device or component or 125 % of maximum nominal load.

c) Non-process lighting circuits shall have overcurrent protection at not greater than 15 A.

d) Transformers that operate at 50/60 Hz shall be protected in accordance with Table 1 or Table 2 as appropriate.

Table 1 – Protection of transformers without thermal protection

Transformer primary rating	Transformer secondary rating	Maximum primary protection percentage of rating	Maximum secondary protection percentage of rating
Any rating	≥ 9 A	250	125
Any rating	< 9 A	250	167
≥ 9 A	Any rating	125	Not required
< 9 A and > 2 A	Any rating	167	Not required
≤ 2 A	Any rating	300	Not required

Table 2 – Protection of transformers with thermal protection

Transformer impedance	Maximum primary protection percent of rating (see Note)	Maximum secondary protection percent of rating (see Note)
≤ 6 %	600	125
> 6 % and < 10 %	400	125
NOTE Where the rating does not match a standard overcurrent device rating, the next standard size is permitted.		

In all cases, the next larger standard size of overcurrent device from the calculated value may be used to satisfy this requirement.

7.3 Protection of motors against overheating

7.3.1 General

Protection of motors against overheating shall be provided for each motor consuming more than 240 VA.

Protection of motors against overheating can be achieved by:

- overload protection (7.3.2), or

NOTE 1 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.

- over-temperature protection (7.3.3),

NOTE 2 Temperature detection devices sense over temperature and initiate appropriate control responses.

Automatic restarting of any motor after the operation of protection against overheating shall be prevented where this can cause a hazardous situation or damage to the machine.

Motor installation shall provide for proper cooling to maintain temperature within the motor rating.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.3.2 Overload protection

Where overload protection is provided, detection of overload(s) shall be provided in each live conductor except for the neutral conductor. 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 is not necessary for overload protection.

Unless suitable overload protection for the motor is provided by power conversion equipment, overload protection shall be provided external to the power conversion equipment.

Where motors with special duty ratings are required to start or to brake frequently (for example, motors 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. Appropriate protective devices designed to accommodate special duty motors or over-temperature protection (see 7.3.3) can be necessary.

For motors that cannot be overloaded (for example torque motors, motion drives that either are protected by mechanical overload protection devices or are adequately dimensioned), overload protection is not required.

7.3.3 Over-temperature protection

The provision of motors with over-temperature protection in accordance with IEC 60034-11 is recommended in situations where the cooling can be impaired. Depending upon the kind of motor, protection under stalled rotor or loss of phase conditions is not always ensured by over-temperature protection, and additional protection should then be provided.

Over-temperature protection is also recommended for motors that cannot be overloaded (for example torque motors, motion drives that either are protected by mechanical overload protection devices or are adequately dimensioned), where the possibility of over-temperature exists (for example due to reduced cooling).

7.4 Motor overspeed protection

Overspeed protection shall be provided where overspeeding could otherwise cause a hazardous situation. Overspeed protection shall initiate appropriate control responses and shall prevent automatic restarting.

The overspeed protection should operate in such a manner that the maximum permissible speed of the motor or its load is not exceeded.

NOTE This protection can consist, for example, of a centrifugal switch or speed limit monitor.

7.5 Abnormal temperature detection

Resistance heating or other circuits that are capable of attaining or causing abnormal temperatures (for example, due to short-time rating or loss of cooling medium) shall be provided with suitable detection to initiate an appropriate control response.

Where abnormal temperature can cause a hazardous situation, protective interlock functions shall be provided in accordance with 9.4.1.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.6 Protection against supply interruption or voltage reduction and subsequent restoration

Where a supply interruption or a voltage reduction can cause a hazardous situation, damage to the fabrication equipment, undervoltage protection shall be provided by, for example, switching off the machine at a predetermined voltage level.

Where the operation of the fabrication equipment 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 fabrication equipment.

Upon restoration of the voltage or upon switching on the incoming supply, automatic or unexpected restarting of the fabrication equipment shall be prevented where such a restart can cause a hazardous situation.

Where only a part of the fabrication equipment is affected by the voltage reduction or supply interruption, the undervoltage protection shall initiate appropriate control responses to ensure co-ordination with other parts of the equipment, to protect against any potentially hazardous situations resulting in the equipment.

7.7 Earth fault/residual current protection

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

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

7.8 Phase sequence protection

Where an incorrect phase sequence of the supply voltage can cause a hazardous situation or damage to the fabrication equipment, suitable protection shall be provided, such as a hardware device or phase marking and appropriate warnings or cautions.

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.

Where provided:

- 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 electrical equipment requiring such protection.

7.10 Electrolytic capacitors

Where practicable capacitors that are greater than 25,4 mm (1,0 in) in diameter or are capable of storing more than 4 J should:

a) be self-vented or protected from rupture by equivalent means. Capacitor vents should be unobstructed for a minimum of 5,1 mm (0,2 in);

b) have containment provisions within the capacitor itself or be shielded such that vapours or debris will not become hazardous to personnel;

c) have terminals that are insulated or protected from short circuits by tools. Lacquer and sealing compounds shall not be relied upon to provide protection.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

EXCEPTION: These recommendations need not apply to capacitors that are components of a product conforming to an IEC product standard (e.g., capacitors that are included in an Adjustable Speed Drive conforming to IEC 61800-5-1).

8 Equipotential bonding

8.1 General

This Clause provides requirements for both protective bonding and functional bonding. Figure 1 illustrates those concepts.

Protective bonding is a basic provision for fault protection to enable protection of persons against electric shock from indirect contact (see 6.3.3 and 8.2).

The objective of functional bonding (see 8.3) is to minimize:

- the consequence of an insulation failure which could affect the operation of the machine ;
- the consequences of electrical disturbances to sensitive electrical equipment which could affect the operation of the machine.

Normally functional bonding is achieved by connection to the protective bonding circuit, but where the level of electrical disturbances on the protective bonding circuit is not sufficiently low for proper functioning of electrical equipment, it can be necessary to connect the functional bonding circuit to a separate functional earthing conductor (see Figure 1). Functional bonding to enhance the immunity of the electrical equipment against conducted and radiated RF disturbance can include:

a) connection of sensitive electrical circuits to the chassis:
   - such terminations should be marked or labelled with the symbol IEC 60417-5020 (2002-10):

   - connection of the chassis to earth (PE) using a conductor with low RF impedance and as short as practicable;

b) connection of sensitive electrical equipment or circuits directly to the PE circuit or to a functional earthing conductor (FE) (see Figure 1), to minimize common mode disturbance. The FE terminal should be marked or labelled by the symbol IEC 60417-5018 (2002-10):

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

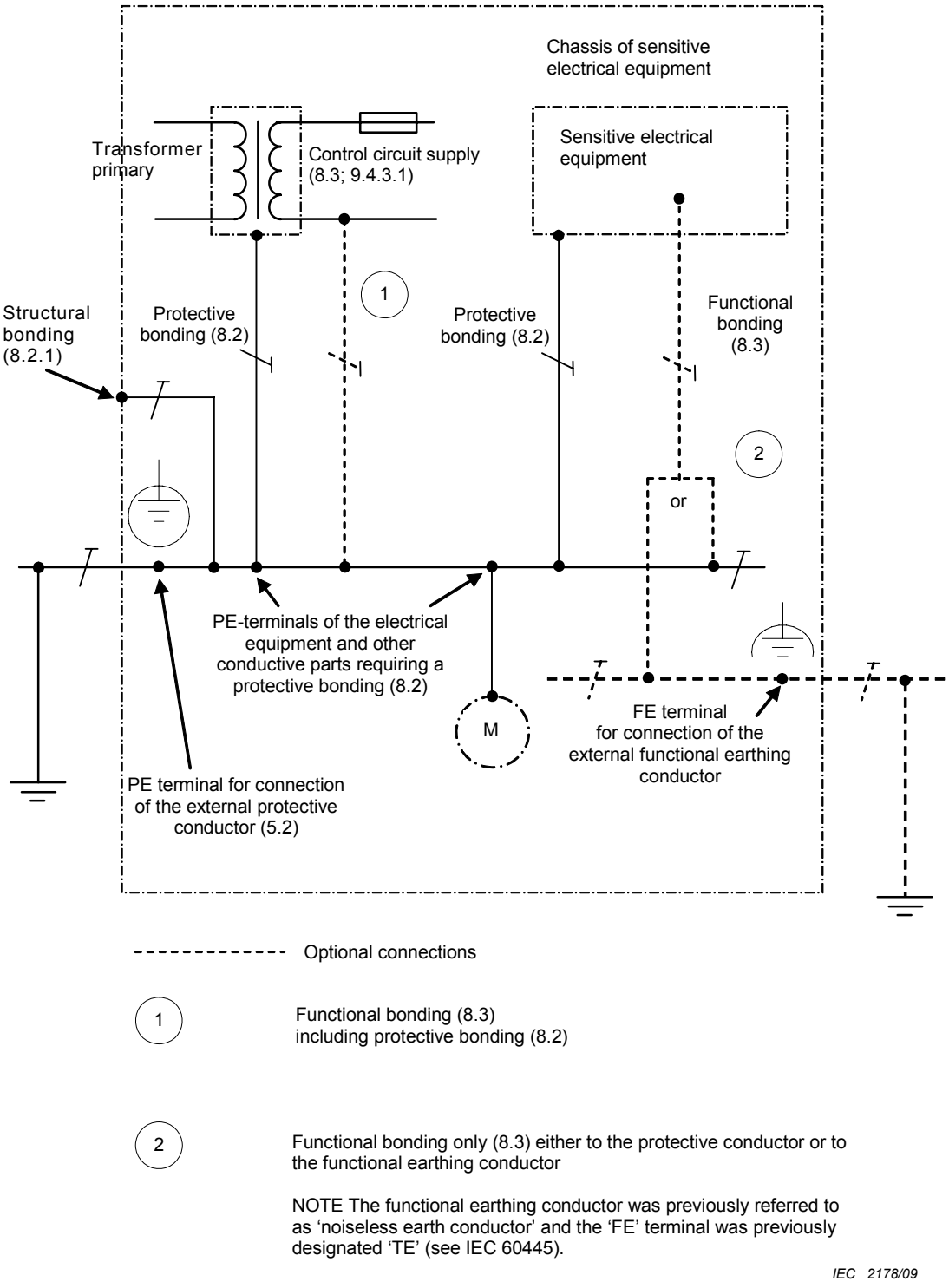


Figure 1 – Example of equipotential bonding for electrical equipment

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.2 Protective bonding circuit

8.2.1 General

8.2.1.1 Overview

The protective bonding circuit consists of:

- PE terminal(s) (see 5.2);
- the protective conductors in the electrical equipment including sliding contacts where they are part of the circuit;
- the exposed conductive parts and conductive structural parts of the electrical equipment;
- those extraneous conductive parts which form the structure of the semiconductor fabrication equipment.

8.2.1.2 Thermal and mechanical stresses

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.

NOTE 1 Particular attention is necessary to ensure sufficient mechanical integrity of the protective bonding circuit in the case of equipment having high earth leakage currents.

NOTE 2 Earth leakage current is defined as “current flowing from the live parts of an installation to earth, in the absence of an insulation fault” (IEV 442-01-24). This current may have a capacitive component including that resulting from the deliberate use of capacitors.

8.2.1.3 Current-carrying capacity

All parts of the protective bonding circuit shall have sufficient current-carrying capacity to withstand the fault current that can occur in that part of the protective bonding circuit.

NOTE Bonding conductors in accordance with 8.2.2 are considered to meet this requirement.

8.2.1.4 Supplementary bonding conductor

Where a conductive structural part can become the path for fault currents, it shall have an impedance sufficiently low to ensure a fault clearing time to satisfy the requirements of Annex A or be provided with a supplementary protective bonding conductor. An impedance lower than 0,1 Ω is considered to be sufficiently low.

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

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

NOTE 1 Derived from 544.2 of IEC 60364-5-54:2002.

NOTE 2 See 6.3.3.

8.2.1.5 IT distribution

If an IT distribution system is used, the structure shall be part of the protective bonding circuit in conjunction with insulation monitoring. In large fabrication equipment this can involve the provision of an earth fault supervision system.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE See 6.3.3 c).

8.2.1.6 Parts that need not be bonded

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.

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

Conductive structural parts of electrical equipment in accordance with 6.3.2.2 need not be connected to the protective bonding circuit. Extraneous conductive parts which form the structure of the fabrication equipment need not be connected to the protective bonding circuit where all the electrical equipment provided is in accordance with 6.3.2.2.

8.2.1.7 Parts that shall not be bonded

Exposed conductive parts of equipment in accordance with 6.3.2.3 shall not be connected to the protective bonding circuit.

8.2.2 Protective conductors

Protective conductors shall be identified in accordance with 13.4.2.

Copper conductors are preferred.

The cross-sectional area of protective conductors shall comply with the requirements of Tables C.1 to C.5.

Where a conductor material other than copper is used, its electrical resistance per unit length shall not exceed that of the allowable copper conductor.

NOTE In Europe, there are no harmonised standards for non-copper cables with cross-sectional areas less than 16 mm^2.

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 (for example cable armouring, lead sheath) shall be connected to the protective bonding circuit.

8.2.3 Continuity of the protective bonding circuit

8.2.3.1 General

All exposed conductive parts shall be connected to the protective bonding circuit in accordance with 8.2.1.

EXCEPTION: see 8.2.1.6 and 8.2.1.7.

Where a part is removed for any reason (for example routine maintenance), the protective bonding circuit for the remaining parts shall not be interrupted.

8.2.3.2 Integrity of bonding points

Connection and bonding points shall be so designed that their current-carrying capacity is not impaired by environmental influences including for example mechanical, chemical, or electrochemical.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Where enclosures and conductors of aluminium or aluminium alloys are used, particular consideration should be given to the possibility of electrolytic corrosion.

8.2.3.3 Door-mounted electrical equipment

Where the electrical equipment is mounted on lids, doors, or cover plates, continuity of the protective bonding circuit shall be ensured and a protective conductor (see 8.2.2) is recommended. Otherwise fastenings, hinges or sliding contacts designed to have a low resistance shall be used (see 18.3).

8.2.3.4 Continuity of the protective conductor

The continuity of the protective conductor in cables that are exposed to damage (for example flexible trailing cables) shall be ensured by appropriate measures. Where this cannot be achieved, the continuity shall be monitored.

8.2.4 Exclusion of switching devices from the protective bonding circuit

The protective bonding circuit shall not incorporate a switching device or an overcurrent protective device (for example switch, fuse).

No means of interruption of the protective bonding circuit shall be provided except under one of the following circumstances:

a) Links for test or measurement purposes that cannot be opened without the use of a tool and that are located in an enclosed electrical equipment area.

b) Chassis that need to be floating for normal operation are permitted where access within enclosures can be achieved only after the chassis are connected to the protective earth by automatic means. Such means shall be able to continue to perform its function in the presence of a single fault or failure.

c) Where the continuity of the protective bonding circuit can be interrupted by means of plug/socket combinations, the protective bonding circuit shall be interrupted by a first make last break contact. This also applies to removable or withdrawable plug-in units (see also 13.4.5).

8.2.5 Protective conductor connecting points

All protective conductors shall be terminated in accordance with 13.1.1. The protective conductor connecting points shall have no other function and are not intended, for example, to attach or connect appliances or parts.

Each protective conductor connecting point shall be marked or labelled as such using the symbol IEC 60417-5019 (2002-10):

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

8.2.6 Mobile machines

On mobile machines with on-board power supplies, the protective conductors, the conductive structural parts of the electrical equipment, and those extraneous conductive parts which form the structure of the machine shall all be connected to a protective bonding terminal to provide protection against electric shock. Where a mobile machine is also capable of being connected to an external incoming power supply, this protective bonding terminal shall be the connection point for the external protective conductor.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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

8.2.7 Limitation of touch current on cord and plug connected equipment

The maximum current through a resistor of 1 500 Ω connected between any exposed (accessible) part of cord and plug connected equipment and the protective earthing conductor of the supply shall not exceed 3,5 mA.

For the verification that this requirement is met 18.3 applies.

EXCEPTION: Equipment with touch current exceeding 3,5 mA is acceptable if the equipment is fully compliant with an applicable IEC product safety standard that explicitly permits a higher leakage current.

8.3 Functional bonding

Connection to a common conductor in accordance with 9.4.3.1 can contribute to protection against incorrect operation as a result of insulation failures.

For recommendations regarding functional bonding to avoid incorrect operation due to electromagnetic disturbances, see 4.4.2.

8.4 Measures to limit the effects of high leakage current

The effects of high leakage current can be restricted to the electrical equipment having high leakage current by connection of that electrical equipment to a dedicated supply transformer having separate windings. The protective bonding circuit shall be connected to exposed conductive parts of the fabrication equipment and, in addition, to the secondary winding of the transformer.

9 Control circuits, emergency off (EMO), and protective interlock circuits

9.1 Control circuits

9.1.1 Control circuit supply

It is recommended that, where practicable, circuits be supplied from power supplies or control transformers. Such transformers shall have separate windings.

NOTE This will limit currents under fault and surge conditions, and can provide enhanced EMC filtering.

Safety circuits should be designed using non-hazardous voltage and power levels consistent with the correct operation of the control circuit.

9.1.2 DC circuits derived from an a.c. supply

Where d.c. circuits derived from an a.c. supply are connected to the protective bonding circuit (see 8.2.1), it is recommended that they be supplied from a separate winding of a transformer.

NOTE Switch-mode units fitted with transformers having separate windings in accordance with IEC 61558-2-16 meet this recommendation.

9.1.3 Start functions

Start functions shall operate by energizing the relevant circuit (see 9.3.2).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.1.4 Stop functions

There are three categories of stop functions that can be used for all or part of the fabrication equipment as follows:

- stop category 0: stopping of operation(s) by immediate removal of power to the machine actuators (i.e., an uncontrolled stop – see 3.74);
- stop category 1: a controlled stop of operation(s) (see 3.13) with power available to the machine actuators to achieve the stop and then removal of power when the stop is achieved;
- stop category 2: a controlled stop of operation(s) with power left available to the machine actuators.

9.1.5 Operating modes

Fabrication equipment can have one or more operating modes determined by the type of its application. When a hazardous situation can result from a mode selection, it shall be restricted by suitable means (for example key operated switch, access code).

NOTE The use of these means is intended to restrict access to skilled or instructed persons, and to prevent inadvertent selection.

Mode selection by itself shall not initiate operation of the fabrication equipment. A separate actuation of a start control shall be required.

For each specific operating mode, the relevant safety functions and/or protective measures shall be implemented.

Indication of the selected operating mode shall be provided (for example the position of a mode selector, the provision of an indicating light, a visual display indication on a user interface screen).

9.1.6 Multiple control stations

Where fabrication equipment has more than one control station, measures shall be provided to ensure that initiation of commands from different control stations does not lead to a hazardous situation.

Where this requires that only one of the control stations can be enabled at a given time, a hardware-based device or a circuit in accordance with 9.4 shall be used to ensure that only one of the control stations can be enabled at a given time. An indication of which operator control station is in control of the fabrication equipment shall be provided at suitable locations as determined from a risk assessment of the fabrication equipment.

Where more than one control station is provided, stop commands from any control station shall be effective unless otherwise indicated by the risk assessment of the fabrication equipment.

NOTE Multiple points of remote host control are under consideration for automated manufacturing.

9.2 Emergency Off (EMO)

9.2.1 General

Fabrication equipment shall have an emergency off circuit which when activated, will place the fabrication equipment into a safe shutdown condition, without generating any additional hazards.

EXCEPTION 1: for single phase fabrication equipment that is supplied at less than 250 V line to ground, with a total load not more than 2,4 KVA, and having only electrical hazards, an

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

"emergency off" circuit is not required provided that the supply disconnecting device is within 3 m of the normal position of the operator.

EXCEPTION 2: equipment that is not intended to stand-alone but is intended to be incorporated within an overall integrated system need not have a separate emergency off circuit. The equipment's installation manual shall provide clear instructions to the equipment installer to connect the equipment to the integrated system's emergency off circuit.

NOTE 1 A safe shutdown condition involves disconnecting sources of hazardous energy and removing or suitably containing hazardous production materials. These hazardous energies and materials include but are not limited to those that can cause electrical, chemical, mechanical, and radiation hazards.

NOTE 2 The EMO can fulfil the requirement to provide an emergency stop function.

9.2.2 Circuits to be de-energized

Activation of the emergency off circuit shall de-energize all hazardous voltage and all power greater than 240 VA in the electrical equipment except for voltage and power needed for the EMO circuit function and for reset following an EMO shutdown where that power is contained within the main electrical enclosure.

EXCEPTION: safety related devices (such as fire suppression systems) and computer systems performing data logging need not be de-energized by the EMO circuit.

All components that remain energised at hazardous voltage or power following EMO activation shall be clearly labelled and identified in the user documentation, and protected against inadvertent contact.

9.2.3 Requirements for EMO circuits

The emergency off circuit shall:

a) not include controls that enable it to be defeated or bypassed;

b) not re-energize systems that can create a hazardous situation upon resetting of the EMO device;

c) shut down the fabrication equipment by de-energizing control components;

d) be designed in accordance with 9.4.2 and its components selected in accordance with 4.2.

9.3 Operations other than emergency off

9.3.1 General

The necessary safety functions and/or protective measures (for example, protective interlock circuits (see 9.4.2) shall be provided for safe operation.

Measures shall be taken to prevent operation of the fabrication equipment in an unintended or unexpected manner after any stopping of the fabrication equipment (for example due to locked-off condition, power supply fault, battery replacement, lost signal condition with cableless control).

9.3.2 Start

The start of an operation shall be possible only when all of the relevant safety functions and/or protective measures are in place and are operational except for conditions as described in 9.5.

On fabrication equipment where safety functions and/or protective measures cannot be applied for certain operations, manual control of such operations shall require the use of hold-to-run controls, and/or enabling devices, as appropriate.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Suitable protective interlock circuits shall be provided to secure correct sequential starting where an incorrect start sequence can result in an unacceptable risk.

9.3.3 Stop

The selection of stop category(ies) is dependent on the requirements of the fabrication equipment.

Stop functions shall override related start functions (see 9.3.2).

Reset of the stop function shall not initiate any hazardous situation.

9.3.4 Other control functions

9.3.4.1 Hold-to-run controls

Hold-to-run controls shall require continuous actuation of the control device(s) to sustain operation.

NOTE Hold-to-run control can be accomplished by two-hand control devices.

9.3.4.2 Two-hand control

Requirements for two-hand controls are given in ISO 13851. Three types of two-hand control function are defined in ISO 13851, the selection of which is determined by the risk assessment. These 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 situation;
- operation of the fabrication equipment shall cease upon the release of either one or both of the control devices when hazardous situations are still present.

A Type I two-hand control device is not considered to be suitable for the initiation of hazardous operation.

Type II: a type I control requiring the release of both control devices before operation of the fabrication equipment can 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;
- where this time limit is exceeded, both control devices shall be released before operation of the fabrication equipment can be initiated.

9.3.4.3 Enabling control

Enabling control (see also 10.9) is a manually activated control function that:

a) when activated allows operation of the fabrication equipment to be initiated by a separate start control, and
b) when de-activated
   1) initiates a stop function, and
   2) prevents initiation of operation of the fabrication equipment.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Enabling control shall be so arranged as to minimize the possibility of defeating, for example by requiring the de-activation of the enabling control device before operation of the fabrication equipment can be reinitiated. It should not be possible to defeat the enabling function by simple means (such as taping a button down).

9.3.5 Cableless control

This Subclause deals with the functional requirements of control systems employing cableless (for example radio, infra-red) techniques for transmitting commands and signals between a control system and operator control station(s).

NOTE Some of these application and system considerations can also be applicable to control functions employing serial data communication techniques where the communications link uses a cable (for example coaxial, twisted-pair, optical fibre).

Cableless controls shall not be used where malfunction or improper operation of the control can impact the safety of the system.

Each cableless operator control station shall carry an unambiguous indication of which fabrication equipment is intended to be controlled by that operator control station.

9.4 Protective interlocks

9.4.1 General

When a single failure can result in an unacceptable level of risk, a protective interlock circuit or other suitable means shall be provided to protect against the consequences of that failure.

Protective interlock circuits shall be designed using non-hazardous voltage and power levels, consistent with the correct operation of the circuit.

9.4.2 Protective interlock circuit design

9.4.2.1 General

A protective interlock circuit shall be designed such that, upon activation, the relevant parts of the fabrication equipment are automatically brought to a safe condition.

It is recommended that safety-related control functions be in accordance with IEC 62061 or ISO 13849-1 and have an appropriate level of safety integrity or safety performance which has been determined from the safety requirements specification.

NOTE Devices whose primary function is to protect the electrical equipment (for example circuit breakers, fuses) are not considered to be parts of protective interlock circuits.

9.4.2.2 Resetting

The manual or automatic resetting of an protective interlocking circuit shall not initiate fabrication equipment operation where it can result in a hazardous situation.

9.4.2.3 Indication of activation

When a protective interlock circuit is activated it shall provide an indication at the main operator work station.

NOTE 1 It is recommended that the indication identifies the cause of the activation.

NOTE 2 It can be useful to provide additional indication at other locations.

EXCEPTION: If a protective interlock triggers the emergency off (EMO) circuit, or otherwise removes power to the user interface, indication of activation is not mandatory.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.4.2.4 Device considerations

It is preferred that protective interlock circuits rely on electromechanical devices, however, solid state devices may be used if they have been evaluated for suitability for their application, in accordance with appropriate standard(s). The evaluation for suitability should take into account reliability, and abnormal conditions such as overvoltage, undervoltage, power supply interruption, transient overvoltage, ramp voltage, electromagnetic susceptibility, electrostatic discharge, thermal cycling, humidity, dust, vibration, jarring, or interfacing to a network.

9.4.2.5 Software

Software used in protective interlock functions or devices shall be in accordance with IEC 61508, IEC 62061, or ISO 13849 (all parts).

EXCEPTION: Software based (including embedded software) protective interlock circuits that do not meet these requirements may be used only if they protect against hazardous situations that cannot result in human injury requiring medical attention.

NOTE 1 Both ISO 13849-1 and IEC 62061 refer to IEC 61508-3 for application guidance on software based devices in safety-related circuits such as protective interlock circuits.

NOTE 2 IEC/TR 62513 gives guidance for the use of communication systems in safety-related applications.

9.4.2.6 Overriding of protective interlocks

The protective interlock circuit shall be designed to minimize the need to override protective interlocks for maintenance or repair purposes.

When it is necessary to provide protective interlock circuits that can be overridden, an intentional operation shall be required to override them. When a protective interlock circuit is overridden in accordance with the user instructions, the combination of the engineering means and the methods specified by the instructions shall be sufficient to ensure that risks to personnel are adequately reduced while the protective interlock is overridden. Means shall be provided to protect against unexpected commands from control systems when protective interlocks are in the overridden mode.

All protective interlock circuits shall be designed such that the fabrication equipment cannot be returned to normal operation before they are restored.

Protective interlock circuits that safeguard personnel shall not be defeatable without the use of a tool.

9.4.2.7 Circuit design

Protective interlock circuits shall switch control devices on the unearthed side of the circuit.

Protective interlocks circuits shall eliminate hazardous situations by de-energizing circuit components rather than energizing them.

9.4.2.8 Additional protective interlock circuits

Means to connect additional protective interlock circuits shall be provided when necessary for safe use of the fabrication equipment, for example when necessary for interfacing to other equipment.

NOTE Provisions for the selection, installation and configuration of Presence Sensing Protective Equipment can be found in IEC/TS 62046.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.5 Suspension of safety functions and/or protective measures

Where it is necessary to suspend safety functions and/or protective measures (for example for setting or maintenance purposes), protection shall be ensured by:

- disabling all other operating (control) modes that might endanger personnel in the area affected by the suspended safety function; and
- other relevant means (see 4.11.9 of ISO 12100-2:2003), that can include, for example, one or more of the following:
  - initiation of operation by a hold-to-run device or by a similar control device;
  - a portable control station with an emergency stop device and, where appropriate, an enabling device. Where a portable control station is in use, initiation of motion shall only be possible from that control station;
  - limitation of the speed or the power of motion;
  - limitation of the range of motion.

10 Operator interfaces

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 relevant parts of IEC 61310.

The possibility of inadvertent operation shall be minimized by for example, positioning of devices, suitable design, provision of additional protective measures. Particular consideration shall be given to the selection, arrangement, programming and use of operator input devices such as touchscreens, keypads and keyboards for the control of hazardous fabrication equipment operations. Additional information is given in IEC 60447.

10.1.2 Location and mounting

As far as is practicable, control devices shall be:

- readily accessible for operation, repair and maintenance;
- mounted in such a manner as to minimize the possibility of damage from activities such as material handling.

The actuators of operator hand-operated control devices shall be 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.

All controls shall be located so that personnel are not placed in a hazardous situation when operating them.

The actuators of foot-operated operator control devices shall be selected and installed so that they are within easy reach of the normal working position of the operator.

10.1.3 Degree of protection

The degree of protection (see IEC 60529) together with other appropriate measures shall afford protection against:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- the effects of aggressive liquids, vapours, or gases likely to be present in the physical environment of the operator interface;
- the ingress of contaminants (for example 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 Portable and pendant control stations

Portable and pendant control stations and their control devices shall be so selected and arranged as to minimize the possibility of inadvertent fabrication equipment operations caused by shocks and vibrations (for example if the control station is dropped or strikes an obstruction) (see also 4.4.5).

10.2 Push-buttons

10.2.1 Colours

Push-button actuators shall be colour-coded in accordance with Table 3 (see also 9.2).

The colours for START/ON actuators should be WHITE, GREY, BLACK or GREEN with a preference for WHITE. RED shall not be used.

The colour RED shall be used for emergency stop and emergency 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 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.

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 (for example hold-to-run). The colours RED, YELLOW, or GREEN shall not be used.

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.

Where the same colour WHITE, GREY, or BLACK is used for various functions (for example WHITE for START/ON and for STOP/OFF actuators) a supplementary means of coding (for example shape, position, symbol) shall be used for the identification of push-button actuators.

Table 3 – Colour-coding for push-button actuators and their meanings

Colour	Meaning	Explanation	Examples of application
RED	Emergency	Actuate in the event of a hazardous situation 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
BLUE	Mandatory	Actuate for a condition requiring mandatory action	Reset function

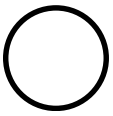
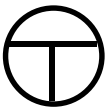
LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Colour	Meaning	Explanation	Examples of application
GREEN	Normal	Actuate to initiate normal conditions	(See 10.2.1)
WHITE	No specific meaning assigned	For general initiation of functions except for emergency stop	START/ON (preferred) STOP/OFF
GREY			START/ON STOP/OFF
BLACK			START/ON STOP/OFF (preferred)

10.2.2 Markings

In addition to the functional identification as described in 16.3, it is recommended that push-buttons be marked, near to or preferably directly on the actuators, with the symbols shown in Table 4.

Table 4 – Symbols for push-buttons

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)
IEC 60417-5007 (2002-10)	IEC 60417-5008 (2002-10) 	IEC 60417-5010 (2002-10)	IEC 60417-5011 (2002-10) 

10.3 Indicator lights

10.3.1 General

Indicator lights are used for the following purposes.

- Indication: to attract attention or to indicate that a certain task should be performed. The colours RED, YELLOW, BLUE, and GREEN are normally used in this mode; for flashing indicator lights and displays, see 10.3.3.
- 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.

Indicator lights shall be selected and installed in such a manner as to be visible from the necessary locations (see also IEC 61310-1).

Indicator light circuits used for warning lights shall be fitted with facilities to check the operability of these lights.

Indicator lights that provide warnings shall be clearly visible to those who need to receive and act on that warning. It is recommended that indicator lights that have functional purposes other than warnings be visible from locations that are consistent with their use.

NOTE Indicator lights used for other purposes, for example to give information or to indicate the status of a production process, are not considered in this subclause.

10.3.2 Colours

Unless otherwise agreed between the supplier and the user, indicator lights shall be colour-coded with respect to the condition (status) of the fabrication equipment in accordance with Table 5.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 5 – Colours for indicator lights and their meanings with respect to the condition of the fabrication equipment

Colour	Meaning	Explanation	Action by operator
RED	Emergency	Critical condition	Immediate action to deal with critical condition (for example switching off the machine supply, being alert to the critical condition)
YELLOW	Abnormal	Abnormal condition Impending critical condition	Monitoring and/or intervention (for example by re-establishing the intended function)
BLUE	Mandatory	Indication of a condition that requires action by the operator	Mandatory action
GREEN	Normal	Normal condition	Optional
WHITE	Neutral	Other conditions; may be used whenever doubt exists about the application of RED, YELLOW, GREEN, BLUE	Monitoring

10.3.3 Flashing lights and displays

For further distinction or information and especially to give additional emphasis, flashing lights and displays can be provided 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 or display be used for higher priority information (see IEC 60073 for recommended flashing rates and pulse/pause ratios).

Where flashing lights or displays are used to provide higher priority information, audible warning devices should also be provided.

10.4 Illuminated push-buttons

Illuminated push-button actuators shall be colour-coded in accordance with Tables 3 and 5. Where it is not clear from the Tables what colour is required, WHITE may 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 have means of prevention of rotation of the stationary member. Friction alone shall not be considered sufficient.

10.6 Start devices

Actuators used to initiate a start function or the movement of fabrication equipment elements (for example slides, spindles, carriers) shall be selected and mounted so as to minimize inadvertent operation. However, mushroom-type actuators may be used for two-hand control (see also ISO 13851).

10.7 Emergency off devices

Emergency off devices shall:

a) have a palm or mushroom head type of actuator, coloured red;

b) permit activation by the heel of the palm;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

c) have a yellow background;

d) be clearly labelled “Emergency Off” or “EMO” which shall be clearly legible from the viewing location;

e) be located or shrouded to minimize accidental activation. If shrouding is used it shall still permit activation by the heel of the palm;

f) be self-latching;

g) be readily accessible from operating locations at the fabrication equipment, regularly scheduled maintenance locations at the fabrication equipment and reasonably foreseeable repair locations at the fabrication equipment;

h) be located at the fabrication equipment, at each operating location at the fabrication equipment and within 3 m (10 feet) from any regularly scheduled maintenance location at the fabrication equipment;

i) have direct opening contacts.

10.8 Emergency stop devices

In some applications it can be necessary to provide an emergency stop for motions, in addition to the EMO. In this case the emergency stop actuator shall be differentiated from the EMO, for example by the words “Emergency Stop”.

NOTE Requirements for the emergency stop function are given in ISO 13850.

10.9 Enabling control device

When an enabling control device is provided as a part of a system, it shall signal the enabling control to allow operation when actuated in one position only. In any other position, operation shall be stopped or prevented.

Enabling control devices shall be selected and arranged so as to minimize the possibility of defeating.

Enabling control devices shall be selected that have the following features:

- 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 enabling function is not activated.

NOTE 1 The enabling control function is described in 9.3.4.3.

NOTE 2 Use of two-position type enabling control devices can be inappropriate in some applications (for example, manual control of a robot).

11 Controlgear: location, mounting, and enclosures

11.1 General requirements

All controlgear shall be located and mounted so as to facilitate:

- its accessibility and maintenance;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- its protection against the external influences or conditions under which it is intended to operate;
- operation and maintenance of the fabrication equipment.

NOTE This clause does not consider the ability of the equipment to withstand the activation of external fire suppression systems.

11.2 Location and mounting

11.2.1 Accessibility and maintenance

11.2.1.1 General

All items of controlgear that are intended to be field-replaceable shall be placed and oriented so that they can be identified without moving them or the wiring or dismantling electrical equipment or parts of the fabrication equipment.

For items that require checking for correct operation or that are liable to need replacement, those actions should be possible without dismantling other electrical equipment or parts of the fabrication equipment (except opening doors or removing covers, barriers or obstacles). Terminals not part of controlgear components or devices shall also conform to these requirements.

All controlgear shall be mounted so as to facilitate its operation and maintenance. Where a special tool is necessary to adjust, maintain, or remove a device, such a tool shall be supplied.

Where access is required for regular maintenance or adjustment it is recommended that the relevant devices 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.

11.2.1.2 Mounting on doors and swing panels

Devices other than human interface devices and cooling devices should not be mounted on doors or on normally removable access covers of enclosures.

When components that handle hazardous voltage and hazardous power are mounted on swing panels or doors, the swing panels or doors that have those components mounted on them shall swing open adequately to provide access. The wiring that flexes when opening the swing panel or door shall pass the flexing test described in 18.13 or shall be provided with additional mechanical protection against damage caused by flexing at all points where it is flexed.

11.2.1.3 Plug/socket combinations

Where control devices are connected through plug-in arrangements, their association shall be made clear by type (shape) or marking. Plug-in devices that are handled during normal operation or maintenance shall be provided with non-interchangeable features where the lack of such a facility can result in an unacceptable risk.

11.2.1.4 Test points

Test points for connection of test equipment, where provided, shall be:

- mounted so as to provide unobstructed access;
- clearly identified to correspond with the documentation (see 17.3);
- adequately insulated;
- sufficiently spaced.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.2.2 Physical separation or grouping

It is recommended that terminals that are supplied with hazardous voltage be grouped separately from those that are not supplied with hazardous voltage.

Creepage and clearance distances shall meet the criteria of basic insulation between conductors supplied with hazardous voltage and the earthed electrical enclosure for the working voltages involved (see Table C.8).

11.2.3 Heating effects

Heat generating components (for example heat sinks, power resistors) shall be so located that the temperature of each component in the vicinity remains within its permitted limit.

This can be verified by a temperature test (see 18.9).

11.3 Degrees of protection

The electrical controlgear shall be adequately protected against ingress of solid foreign objects and substances in the environment in which the electrical controlgear is intended to be used.

NOTE 1 Requirements for protection against electric shock are given in Clause 6.

NOTE 2 The degrees of protection against ingress of solid foreign objects and water are specified in IEC 60529. Additional protective measures can be necessary against other liquids.

11.4 Enclosures for electrical equipment

11.4.1 General

Enclosures shall be constructed to be capable of withstanding the mechanical, electrical, chemical and thermal stresses as well as the effects of humidity and other environmental factors that are likely to be encountered in normal conditions.

11.4.2 Fasteners

Fasteners used to secure doors and covers should be of the captive type.

11.4.3 Windows

Windows provided for viewing internally mounted indicating devices shall be of a material suitable to withstand mechanical stress and chemical attack.

11.4.4 Doors

It is recommended that enclosure doors be not wider than 0,9 m and have vertical hinges, with an angle of opening of at least 95°.

11.4.5 Openings

Where openings in enclosures are provided (for example, for cable access), including those towards the floor or foundation or to other parts of the fabrication equipment, means shall be provided to ensure that such openings do not impair the degree of protection specified for the electrical equipment. Openings for cable entries shall be easily re-opened on site.

Where there are holes in an enclosure for mounting purposes, it can be necessary to provide means to ensure that after mounting the holes do not impair the required protection.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.4.6 High surface temperatures

Electrical 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 can 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 11.2.3); or
- shall be otherwise screened by material that can withstand, without risk of fire or harmful effect, the heat emitted by the equipment.

NOTE A warning label in accordance with 16.2 can be necessary.

11.4.7 Containment of molten material or burning insulation

Electrical enclosures shall prevent the emission of molten material or burning insulation under fault conditions, including from the bottom of the enclosure. Baffling or equivalent construction techniques can be used to satisfy this requirement.

11.4.8 Enclosures that can be fully entered

Enclosures which readily allow a person to fully enter shall be provided with means to allow escape, for example panic bolts on the inside of doors. Enclosures intended for such access, for example for resetting, adjusting, maintenance, shall have an unobstructed width of at least 0,7 m and an unobstructed height of at least 2,1 m.

11.4.9 Clearance for access to electrical equipment

In cases where:

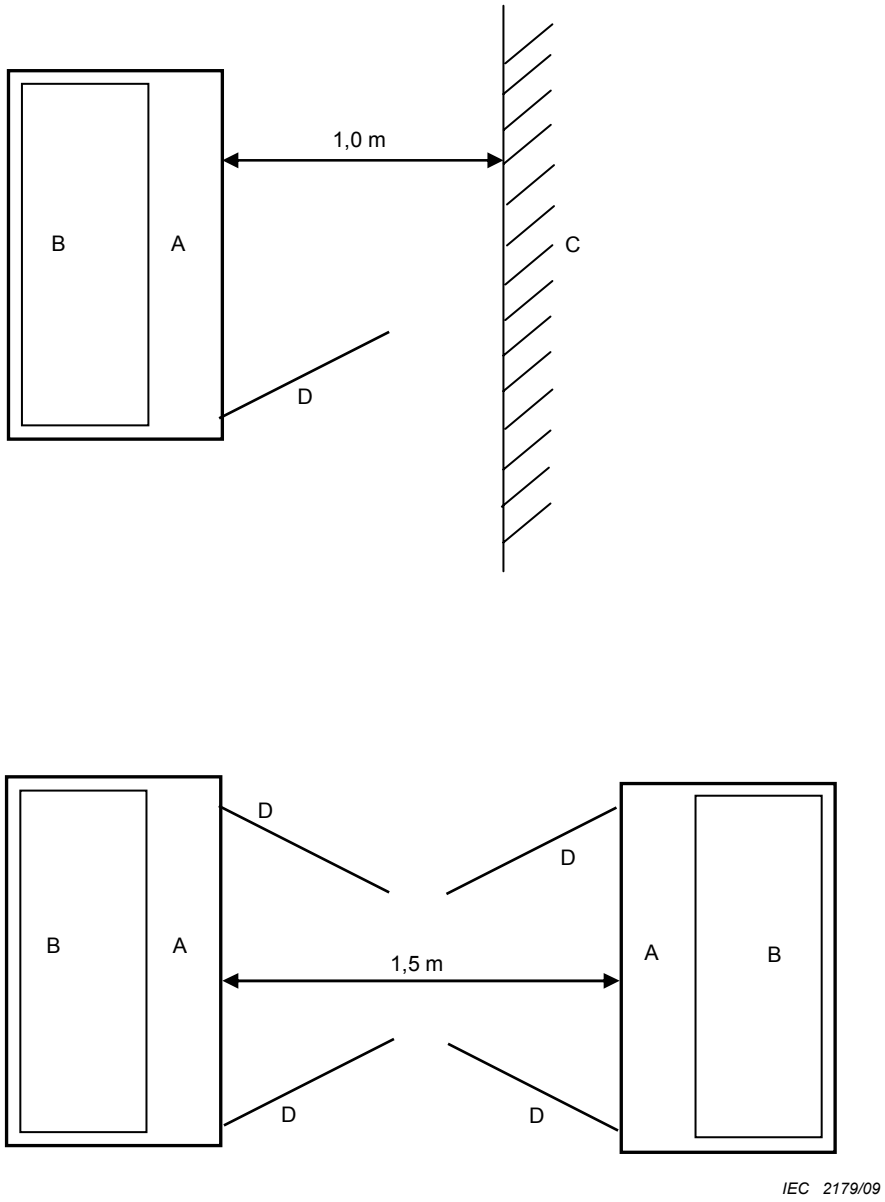
- electrical equipment is likely to be live during access; and
- energized parts are exposed when the enclosure is open,

there shall be a space free of obstructions of 1,0 m in front of the enclosure. In cases where such parts are present on both sides of the access way, the unobstructed space shall be at least 1,5 m. See Figure 2.

NOTE 1 These dimensions are derived from ISO 14122 series.

NOTE 2 In some applications, it can be necessary to provide means to prevent inadvertent closing of the door.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Key

A enclosure for electrical equipment

B electrical equipment within enclosure

C wall or other obstruction

D door of enclosure

Figure 2 – Clearance in front of enclosures

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

12 Conductors and cables

12.1 General requirements

Conductors and cables shall be selected so as to be suitable for the operating conditions (for example voltage, current, protection against electric shock, grouping of cables) and external influences (for example ambient temperature, presence of water or corrosive substances, mechanical stresses (including stresses during installation), fire hazards) that can exist.

NOTE Further information is given in CENELEC HD 516 S2 “Guide to use of low-voltage harmonized cables“.

All conductors shall be constructed of materials compatible with the materials and ratings of the devices they will be connected to and the environment in which they will be used.

Wire conductors should be constructed of copper.

It is recommended that conductor applications be in accordance with Annex C.

12.2 Insulation

12.2.1 General

The insulation of each conductor shall be suitable for the application, taking into account:

a) voltage and currents;
b) mechanical strength;
c) thermal rating;
d) worst-case environment;
e) presence of chemicals;
f) radiation;
g) resistance to flame spread;
h) damage that can result from normal use;
i) reasonably foreseeable misuse;
j) protective devices for clearing faults;
k) wiring practice (see Clause 13).

It is important to give special attention to the integrity of a circuit having a safety-related function.

Natural rubber and materials containing asbestos shall not be used as insulation.

12.2.2 Fire propagation and fume emissions

Where the insulation of conductors and cables (for example PVC) can constitute hazards due to the propagation of a fire or the emission of toxic or corrosive fumes, additional protection should be provided or alternative insulation should be considered.

12.2.3 Printed circuit boards

Printed circuit boards shall be made of flame-retardant material with a flammability rating of V-1 or better (see IEC 60695-11-10).

NOTE IEC 60695-11-10 is derived from UL 94.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

12.3 Current-carrying capacity

Conductors shall meet the following requirements:

a) be applied in accordance with its rating and the suppliers instructions;

b) be sized in accordance with Annex C except for conductors that have been demonstrated to be adequate for their application by testing in accordance with a relevant IEC standard.

12.4 Conductor and cable voltage drop

It is recommended that the voltage drop from the point of supply to the load does not exceed 5 % of the nominal voltage under normal operating conditions. In order to satisfy this recommendation, it can be necessary to use conductors having a larger cross-sectional area than that derived from Annex C.

12.5 Flexible cables

12.5.1 General

Cables that are subjected to severe duties shall be of adequate construction to protect against:

- damage due to excessive flexing;
- 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.

NOTE 1 Cables for such conditions are specified in relevant national standards.

NOTE 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.

NOTE 3 See 17.2, j) 3).

12.5.2 Flexible cables inside enclosures or ducts

Flexible cords, cables and power cord sets which meet all the requirements of 12.5.1 are permitted inside electrical enclosures for internal wiring:

a) when equipped with an attachment plug and powered from a receptacle outlet inside the electrical enclosure to connect one or more assemblies to primary power inside the enclosure; and

b) when the insulation on the individual conductors of the flexible cord or cable are suitable for the application without depending on the outer sheath (jacket) insulation; and

c) when the flexible cord, power cord set, receptacles, and appliance coupler are all used in accordance with their ratings; and

d) when the cable type is appropriate for its method of installation.

12.5.3 Mechanical rating in cable handling systems

The cable handling system of the electrical equipment shall be so designed to keep the tensile stress of the conductors as low as is practicable during operation. Where copper conductors are used, the tensile stress applied to the conductors shall not exceed 15 N/mm^2 of the copper cross-sectional area. Where the demands of the application exceed the tensile stress limit of 15 N/mm^2, cables with special construction features should be used and the allowed maximal tensile stress should be agreed with the cable manufacturer.

The maximum stress applied to the conductors of flexible cables with material other than copper shall be within the cable manufacturer’s specification.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE The following conditions affect the tensile stress on the conductors:

- acceleration forces;
- speed of motion;
- dead (hanging) weight of the cables;
- method of guiding;
- design of cable drum system.

13 Wiring practices

13.1 Connections and routing

13.1.1 General requirements

13.1.1.1 General

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 properties of the conductors being terminated.

13.1.1.2 Multiple conductors

The connection of two or more conductors to one terminal connecting point is permitted only in those cases where the terminal is stated by the manufacturer to be suitable for that purpose. However, only one protective conductor shall be connected to one terminal connecting point.

13.1.1.3 Soldered connections

Soldered connections shall be permitted only where terminals are provided that are suitable for soldering. The conductor shall be fixed so that reliance is not placed upon the soldering alone to maintain the conductor in position.

13.1.1.4 Terminals on terminal blocks

Terminals on terminal blocks shall be plainly marked or labelled to correspond with markings on the diagrams.

Where an incorrect electrical connection (for example, arising from replacement of devices) can be a source of risk the possibility of incorrect connection should be reduced as far as practicable by design measures in addition to the identification of conductors and/or terminations in accordance with 13.4.

13.1.1.5 Flexible conduits and cables

The installation of flexible conduits and cables shall be such that liquids will drain away from the fittings.

13.1.1.6 Retaining strands

Means of retaining strands of conductors and shields 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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.1.1.7 Terminal blocks

Terminal blocks shall be mounted and wired so that the internal and external wiring does not cross over the terminals.

13.1.1.8 Integration of conductors

The integration of conductors into the fabrication equipment shall be such that their current carrying capacity is not unduly impaired by mechanical, chemical, thermal or any other influences.

NOTE Conductor derating can be necessary.

13.1.2 Conductor and cable runs

Conductors and cables shall be run from terminal to terminal without splices or joints. Connections using plug/socket combinations with suitable protection against accidental disconnection are not considered to be joints for the purpose of this Subclause.

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 practicable, the protective conductor shall be placed close to the associated live conductors in order to decrease the impedance of the loop.

13.1.3 Conductors of different circuits

Conductors of different circuits may be laid side by side, may occupy the same duct (for example conduit, cable trunking system), or may be in the same multiconductor cable provided that the arrangement does not impair the safe 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 is intended to be subjected, for example line to line voltage for unearthed systems and phase to earth voltage for earthed systems.

13.1.4 Conductors smaller than 50 mm^2

Conductors smaller than 50 mm^2 shall not be connected in parallel to the same terminations to attain the necessary current carrying capacity.

13.1.5 Temperature exposure of conductors

Conductors and their insulations shall not be exposed to temperatures greater than their temperature ratings for normal operating conditions and fault conditions.

13.1.6 Terminal temperatures

If a component terminal has a lower temperature rating than the conductor connecting to it, then the conductor should be sized to and provided with overcurrent protection to ensure its temperature does not exceed that of the terminal rating.

13.2 Multi-outlet assemblies

Multi-outlet assemblies are acceptable provided that they satisfy all the following criteria:

a) are permanently installed;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) are manufactured for industrial use;

c) have an enclosure that passes the test in 18.11;

d) have an enclosure that is metal, V-0 rated plastic (see IEC 60695-11-10), or equivalent;

e) each receptacle shall have an individual protective conductor connection that passes the test in 18.3.

NOTE Series connection of the protective conductor from receptacle to receptacle should not be used (see IEC 60364-5-54).

13.3 Plug/socket combinations

Where plug/socket combinations are provided, they shall fulfil the following requirements.

a) Where a plug/socket combination has a protective bonding contact, it shall be a first make last break contact.

b) The component which remains live after disconnection shall have a degree of protection of at least IP2X or IPXXB, taking into account the required clearance and creepage distances. PELV circuits are excepted from this requirement.

NOTE This generally means that only female cord connectors should be used to supply power, to prevent access to electrical contacts which are supplied with hazardous voltage.

c) Metallic housings of plug/socket combinations shall be connected to the protective bonding circuit. Plug/socket combinations carrying only PELV circuits are excepted from this requirement.

d) Where more than one plug/socket combination is provided in the same electrical equipment, the associated combinations shall be clearly identifiable. If misconnection is reasonably foreseeable and could result in a hazardous situation, then these plug/socket combinations shall be physically incapable of being misconnected. In any case, it is recommended that mechanical coding be used to prevent incorrect insertion.

e) Plug/socket combinations should be rated for at least 125 % of the maximum rated design load (current) intended for the circuit.

13.4 Identification of conductors

13.4.1 General requirements

Each conductor shall be identifiable at each termination in accordance with the technical documentation (see Clause 17).

It is recommended (for example to facilitate maintenance) that conductors be identified by number, alphanumeric, colour (either solid or with one or more stripes), 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).

13.4.2 Identification of the protective conductor

The protective conductor shall be readily distinguishable by shape, location, marking, construction 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, location, or construction (for example a braided conductor, uninsulated stranded conductor), or where the insulated conductor is not normally accessible, colour coding throughout its length is not necessary but

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

at least the ends shall be clearly identified by the graphical symbol IEC 60417-5019 (2002-10) or by the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

NOTE This means, for example, that a protective conductor may be green if it is identified by some additional means, such as by the symbol IEC 60417-5019 (2002-10).

13.4.3 Identification of the neutral conductor by colour

Where a circuit includes a neutral conductor that is identified by colour alone, the colour used for this conductor shall be BLUE. In order to avoid confusion with other colours, it is recommended that an unsaturated blue be used, called here “light blue” (see IEC 60446). Where the selected colour is the sole identification of the neutral conductor, that colour shall not be used for identifying any other conductor where confusion is possible.

NOTE This means, for example, that a neutral conductor may be white if it is identified by some additional means, such as by the symbol N.

Where identification by colour is used, uninsulated conductors used as neutral conductors shall be either coloured by a stripe, 15 mm to 100 mm wide in each compartment or unit and at each accessible location, or coloured throughout their length.

13.4.4 Identification by colour

Where colour-coding is used for identification of conductors it is recommended that the colour be used throughout the length of the conductor either by the colour of the insulation or by colour markers at regular intervals and at the ends or accessible location.

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 13.4.2).

Colour identification using combinations of colours may be used provided there can be no confusion with GREEN-AND-YELLOW and that GREEN or YELLOW is not used except in the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

White, grey or light blue shall not be used to identify any conductors other than the neutral.

Where colour-coding is used for identification of conductors, it is recommended that they be colour-coded as follows:

- BLACK: a.c. and d.c. circuits supplied with hazardous voltage.

13.4.5 Wiring inside enclosures

13.4.5.1 Protection of wiring

Conductors and cables shall not be subjected to physical stress that can cause damage.

Conductors inside enclosures 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 having a minimum flammability rating of V-0.

NOTE Flammability ratings and tests are given in IEC 60695-11-10.

Wiring that carries hazardous voltage located inside enclosures shall be routed to avoid mechanical damage during maintenance or troubleshooting and shall be retained in position by appropriate means.

Wiring shall be protected from contact with liquids that can be present under reasonably foreseeable single fault conditions, unless the wiring is suitably rated to withstand contact with those liquids.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Wire guides may be used for wire routing. However, these guides shall be constructed so as not to adversely affect the insulation of the wires they secure.

13.4.5.2 Access

It is recommended that electrical equipment mounted inside enclosures be designed and constructed in such a way as to permit access to the wiring from the front of the electrical enclosure (see also 11.2.1). Where that is not practicable and control devices are connected from the rear of the enclosure, access doors or swing out panels shall be provided.

Connections to devices mounted on doors or to other movable parts shall be made using flexible conductors in accordance with 12.5 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 11.2.1).

13.4.5.3 Wiring that extends beyond the enclosure

Terminal blocks or plug/socket combinations should 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.

13.5 Wiring outside enclosures

13.5.1 General requirements

The means of introduction of cables or ducts with their individual glands, bushings, etc., into an enclosure shall ensure that the required degree of protection (IP rating) is achieved.

13.5.2 Plug/socket combinations external to electrical enclosures

Where plug/socket combinations are provided external to an electrical enclosure they shall satisfy the following requirements.

a) When installed correctly in accordance with e), plug/socket combinations shall be of such a type as to prevent unintentional contact with live parts at any time, including during insertion or removal of the connectors. The degree of protection shall be at least IPXXB. PELV circuits are excepted from this requirement.

b) Plug/socket combinations intended to be connected or disconnected during load conditions shall have sufficient load-breaking capacity. Where the plug/socket combination is rated at 30 A, or greater, it shall be interlocked with a switching device so that the insertion or removal is possible only when the switching device is in the OFF position.

c) Plug/socket combinations that are rated at more than 16 A shall have a retaining means to prevent unintended or accidental disconnection.

d) If unintended or accidental disconnection of plug/socket combinations can cause a hazardous situation, they shall have a retaining means and shall be clearly marked that they are not intended to be disconnected under load.

e) The component which remains live after disconnection shall have a degree of protection of at least IP2X or IPXXB, or in the case of voltages above 1 000 a.c. or 1 500 d.c., IP2XH or IPXXBH. Plug/socket combinations carrying only PELV circuits are excepted from this requirement.

13.5.3 Cables and conductors external to the electrical enclosure

Cables and conductors external to the electrical enclosure(s) shall be either enclosed in ducts or of a type suitable for installation without ducts.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.5.4 Ducts

Ducts and their associated fittings shall be suitable for the anticipated physical environment in which they are installed.

13.5.5 Pendant control stations

Flexible conduit or flexible multi-conductor cable shall be used where it is necessary to employ flexible connections to pendant control stations. The weight of the pendant stations shall be supported by means other than the flexible conduit or the flexible multi-conductor cable, except where the conduit or cable is specifically designed for that purpose.

13.5.6 Strain relief

Cables or conductors that exit an electrical enclosure shall be provided with adequate strain relief to ensure a mechanical pull cannot dislodge the terminations. Compliance is verified by conducting a strain relief test in accordance with 18.6.

13.5.7 Protection of flexible cables

Flexible cables shall be protected to avoid insulation breakdown due to normal operating conditions, single fault conditions, or foreseeable misuse. Some of the factors that should be considered are:

a) moving machine parts,

b) brackets or cable guides,

c) abrasion,

d) exposure to liquids and gas,

e) exposure to radiation,

f) temperatures exceeding specifications,

g) bending radius of cables.

13.5.8 Clearance between cables and moving parts

Where cables are subject to movement or are routed close to moving parts, an adequate clearance between cables and moving parts shall be maintained.

NOTE A minimum clearance of 25 mm between the moving parts and the cables is recommended.

13.5.9 Clearance between flexible conduit and moving parts

Where flexible conduit is adjacent to moving parts, the construction and supporting means shall satisfy the following:

a) prevent damage to the flexible conduit under normal operating conditions;

b) prevent damage to the insulation on the wire inside the conduit under single fault conditions;

c) prevent the conduit from coming into contact with moving parts or structures that could cause damage to insulation.

13.5.10 Interconnection of electrical equipment

Conductors that are connected between subsystems at the time of installation should have wire bending space in accordance with Annex C.

It is recommended that the connections between those subsystems be made through terminals forming intermediate test points or plug/socket combinations. Such terminals or plug/socket

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

combinations shall be conveniently placed, adequately protected, and shown on the relevant diagrams.

13.5.11 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.

13.6 Ducts, connection boxes and other boxes

13.6.1 General

The percentage fill in ducts should not exceed 50 % of the interior cross-sectional area of the duct.

NOTE All other limiting factors for conductors and cables should be taken into account. For example, temperature limitations can reduce the number of allowable conductors.

Non-flexible and flexible conduit and fittings shall be suitable for the anticipated conditions of use. Conduits shall be securely held in place.

Fittings shall be compatible with the conduit and appropriate for the application.

Fittings shall be secured by a means that requires a tool to remove.

Conduit bends shall be made in such a manner that the conduit is not damaged and the internal diameter of the conduit is not effectively reduced.

Connection boxes shall provide protection against the intrusion of substances that can damage insulation.

The size of the connection box shall be sufficient to allow dissipation of heat generated during normal operation.

Cable trays that are partially covered are not ducts or cable trunking systems. The cables used in them shall be of a type suitable for installation in cable trays.

13.6.2 Cable trunking systems

Cable trunking systems external to enclosures shall be rigidly supported and clear of all moving parts and be suitably protected for the environment.

Covers shall be shaped to overlap the sides; gaskets shall be permitted. Covers shall be attached to cable trunking systems by suitable means. On horizontal cable trunking systems, the cover shall not be on the bottom unless specifically designed for such installation.

NOTE Requirements for cable trunking and ducting systems for electrical installations are given in IEC 61084.

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 and shall be in accordance with the IP rating. Cable trunking systems shall not have open but unused knockouts.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.6.3 Fabrication equipment compartments and cable trunking systems

The use of compartments or cable trunking systems within fabrication equipment to enclose conductors is permitted provided the compartments or cable trunking systems are entirely enclosed and are isolated from the fittings of piping or reservoirs that contain fluids. Conductors run in enclosed compartments and cable trunking systems shall be so secured and arranged that they are not subject to damage.

13.6.4 Connection boxes and other boxes

Connection boxes and other boxes used for wiring purposes shall be 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 electrical equipment is intended to operate (see 11.3).

Those boxes shall not have open but unused knockouts nor any other openings and shall be so constructed as to exclude liquids and solids.

14 Electric motors and associated equipment

14.1 General requirements

This subclause applies to a.c. and d.c. motors rated 240 VA and larger.

Motor drive hardware such as belts and pulleys shall be adequately guarded so that maintenance and repair can be performed without putting personnel at risk of injury, taking into account the possible need for repair and maintenance of equipment in the vicinity.

If required for maintenance or repair, motors and motor drive hardware shall be accessible for lubrication, maintenance, and replacement.

Where the operation of a mechanical brake increases the potential for entrapment or hazardous situations, a method of brake release should be provided.

Where substances that can lead to increased risk of electric shock, fire, or damage to the motor can be present under reasonably foreseeable fault conditions, motors and their terminations shall be protected from ingress of such substances.

The motor and/or its load shall be marked with directional arrows, if incorrect direction of rotation can result in an increased risk.

Motors shall be marked with the manufacturer’s name and part number as well as voltage, current and supply frequency ratings.

EXCEPTION: Voltage, current and supply frequency ratings may be provided in support documentation if it can be traced to the manufacturer’s name and part number on the motor

14.2 Remotely installed motors

Remotely installed motors (motors that are not integrated into the fabrication equipment) shall have a means of disconnecting all unearthed conductors in sight of and within 3 m travel distance from the motor.

14.3 Motor dimensions

As far as is practicable, the dimensions of motors should conform to those given in the IEC 60072 series.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

14.4 Motor mounting and compartments

Each motor and its associated couplings, belts, pulleys, or chains, shall be so mounted that they are adequately protected and are accessible when required 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 can be achieved.

NOTE 1 Thermal classes are defined in IEC 60034-1.

NOTE 2 Ventilation for heat removal should be direct to the exterior of the fabrication equipment.

15 Accessories and lighting

15.1 Accessories

Where the fabrication equipment is provided with socket-outlets that are intended to be used for accessory equipment (for example hand-held power tools, test equipment), the socket-outlets shall fulfil all of the following requirements:

- socket-outlets accessible without the use of a key or tool shall be protected by a residual current device (RCD) at a level appropriate for personnel protection;
- socket-outlets shall be clearly marked with the voltage and current ratings;
- the continuity of the protective bonding circuit to the socket-outlet shall be ensured except where protection is provided by PELV;
- all unearthed conductors connected to the socket-outlet shall be protected against overcurrent in accordance with the provisions of Clause 7.

15.2 Local lighting of the fabrication equipment

15.2.1 General

Connections to the protective bonding circuit shall be in accordance with 8.2.2.

Switches or receptacles of local lighting shall not be located where liquids or other substances can increase the risk of electric shock.

15.2.2 Supply

The nominal voltage of the local lighting circuit shall not exceed 250 V between conductors. A voltage not exceeding 50 V between conductors is recommended.

Lighting circuits shall be supplied from one of the following sources (see also 7.2.5):

- 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 13.1.3);
- a circuit within the fabrication equipment with dedicated overcurrent protection;
- an isolating transformer connected to the line side of the supply disconnecting device, provided with a dedicated primary disconnecting means (see 5.3.5) and secondary overcurrent protection, and mounted within the control enclosure adjacent to the supply disconnecting device (see also 13.1.3);

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- an externally supplied lighting circuit (for example factory lighting supply). This shall only be permitted in enclosures, and for the fabrication equipment work light(s) where their total power rating is not more than 3 kW (see also 7.2.9).

EXCEPTION: where fixed lighting is out of reach of persons during normal operations, the provisions of this Subclause do not apply.

15.2.3 Protection

Local lighting circuits shall be protected in accordance with 7.2.5.

15.2.4 Fittings

Adjustable lighting fittings shall be suitable for the physical environment and exposure to liquids or other substances shall not increase the risk of electric shock or fire.

Where adjustable fittings are within reach of personnel during normal operation, the reflector shall be supported by mechanical means other than the lamp holder.

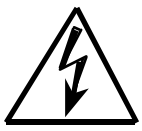
16 Marking, warning signs and reference designations

16.1 General

Warning signs, nameplates, markings, and identification plates shall be of sufficient durability to withstand the physical environment involved.

16.2 Electric shock hazard warning signs

Enclosures that contain hazardous voltages shall be marked with the graphical symbol IEC 60417-5036 (2002-10).



The warning sign shall be plainly visible on the enclosure door or cover.

NOTE 1 Consideration should be given to additional labelling at the location(s) of the electrical hazard.

NOTE 2 Additional requirements for safety labels used in the semiconductor manufacturing industry can be found in SEMI S1.

16.3 Functional identification

Human interface control devices, visual indicators, and displays (particularly those related to safety) shall be clearly and durably identified or marked with regard to their functions either on or adjacent to the item.

16.4 Equipment nameplate

A permanent nameplate should be attached to the main electrical enclosure of the fabrication equipment where it is plainly visible after installation. This nameplate shall include the following information:

a) the manufacturer’s name and address,

b) the equipment name, model, and serial number,

c) supply voltage,

d) number of phases,

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

e) number of wires,

f) frequency,

g) full-load current,

h) ampere rating of the largest motor or load,

i) short-circuit rating of the electrical equipment connected to each incoming supply,

j) ampere rating of the supply overcurrent protective device, where furnished as part of the electrical equipment, and

k) the electrical diagram number(s) or the number of the index to the electrical diagrams (bill of material).

The full-load current shown on the nameplate shall be not less than the running currents for all motors and other electrical equipment that can be in operation at the same time under normal conditions.

16.5 Reference designations

All enclosures, assemblies, devices, and components shall be plainly identified with the same reference designation as shown in the technical documentation.

Components shall be identified on the mounting surface adjacent to the component, so the component can be identified from the documentation as described in Clause 17, unless engineering documentation provides a layout of the electrical enclosure with component identification.

17 Technical documentation

17.1 General

The information necessary for installation, operation, and maintenance of the electrical equipment shall be supplied in the appropriate forms, for example, drawings, diagrams, charts, tables, instructions. The information provided may vary with the complexity of the electrical equipment. For very simple electrical 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.

NOTE 1 The technical documentation provided with items of electrical equipment can form part of the documentation of the fabrication equipment.

NOTE 2 In some countries the requirement to use specific language(s) is covered by legal requirements.

17.2 Information to be provided

The information provided with the electrical equipment shall include:

a) a list of document(s) provided;

b) a clear, comprehensive description of the electrical equipment, installation and mounting, and the connection to the electrical supply(ies) including connection to the external protective bonding conductor;

c) electrical supply(ies) requirements at the point of connection to the equipment, including tolerances and permitted short term voltage deviations (see 4.3);

d) ambient air temperature range;

e) limitations on altitude of installation;

f) humidity of operating installation;

g) information on other aspects of the physical environment (for example: lighting, vibration, noise levels, atmospheric contaminants) where appropriate;

h) overview (block) diagram(s) where appropriate;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

i) circuit diagram(s);

j) information (as applicable) on:

   1) programming, as necessary for use of the electrical equipment;

   2) sequence of operation(s);

   3) frequency of inspection;

   4) frequency and method of functional testing;

   5) guidance on the adjustment, maintenance, troubleshooting and repair, particularly of the protective devices and circuits; and

   6) recommended spare parts list;

   7) list of tools supplied;

   8) where an uninterruptible power supply (UPS) is used its function and wiring shall be clearly described in the manufacturers documentation;

k) a functional description of protective interlock circuits and other safeguards, which includes sufficient detail to explain their operation, calibration and test;

l) a description of the safeguarding and of the means provided where it is necessary to suspend the safeguarding (for example for setting or maintenance), as well as the measures to minimize the risk when the safeguarding is suspended (see 9.1.6);

m) instructions on the procedures for securing the fabrication equipment for safe maintenance, for example, locking off of energy isolation devices (see also 17.8);

n) information on handling, transportation and storage;

o) information regarding load currents, peak starting currents, as applicable;

p) information on the residual risks due to the protection measures adopted, indication of whether any particular training is required and specification of any necessary personal protective equipment;

q) explanation of all symbols used on human interface devices where such symbols are relied on for identification.

17.3 Requirements applicable to all documentation

A table identifying the reference designations (reference key) for the documentation system shall be provided. It is recommended that the document reference designation system be in accordance with IEC 61346 series.

17.4 Installation documents

17.4.1 General

The installation instructions shall give all the information necessary for complete installation and safe start up of the system.

17.4.2 Supply cables

The recommended position, type, and cross-sectional areas of the supply cables to be installed on site shall be clearly indicated.

17.4.3 Overcurrent protection devices

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 shall be stated (see 7.2.2).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

17.4.4 Ducts, cable trays, or cable supports

The size, purpose, and location of any ducts that are to be provided by the user shall be detailed.

The size, type, and purpose of ducts, cable trays, or cable supports between subsystems of the fabrication equipment that are to be provided by the user shall be detailed.

17.4.5 Diagrams

Where necessary, the diagram shall indicate where space is required for the removal, troubleshooting or maintenance of the electrical equipment.

NOTE 1 Examples of installation diagrams can be found in IEC 61082-1.

In addition, where it is appropriate an interconnection diagram (a diagram showing the interface connections) 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 alternative sources of electrical supply (for example different voltages), the interconnection diagram or table shall indicate any adaptations required for the use of each source of supply.

NOTE 2 Examples of interconnection diagrams/tables can be found in IEC 61082-1.

17.5 Overview diagrams and function diagrams

Where it is necessary to facilitate the understanding of the principles of operation, an overview diagram shall be provided. An overview diagram symbolically represents the electrical equipment together with its functional interrelationships without necessarily showing all of the interconnections.

NOTE 1 Examples of overview diagrams can be found in IEC 61082-1.

Function diagrams may be provided as either part of, or in addition to, the overview diagram.

NOTE 2 Examples of function diagrams can be found in IEC 61082-1.

17.6 Circuit diagrams

A circuit diagram(s) shall be provided. This diagram(s) shall show the electrical circuits in the fabrication equipment and its associated electrical equipment and draw attention to the protective interlock circuits and the EMO circuit. 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 should be consistent throughout all documents and on the electrical equipment.

Where appropriate, a diagram showing the terminals for interface connections (an interconnection diagram) 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 that is intended to be serviced, maintained, or repaired in the field.

NOTE It is common practice that switch symbols are shown on the electromechanical diagrams with all supplies turned off (for example electricity, air, water, lubricant).

Conductors shall be identified in accordance with 13.4.

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

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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.

17.7 Operating documentation

The technical documentation shall contain operating instructions detailing proper procedures for start-up and use of the electrical equipment. Particular attention should be given to the safety measures provided.

17.8 Maintenance documentation

17.8.1 General

The technical documentation shall contain instructions detailing proper procedures for adjustment, cleaning, maintenance and preventive inspection, replacement, and repair. Attention should be given to how these procedures can be performed safely. Recommendations on maintenance intervals and records should be part of those instructions. Where methods for the verification of proper operation are provided (for example software testing programs), the use of those methods shall be detailed.

NOTE Maintenance activities for which the user is not authorised by the manufacturer should be identified in the maintenance instructions. The specific maintenance instructions for these activities are not required by this subclause.

17.8.2 Identification of replacement parts

Parts that are intended to be replaced by the user (both planned consumables and all other parts that are reasonably likely to need replacement during the expected life of the equipment) should be identified in the user instructions together with information sufficient for their identification, acquisition and proper replacement.

18 Testing

18.1 General

18.1.1 Test schedule

Verification of conformance to the requirements of this standard includes the following:

a) verification that the electrical equipment complies with its technical documentation;

b) earthing continuity and continuity of the protective bonding circuit test;

c) dielectric test;

d) input current test;

e) temperature test;

f) protective interlock functional test;

g) EMO circuit functional test.

Other tests of this clause are required when applicable.

18.1.2 Test conditions

The tests outlined in this clause are to be performed by skilled or instructed persons who have knowledge of the techniques and the test apparatuses described herein. All test equipment should be appropriately calibrated.

Except where specified in this standard, the electrical equipment shall be tested under the conditions within the manufacturer's operating specifications which are least favourable to

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

passing these tests. The parameters to be varied can include but are not limited to the following:

a) supply voltage,

b) supply frequency,

c) operating mode (e.g., full temperature conditions, motors in operation), and

d) adjustment of thermostats, regulating devices, or similar controls in operator-accessible areas.

The earthing (grounding) continuity tests and leakage current tests prescribed in Subclauses 18.2 and 18.3 shall be performed on fully assembled equipment. These tests are not required individually on unassembled components or sub-assemblies.

Tests may be performed on sub-assemblies independent of the complete fabrication equipment, provided that the tests simulate the least favourable conditions expected for the actual operation of the sub-assemblies when installed in the fabrication equipment.

18.2 Earthing continuity and continuity of the protective bonding circuit test

18.2.1 General

Either of the procedures prescribed in 18.2.3 or 18.2.4 may be performed.

Although extraneous conductive parts, which are not part of the electrical equipment but of the fabrication equipment, are connected to the protective bonding circuits, in testing it is inappropriate in some cases and not preferable in other cases for the electrical equipment to be connected to the extraneous conductive parts.

It is especially important that the extraneous conductive parts are not connected for the leakage test and the earthing continuity tests.

The additional possible parallel return paths that could be realized by the connection of the protective bonding circuit to the extraneous conductive parts could, during an earthing continuity test, mask deficient protective conductor circuits and connections which are necessary for an effective low impedance fault return path.

18.2.2 Test equipment

For procedure 1, a low range ohmmeter with a range to measure 0,10 Ω with an accuracy of ± 1,0 %.

For procedure 2, a low voltage current source capable of 10 A, a current meter to measure 10 A with an accuracy of ± 1 %, and a voltmeter with a range to measure 0,01 V and an accuracy of ± 1 %.

18.2.3 Procedure 1

Disconnect the electrical equipment from the incoming supply. For electrical equipment installed with fixed wiring, disconnect the protective earthing conductor from the protective earthing conductor terminal. Measure the resistance between the protective earthing terminal and each conductive part (handle, monitor, doors, etc.) connected to the protective bonding circuit on the equipment using a low-range ohmmeter. Upon test completion, reconnect the protective earthing conductor to the protective earthing conductor terminal.

18.2.4 Procedure 2

Disconnect the electrical equipment from the incoming electrical supply. For electrical equipment installed with fixed wiring methods, disconnect the protective earthing conductor

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

from the protective earthing conductor terminal. Connect the low voltage current source between the protective earthing conductor terminal and conductive part (handle, monitor, doors, etc.) connected to the protective bonding circuit on the electrical equipment frame or cover. With a current of 10 A injected, measure the voltage drop between each accessible metal part and the protective earthing conductor terminal. Calculate the resistance by dividing the measured voltage by the injected current. Upon test completion, reconnect the protective earthing conductor to the protective earthing conductor terminal.

NOTE Some standards (e.g., IEC 61010-1) specify this test to be performed using a current injection method using more than 10 A.

18.2.5 Acceptable results

The resistance between the protective earthing conductor terminal and each conductive part (handle, monitor, doors, etc.) connected to the protective bonding circuit shall not exceed 0,1 Ω.

18.3 Touch current test for cord and plug connected electrical equipment

18.3.1 Application

This test is only required on cord and plug connected electrical equipment.

EXCEPTION: This test is not required on cord and plug connected equipment that is located in an enclosure within semiconductor fabrication equipment and is not intended to be disconnected during normal operation including maintenance.

18.3.2 Test equipment

True r.m.s. voltmeter with an accuracy of ± 1 %.

Impedance network consisting of a 1 500 Ω resistor shunted by a 0,15 μF capacitor.

18.3.3 Procedure

For equipment connected to the incoming supply with a plug/socket combination (cord-and-plug), ensure that the equipment is isolated (e.g., by placing the equipment on a wooden or other non-conductive surface). Connect the equipment to its rated source of supply with the protective earthing conductor(s) disconnected and operate it at the least favourable conditions specified by the manufacturer. Connect the impedance network between each accessible metal part and the protective earthing conductor of the supply.

NOTE The impedance network may be a separate assembly or incorporated within a touch current measuring instrument.

Measure the voltage drop across the impedance network. Calculate the touch current using the formula:

$$I_{\text{leakage}} = \frac{\text{Voltage}_{\text{measured}}}{1\,500\ \Omega}$$

18.3.4 Acceptable results

The maximum calculated touch current based on the measured voltage shall not exceed 3,5 mA for cord and plug connected equipment.

18.4 Dielectric test

18.4.1 Test equipment

Timer with accuracy of ± 5 s. Dielectric withstand tester with an output of 1 500 V a.c. or 2 121 V d.c. at an accuracy of ± 1 %, means of indicating test potential, as well as an audible

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

or visual indicator of dielectric breakdown, or an automatic-reject feature for any unacceptable unit. In an alternating current test, the test equipment should include a transformer having sinusoidal output. This transformer should have a rating of 500 VA or greater unless it is provided with a voltmeter that directly measures the applied output potential.

18.4.2 Procedure

With the equipment disconnected from its incoming electrical supply, apply a dielectric withstand potential of 1 500 V a.c. or 2 121 V d.c. between energized metal parts of the primary circuit(s) and non-energised metal parts. Surge suppression components and devices, and electronic components that can be damaged may be disconnected from the circuit for this test provided that they have been voltage tested in accordance with their product standard. For this test, the following conditions shall be set:

a) the electrical equipment shall be at its maximum operating temperature;

b) switches shall be placed in the “on” position; and

c) circuits through contactors shall be completed by manually engaging the contacts or bypassing the contactor terminals.

Achieve the test potential gradually, starting from zero and holding at the maximum value for a period of 1 min.

NOTE A neutral conductor, if used in the circuit, is considered to be an energized conductor.

18.4.3 Acceptable results

The electrical equipment does not have a dielectric breakdown.

NOTE Breakdown is often indicated by an abrupt decrease or nonlinear advance of voltage as the voltage is increased. Similarly, a breakdown is often indicated by an abrupt increase in current. Partial discharge (corona) and similar phenomena are disregarded during application of the test voltage.

18.5 Strain relief test

18.5.1 General

This test is intended to verify that for cord-and-plug connected equipment, strain relief is provided to prevent mechanical stress such as a pull or twist being transmitted to terminals, or interior wiring.

Either procedure 1 or procedure 2 may be used to demonstrate compliance to this test.

18.5.2 Test equipment

Timer with accuracy of ± 5 s. A calibrated force gauge to apply a force of 156 N ± 1,56 N. A supporting surface on which to secure the equipment.

18.5.3 Procedure 1

Support the equipment on a surface so it will not move when the force is applied to the cord. Apply a direct pull of 156 N to the equipment supply cord from the least favourable angle. If necessary, use pulleys or other means to adjust the angle of force applied to the strain relief. Apply the force gradually and maintain the applied force for a period of 1 min.

18.5.4 Acceptable results for procedure 1

The supply cord shall not displace to the extent that stress could be applied to the internal connections.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.5.5 Procedure 2

Support the equipment on a surface so it will not move when the force is applied to the cord. Disconnect the internal connections for the cord. Mark the external portion of the cord with tape where it meets the strain relief. Apply a direct pull of 156 N to the supply cord from the least favourable angle. If necessary, use pulleys or other means to adjust the angle of force applied to the strain relief on the equipment. Apply the force gradually and maintain the applied force for a period of 1 min.

18.5.6 Acceptable results for procedure 2

The tape shall not be displaced.

18.6 Power supply output short circuit test

18.6.1 Test equipment

A connection capable of short-circuiting the output of each power supply.

18.6.2 Procedure

Start with the power supply energised but unloaded. Short circuit each power supply output, one at a time.

EXCEPTION: A power supply that has been evaluated and tested to an appropriate standard in accordance with 4.2 need not be subjected to this test.

18.6.3 Acceptable results

A hazardous condition shall not exist within 8 h of the start of the test or the output short circuit hazard shall be eliminated by activation of a protective circuit or device.

18.7 Protective interlock circuit function test

18.7.1 Procedure

Each protective interlock is activated to perform its safety function by producing or simulating, as appropriate, the conditions under which it is designed to detect a potential unsafe condition.

18.7.2 Acceptable results

The following shall be confirmed:

a) protective interlocks, upon activation, automatically bring the fabrication equipment or relevant part of the fabrication equipment to a safe condition;

b) upon activation of the protective interlocks operator notification is provided;

   EXCEPTION: If a protective interlock triggers the emergency off (EMO) circuit, or otherwise removes power to the user interface, indication of activation is not mandatory.

c) resumption of normal operation of the equipment is prevented until a manual reset of the interlock circuit has been performed.

18.8 Capacitor stored energy discharge test (see 6.2.4)

18.8.1 Test equipment

Timer with accuracy of ± 1 s or better. DC voltmeter with accuracy of ± 1,0 % of the voltage across each capacitor to be tested.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.8.2 Procedure

Test each capacitor that stores a hazardous energy (20 J or more). Monitor the voltage across the capacitor terminals continuously. Disconnect the electrical equipment from the supply. Record the voltage across the capacitor terminals after 10 s.

18.8.3 Acceptable results

The capacitor is discharged to less than 60 V and 20 J within 10 s of electrical equipment disconnection from the supply.

NOTE The following formula is provided to calculate the energy:

$$J = 1/2\ CV^2$$

where J is the energy in joules;

C is the capacitance in farads;

V is the voltage.

18.9 Temperature test

18.9.1 Test equipment

Timer with accuracy of ± 5 s. A thermometer with a full range of resolution and an accuracy of ± 0,1 °C.

18.9.2 Procedure

The equipment shall be operated at the manufacturer's maximum design load for 8 h or until thermal equilibrium is reached (whichever occurs first). Measure and record the ambient room temperature. Measure and record the temperatures of the various components and devices for comparison with Table 6. Subtract the measured ambient temperature from 40 °C or the maximum ambient temperature specified in the manufacturer's documentation, whichever is greater. Add this difference to each of the measured temperatures. Compare the result with Table 6.

18.9.3 Acceptable results

The results shall not exceed those in Table 6.

Table 6 – Acceptable temperature for parts of the electrical equipment

Parts of the electrical equipment	Temperature limit °C
Knife switch blade and contact jaws	55
Fuse and fuse clip	110
Insulated conductors	See Note 1 below
Field wiring terminals	See Note 1 below
Electrical equipment marked for 60 °C or 60/75 °C supply wires	60
Electrical equipment marked for 75 °C supply wires	75
Buses and connecting straps or bars	125
Capacitors	See Note 2 below
Power switching semiconductors	See Note 3 below
Printed wiring boards	See Note 4 below
Motors and transformers	See Note 5 below

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 The temperature as marked on the conductor or otherwise the rated temperature designated by the conductor manufacturer.

NOTE 2 The temperature marked on the capacitor or otherwise the rated temperature designated by the conductor manufacturer.

NOTE 3 The case temperature for the applied power dissipation recommended by the semiconductor manufacturer.

NOTE 4 The operating temperature of the board as specified by the board manufacturer.

NOTE 5 The rated temperature of the motor or transformer as specified by the manufacturer, if provided. When not provided, use appropriate standards such as IEC 61010-1 for guidance.

18.10 Strength of electrical enclosures test; 30 N steady force test

18.10.1 General

This test verifies the protection provided by enclosures against contact with hazardous energized parts.

18.10.2 Test equipment

Force gauge. Test fingers (see Annex D).

18.10.3 Procedure

The enclosure walls and covers are to be subjected to a steady force of 30 N ± 3 N for a period of 5 s applied by means of a straight unjointed test finger to the part, on or within the complete electrical equipment, or on a separate sub-assembly.

18.10.4 Acceptable results

If the straight unjointed test finger penetrates the material or opening, it shall not be possible to touch any hazardous energized parts inside the enclosure with the jointed or unjointed test finger.

18.11 Strength of electrical enclosures test; 250 N steady force test

18.11.1 General

This test verifies the resistance to deflection of electrical enclosure panels.

Electrical equipment within the scope of IEC 60950-1 may instead satisfy the test requirements of 4.2.4 of IEC 60950-1.

18.11.2 Test equipment

Force gauge.

18.11.3 Procedure

The panel is to be subjected to a steady force of 250 N ± 10 N for a period of 5 s, applied to the enclosure of the electrical equipment, by means of a suitable test tool providing contact over a circular plane surface 30 mm in diameter.

18.11.4 Acceptable results

If flexing of the enclosure panel occurs, it shall not cause shorting or reduction of a clearance distance to less than that stipulated between the enclosure and hazardous energized parts inside.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.12 Finger probe test

18.12.1 General

This test need not be performed on electrical equipment that has satisfied the test requirements of 6.2.1 of IEC 61010-1.

18.12.2 Test equipment

IEC finger probes (see Annex D).

18.12.3 Procedure

The jointed test finger is applied without force in every possible position to all outer surfaces, including the bottom. Any enclosure panels that are not secured by a means that requires a tool to open are opened and the finger probe is applied.

18.12.4 Acceptable results

If the finger probe cannot touch any conductive part that is energized with a hazardous voltage under normal operating conditions, then this is an acceptable result.

18.13 Wire flexing test

This test applies to wiring supplied with hazardous voltage or power that runs from a fixed panel to a swing panel or door and is flexed during opening, that has no additional means of protection beyond basic insulation.

The swing panel or door is opened to its intended fully open position and then closed 500 times. After this procedure is completed a dielectric test is performed in accordance with 18.4. If inspection of the wire after testing indicates no physical damage and it passes the dielectric test as described, then it satisfies this test requirement.

18.14 Insulation resistance tests

When insulation resistance tests are performed, the insulation resistance measured at 500 V d.c. between the power circuit conductors and the protective bonding circuit shall be not less than 1 MΩ. The test may be made on individual sections of the complete electrical installation.

EXCEPTION: for certain parts of electrical equipment, incorporating for example busbars, conductor wire or conductor bar systems or slip-ring assemblies, a lower minimum value is permitted, but that value shall not be less than 50 kΩ.

18.15 EMO functional test

18.15.1 General

A functional test of the EMO system shall be conducted. The following test shall be conducted separately for each EMO button.

18.15.2 Actuation

Actuate the EMO button. After this is done, verify that the device used to disconnect electrical energy during an EMO activation (e.g. contactor, relay) has opened and effectively disconnected electrical power to the system.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.15.3 EMO button reset

After the verification of disconnection the EMO button shall be reset, and it shall be verified that the device used for disconnecting electrical energy during an EMO activation (e.g. contactor, relay), does not close and re-energize the equipment.

18.15.4 EMO circuit reset

The reset control device shall be activated in order to demonstrate that it closes the device used for disconnecting electrical energy during an EMO activation and makes electrical energy available to the equipment.

18.16 Input current test

18.16.1 Test equipment

True r.m.s. current measuring equipment, with accuracy of ± 3,0 %.

18.16.2 Procedure

Measure the input current to the electrical equipment under the maximum normal operating load.

18.16.3 Acceptable results

The measured current shall not exceed 110 % of the rated full load current value specified on the equipment nameplate.

18.17 Other safety circuit tests

Functional tests shall be performed on safety circuits that are not protective interlock circuits or EMO to ensure that they perform their intended function.

18.18 Motor temperature test

18.18.1 Application

This test is not intended to be applied to motors that are:

a) a motor/controller combination in accordance with 4.2, or

b) a motor provided with an overload protection device in accordance with 4.2 and 7.3.2, or

c) a motor having inherent protection (e.g. thermal protection or impedance protection) in accordance with 4.2.

18.18.2 Test equipment

A timer or clock with accuracy of ± 1 min.

18.18.3 Procedure

The motor shall either be stopped, or prevented from starting, while energized. The supply to the motor shall be maintained until either:

a) in the case of manually reset overload or overtemperature protection, the protection function operates, or

b) in the case of automatic reset overload or overtemperature protection, 8 h has elapsed, or

c) when no overload or overtemperature protection is provided, 8 h has elapsed.

A dielectric test in accordance with 18.4 shall then be performed.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.18.4 Acceptable results

A dielectric test is performed. No voltage breakdown shall be detected, and there shall be no visible sign of damage or overheating.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex A
(normative)

Basic protection (protection against indirect contact) in TN-systems

(Derived from IEC 60364-4-41:2005, and IEC 60364-6-61:2001)

A.1 Disconnecting times

A.1.1 General

Basic protection (protection against indirect contact) shall be provided by an overcurrent protective device that automatically disconnects the supply to the circuit or electrical equipment in the event of a fault between a live part and an exposed conductive part or an extraneous conductive part or a protective conductor in the fabrication equipment, within a sufficiently short disconnecting time. A disconnecting time not exceeding 5 s is considered sufficiently short for fabrication equipment that is not hand-held equipment or portable equipment.

EXCEPTION: Where this disconnecting time cannot be assured, measures shall be implemented (for example supplementary protective bonding) to prevent a prospective touch voltage from exceeding 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. between simultaneously accessible conductive parts. See Clause A.3.

A.1.2 Circuits which supply Class 1 hand-held equipment and portable equipment

For circuits which supply, through socket-outlets or directly without socket-outlets, Class 1 hand-held equipment or portable equipment (for example socket-outlets on fabrication equipment for accessory equipment, see 15.1), Table A.1 specifies the maximum disconnecting times that are considered sufficiently short.

Table A.1 – Maximum disconnecting times for TN systems

U_o[a] V	Disconnecting time s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
NOTE 1 For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 60038, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies. NOTE 2 For intermediate values of voltage, the next higher value in the above table is to be used.	
[a] U_o is the nominal a.c. r.m.s. voltage to earth.	

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.2 Conditions for protection by automatic disconnection of the supply by overcurrent protective devices

The characteristics of overcurrent protective devices and the circuit impedances shall be such that, if a fault of negligible impedance occurs anywhere in the electrical equipment between a phase conductor and a protective conductor or exposed conductive part, automatic disconnection of the supply will occur within the specified time (i.e. ≤ 5 s or ≤ values in accordance with Table A.1). The following condition fulfils this requirement:

$$Z_{\mathbf{s}} \times I_{\mathbf{a}} \leq U_{\mathbf{0}}$$

where

Z_s is the impedance of the fault loop comprising the source, the live conductor up to the point of the fault and the protective conductor between the point of the fault and the source;

I_a is the current causing the automatic operation of the disconnecting protective device within the specified time;

U_o is the nominal a.c. voltage to earth.

The increase of the resistance of the conductors with the increase of temperature due to the fault current shall be taken into account (see A.4.3).

NOTE Information for calculating short circuit currents can be found in, for example, the IEC 60909 series or from suppliers of short-circuit protective devices.

A.3 Condition for protection by reducing the touch voltage below 50 V

Where the requirements of Clause A.2 cannot be ensured and supplementary bonding is selected as the means of ensuring protection against hazardous touch voltages, the condition for this protection is that the touch voltage has been reduced to below 50 V and it is achieved when the impedance of the protective circuit (Z_{PE}) does not exceed:

$$Z_{\mathbf{PE}} \leq \frac{50}{U_{\mathbf{0}}} \times Z_{\mathbf{S}}$$

where Z_{PE} is the impedance of the protective bonding circuit measured between anywhere in the fabrication equipment and the PE terminal at the supply of the fabrication equipment (see 5.2 and Figure 1) or between simultaneously accessible exposed conductive parts and/or extraneous conductive parts.

Confirmation of this condition can be achieved by using the method of procedure 1 of 18.2.2 to measure the resistance R_{PE}. The condition for protection is achieved when the measured value of R_{PE} does not exceed:

$$R_{\mathbf{PE}} \leq \frac{50}{I_{\mathbf{a(5s)}}}$$

where

$I_{a(5s)}$ is the 5 s operating current of the protective device;

R_{PE} is the resistance of the protective bonding circuit between the PE terminal (see 5.2 and Figure 1) and any point on the protective bonding circuit of the fabrication equipment, or between simultaneously accessible exposed conductive parts and/or extraneous conductive parts.

NOTE 1 Supplementary protective bonding is considered as an addition to protection against indirect contact.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 2 Supplementary protective bonding may involve the entire installation, a part of the installation, an item of apparatus, or a location.

A.4 Verification of conditions for protection by automatic disconnection of the supply

A.4.1 General

The effectiveness of the measures for fault protection (protection against indirect contact) by automatic disconnection of supply in accordance with Clause A.2 is verified as follows:

– verification of the characteristics of the associated protective device by visual inspection of the nominal current setting for circuit-breakers and the current rating for fuses, and

– measurement of the fault loop impedance (Z_s).

EXCEPTION: Where the calculations of the fault loop impedance or of the resistance of the protective conductors are available and when the arrangement of the installations permits the verification of the length and cross-sectional area of the conductors, verification of the continuity of the protective conductors may replace the measurement.

A.4.2 Measurement of the fault loop impedance

Measurement of the fault loop impedance shall be performed using measuring equipment that complies with IEC 61557-3. The information about the accuracy of the measuring results, and the procedures to be followed given in the documentation of the measuring equipment shall be considered.

Measurement shall be performed when the fabrication equipment is connected to a supply having the same frequency as the nominal frequency of the supply at the intended installation.

NOTE Figure A.1 illustrates a typical arrangement for measuring the fault loop impedance on a machine. If it is not practicable for the motor to be connected during the test, the two phase conductors not used in the test can be opened, for example, by removing fuses.

The measured value of the fault loop impedance shall comply with Clause A.2.

A.4.3 Consideration of the difference between the measured value of resistance of the conductors and the actual value under fault conditions

NOTE As the measurements are made at ambient temperature, with low currents, it is necessary to take into account the increase of resistance of the conductors with the increase of temperature under fault conditions, to verify the compliance of the measured value of the fault loop impedance with the requirements of Clause A.2.

The increase of resistance of the conductors with the increase of temperature due to the fault current is taken into account in the following equation:

$$Z_{s\,(m)} \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

where Z_s(m) is the measured value of Z_s.

Where the measured value of the fault loop impedance exceeds $2U_n/3I_a$ a more precise assessment can be made in accordance with the procedure described in E.612.6.3 of IEC 60364-6.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

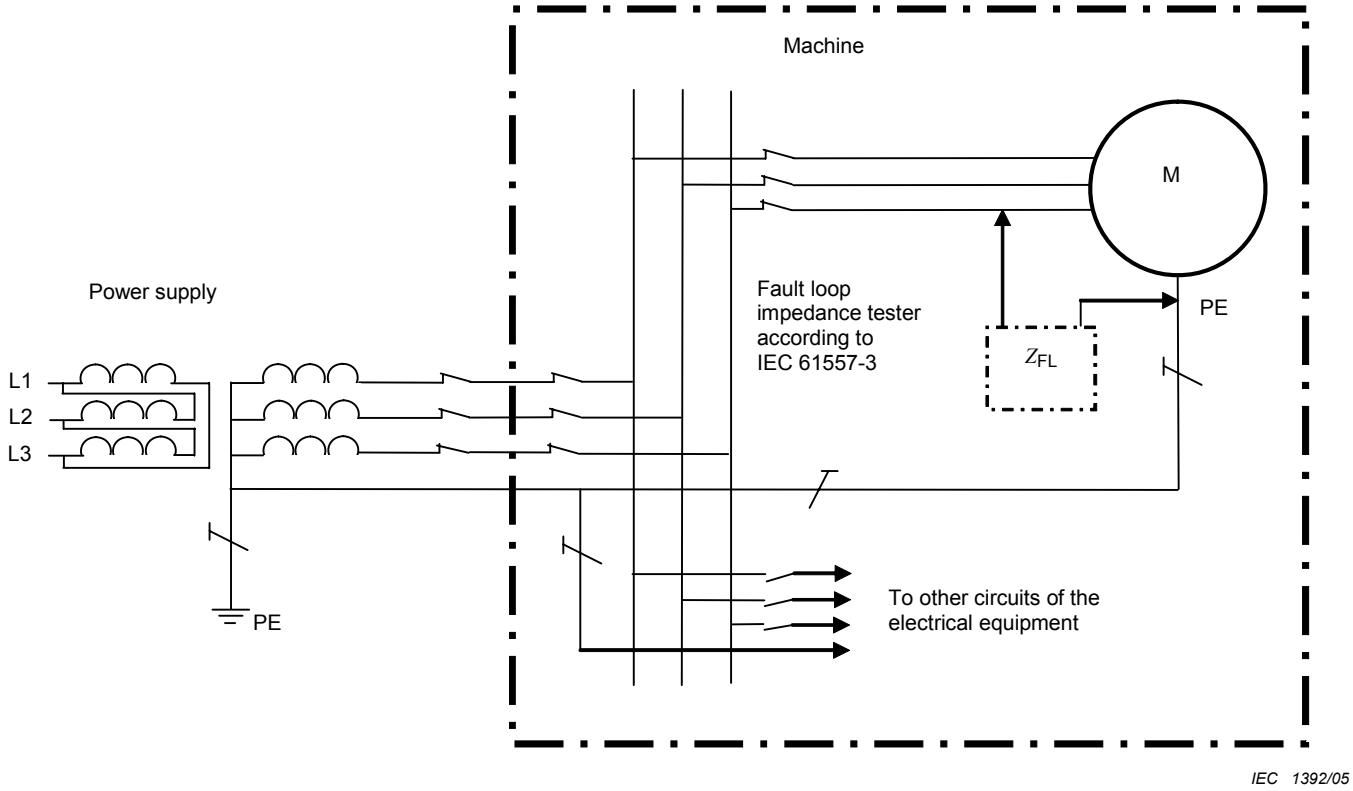


Figure A.1 – Typical arrangement for fault loop impedance measurement

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex B
(normative)

Protection against indirect contact in TT-systems (Derived from IEC 60364-4-41:2005 and IEC 60364-6:2006)

B.1 Requirements for TT systems

B.1.1 Connection to earth

All exposed-conductive-parts and all extraneous conductive parts likely to be touched shall be bonded to the protective conductor or directly to the PE terminal. The PE terminal shall be connected to one or more earthing electrodes as necessary to obtain a sufficiently low earth electrode resistance. Where a separate functional earthing circuit is provided for the common connection of sensitive equipment, the functional earth terminal shall be connected to the earth electrode(s). The neutral point or the mid-point of the power supply system shall be earthed. If a neutral point or mid-point is not available or not accessible, a line conductor shall be earthed.

B.1.2 Fault protection (protection against indirect contact) for TT systems

B.1.2.1 General

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

B.1.2.2 Protection by residual current protective device (RCD)

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

a) the disconnection time as required by Table B.1,

EXCEPTION: a disconnection time not exceeding 1s is permitted for distribution circuits and for circuits not covered by Table B.1, and

b) $R_A \times I_{\Delta n} \leqq 50$ V

where:

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

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

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

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

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

NOTE 4 The disconnection times in accordance with Table B.1 relate to prospective residual fault currents significantly higher than the rated residual operating current of the RCD (typically 5 $I_{\Delta n}$).

NOTE 5 in Japan, the permissible maximum value of R_A is regulated (i.e. Uo > 300 V, R_A is less than 10 Ω).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.1.2.3 Protection by an over-current protection device

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

$$Zs \times Ia \leq Uo$$

where:

Zs is the impedance in Ω of the fault loop comprising:

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

Ia is the current in amperes causing the automatic operation of the disconnecting device within the time specified in Table B.1.

EXCEPTION: a disconnection time is not exceeding 1s is permitted for distribution circuits and for circuits not covered by Table B.1;

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

Table B.1 – Maximum disconnecting times

System	50 V < Uo ≤ 120 V s		120 V < Uo ≤ 230 V s		230 V < Uo ≤ 400 V s		Uo > 400 V s	
	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0,8	Note	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Note	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
Where in TT systems the disconnection is achieved by an overcurrent protective device and the protective equipotential bonding is connected to all extraneous-conductive-parts within the fabrication equipment, the maximum disconnection times applicable to TN systems may be used. Uo is the nominal a.c. or d.c. line to earth voltage.								
NOTE Disconnection can be required for reasons other than protection against electric shock.								

B.1.3 Verification of protection by automatic supply disconnection using a residual current protective device

Protection against indirect contact in a TT system by automatic supply disconnection using a residual current protective device shall be verified by the following test, inspection and measurement. Inspection of the rated residual current for tripping, and the disconnecting time of the residual current protective device, verification that the residual current protective device has been tested in accordance with a relevant IEC standard, and inspection of the connections to the residual current protective device and protective bonding circuit, and measurement of the fault loop impedance of the protective bonding circuit connected to the exposed conductive parts of the semiconductor fabrication equipment. The earth resistance shall be less than 100 Ω.

NOTE For the verification of performance of a residual current protective device and measurement of earth fault loop impedance, see IEC 60364-6.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex C
(normative)

Conductor ampacity, and creepage and clearance distances

C.1 Information for the use of Tables C.1 through C.6

Conductor sizes shall be selected so that the ampacity ratings in Tables C.1 through C.6 are not exceeded. The ampacity ratings are given for copper conductors operating at 0 V to 2 000 V.

In application, a conductor's ampacity is limited to its ampacity at the conductor temperature marked on the device to be connected. See 13.1.6.

The 90 ˚C and 105 ˚C ampacity columns are provided to allow bundled conductors to operate hotter than those with 60 ˚C or 75 ˚C ratings, and, thereby, when derated, to have more usable ampacity. The derating Tables, C.4 through C.7 reflect the application limitations of the conductors.

Devices are normally rated for conductor temperatures of 60 ˚C or 75 ˚C.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.1 – Conductor ampacity for AWG 30 to 4 conductors, ambient temperature 30 ˚C

Wire size		Cross-sectional area	0 % derated 1 – 3 current-carrying conductors				Single wire bending space		Protective conductor wire size		Protective conductor cross-sectional area
			Amperes per conductor insulation rating								
Metric	AWG	mm^2	60 ºC	75 ºC	90 ºC	105 ºC	mm	Inches	Metric	AWG	mm^2
	30	0,050	-	0,5	0,8	1	6,4	0,25		30	0,050
	28	0,079	-	0,8	1	2	6,4	0,25		28	0,079
	26	0,128	-	1	2	3	6,4	0,25		26	0,126
	24	0,201	2	2	3	4	6,4	0,25		24	0,201
	22	0,324	3	3	5	7	13	0,5		22	0,318
0,50		0,500	5	5	9	11	13	0,5	0,50		0,500
	20	0,519	5	5	9	11	13	0,5		20	0,509
0,75		0,75	6	6	12	16	13	0,5	0,75		0,75
	18	0,823	7	7	14	18	13	0,5		18	0,823
1,00		1,0	8	8	15	19	19	0,75	1,00		1,0
	16	1,31	10	10	18	22	20	0,75		16	1,31
1,50		1,5	11	11	20	24	19	0,75	1,50		1,5
	14	2,08	15	15	25	30	20	0,75		14	2,08
2,50		2,5	17	17	27	32	25	1,0	2,50		2,5
	12	3,31	20	20	30	35	26	1,0		12	3,31
4,00		4,0	24	24	34	39	25	1,0	4,00		4,0
	10	5,26	30	30	40	45	26	1,0		10	5,26
6,00		6,0	32	35	44	49	38	1,5	6,00		6,0
	8	8,37	40	50	55	60	39	1,5		10	5,26
10,00		10,0	45	55	62	68	51	2	6,00		6,0
	6	13,30	55	65	75	85	51	2		10	5,26
16,00		16,0	60	72	82	92	76	3	10,00		10,0
	4	21,15	70	85	95	105	76	3		8	8,37

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.2 – Conductor ampacity, for 25 mm^2 to 600 kcmil conductors, ambient temperature 30 ˚C

Wire size		Cross-sectional area	0 % derated 1 – 3 current carrying conductors				Single wire bending space		Protective conductor wire size		Protective conductor cross-sectional area
			Amps per conductor insulation rating								
Metric	AWG	mm^2	60 ºC	75 ºC	90 ºC	105 ºC	mm	Inches	Metric	AWG	mm^2
25,00		25,0	80	95	105	115	76	3	10,00		10,00
	3	26,67	85	100	110	120	76	3		8	8,37
	2	33,62	95	115	130	145	89	3,5		6	13,30
35,00		35,0	97	117	133	149	115	4,5	16,00		16,00
	1	42,41	110	130	150	170	115	4,5		6	13,30
50,00		50,0	120	144	164	180	140	5,5	16,00		16,00
	1/0	53,49	125	150	170	185	140	5,5		6	13,30
	2/0	67,43	145	175	195	205	152,4	6		6	13,30
70,00		70,0	148	179	199	210	165	6,5	16,00		16,00
	3/0	85,01	165	200	225	240	166	6,5		6	13,30
95,0		95,0	179	214	241	260	178	7	16,00		16,00
	4/0	107,2	195	230	260	285	178	7		4	21,15
120,0		120,0	208	246	280	308	216	8,5	25,00		25,00
	(250)	126,7	215	255	290	320	216	8,5		4	21,15
150,0		150,0	238	282	317	347	254	10	25,00		25,00
	(300)	152,0	240	285	320	350	254	10		4	21,15
	(350)	177,4	260	310	350	385	305	12		3	26,67
185,0		185,0	266	317	359	395	305	12	35,00		35,00
	(400)	202,7	280	335	380	420	331	13		3	26,67
240,0		240,0	309	367	416	456	331	13	35,00		35,00
	(500)	253,4	320	380	430	470	356	14		3	26,67
300,0		300,0	352	416	471	516	381	15	35,00		35,00
	(600)	304,0	355	420	475	520	381	15		2	33,62

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.3 – Derated ampacity (based on Table C.1 and Table C.2) for conductors 0,050 mm^2 to 4,00 mm^2

Derating factor for number of current carrying conductors in a raceway, wiring harness, or cable.

Number of current carrying conductors	Percentage of values in Tables C.1 and C.2
1-3	100
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 and above	35

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.2 Ambient temperature correction factors

Ambient temperature correction factors for Tables C.1 through C.3 are given in Table C.4.

Table C.4 – Ambient temperature correction factors

Ambient temperature ºC	60 ºC Insulation	75 ºC Insulation	90 ºC /105 ºC Insulation
21–25	1,08	1,05	1,04
26–30	1,00	1,00	1,00
31–35	0,91	0,94	0,96
36–40	0,82	0,88	0,91
41–45	0,71	0,82	0,87
46–50	0,58	0,75	0,82
51–55	0,41	0,67	0,76
56–60	-	0,58	0,71
61–70	-	0,33	0,58
71–80	-	-	0,41

C.3 Non-insulated bus bar sizes

Non-insulated bus bars shall be sized in accordance with Table C.5.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.5 – Non-insulated bus bar sizes

NOTE Creepage and clearance distances between non-insulated bus-bars are specified in Clause C.4.

Thickness	Thickness	Width	Width	Area	Area	Ampacity
mm	Inches	mm	Inches	mm^2	$Inches^2$	A
1,59	0,063	12,7	0,50	20,0	0,031	31
		19,1	0,75	30,3	0,047	47
		25,4	1,00	40,6	0,063	63
		38,1	1,50	60,6	0,094	94
		50,8	2,00	80,6	0,125	125
		76,2	3,00	121,3	0,188	188
3,18	0,125	12,7	0,50	40,6	0,063	63
		19,1	0,75	60,6	0,094	94
		25,4	1,00	80,6	0,125	125
		38,1	1,50	121,3	0,188	188
		50,8	2,00	161,3	0,250	250
		63,5	2,50	201,9	0,313	313
		76,2	3,00	241,9	0,375	375
		101,6	4,00	322,6	0,500	500
6,35	0,250	12,7	0,50	80,6	0,125	125
		19,1	0,75	121,3	0,188	188
		25,4	1,00	161,3	0,250	250
		38,1	1,50	241,9	0,375	375
		50,8	2,00	322,6	0,500	500
		63,5	2,50	403,2	0,625	625
		76,2	3,00	483,9	0,750	750
		88,9	3,50	564,5	0,875	875
		101,6	4,00	645,2	1,00	1 000
		127,0	5,00	806,5	1,25	1 250
		152,4	6,00	967,7	1,50	1 500
9,53	0,375	12,7	0,50	121,3	0,188	188
		19,1	0,75	181,3	0,281	281
		25,4	1,00	241,9	0,375	375
		38,1	1,50	363,2	0,563	563
		50,8	2,00	483,9	0,750	750
		63,5	2,50	605,2	0,938	938
		76,2	3,00	725,8	1,125	1 125
		88,9	3,50	847,1	1,313	1 313
		101,6	4,00	967,7	1,500	1 500
12,7	0,500	19,1	0,75	241,9	0,375	375
		25,4	1,00	322,6	0,500	500
		38,1	1,50	483,9	0,750	750
		50,8	2,00	645,2	1,00	1 000
		76,2	3,00	967,7	1,50	1 500
		101,6	4,00	1 290,3	2,00	2 000

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.4 Creepage and clearance distances

Creepage and clearance distances shall be in accordance with Tables C.6 or C.7, as appropriate.

When it is necessary to test using d.c. voltage, increase specified test voltage by 1,42.

Table C.6 – Creepage and clearance in Class 1 000 or less cleanroom

		Basic/supplementary mm			Double/reinforced mm		
Installation category	**Working voltage**	**Clearance**	**Creepage**	**Test voltage, V r.m.s.**	**Clearance**	**Creepage**	**Test voltage, V r.m.s.**
Category 1	50	0,1	0,18	230	0,10	0,35	400
	100	0,1	0,25	350	0,12	0,50	510
	150	0,1	0,30	490	0,40	0,60	740
	300	0,5	0,70	820	1,60	1,60	1 400
	600	1,5	1,70	1 350	3,30	3,40	2 300
	1 000	3,0	3,20	2 200	6,50	6,50	3 700
Category 2	50	0,1	0,18	350	0,12	0,35	510
	100	0,1	0,25	490	0,40	0,50	740
	150	0,5	0,50	820	1,60	1,60	1 400
	300	1,5	1,50	1 350	3,30	3,30	2 300
	600	3,0	3,00	2 200	6,50	6,50	3 700
	1 000	5,5	5,50	3 250	11,50	11,50	5 550
Category 3	50	0,1	0,18	490	0,4	0,4	740
	100	0,5	0,50	820	1,6	1,6	1 400
	150	1,5	1,50	1 350	3,3	3,3	2 300
	300	3,0	3,00	2 200	6,5	6,5	3 700
	600	5,5	5,50	3 250	11,5	11,5	5 550
	1 000	8,0	8,00	4 350	16,0	16,0	7 400

NOTE 1 Specified creepage distances less than 0,70 mm may be reduced on uncoated printed wiring boards according to Table C.8.2.

NOTE 2 Cleanroom Class 1 000 or less is pollution degree 1, however the pollution degree in a particular area in a given piece of equipment can exceed pollution degree 1, even if the equipment is installed in a cleanroom class 1 000 or less.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.7 – Printed wiring board (PWB) creepage distances

Equipment creepage distance mm	PWB creepage distance			
	Basic or supple-mentary insulation	Double or reinforced insulation		
		Installation category 1	Installation category 2	Installation category 3
0,18	0,1	No reduction		No reduction
0,25	0,1			
0,30	0,2			
0,35		0,10	0,12	
0,50	0,5	0,20	0,40	
0,60		0,45		

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.8 – Creepage and clearance in greater than Class 1 000 cleanroom

Installation category	Working voltage	Basic or supplementary insulation						Double or reinforced insulation					
			Creepage distance						Creepage distance				
		Clearance distance	CTI > 600	CTI > 400	CTI > 100	Printed Wiring Board CTI > 175	Test voltage, r.m.s.	Clearance distance	CTI > 600	CTI > 400	CTI > 100	Printed wiring board CTI > 175	Test voltage, r.m.s.
Category 1	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,20	230	0,2	1,2	1,7	2,4	0,4	400
	100	0,2	0,7	1,00	1,4	0,20	350	0,2	1,4	2,0	2,8	0,4	510
	150	0,2	0,8	1,10	1,6	0,35	490	0,4	1,6	2,2	3,2	0,7	740
	300	0,5	1,5	2,10	3,0	1,40	820	1,6	3,0	4,2	6,0	2,8	1 400
	600	1,5	3,0	4,30	6,0	3,00	1 350	3,3	6,0	8,5	12,0	6,0	2 300
	1 000	3,0	5,0	7,00	7,0	5,00	2 200	6,5	10,0	14,0	20,0	10,0	3 700
Category 2	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,2	350	0,2	1,2	1,7	2,4	0,4	510
	100	0,2	0,7	1,00	1,4	0,2	490	0,2	1,4	2,0	2,8	0,4	740
	150	0,5	0,8	1,10	1,6	0,5	820	1,6	1,6	2,2	3,2	1,6	1950
	300	1,5	1,5	2,10	3,0	1,5	1 350	3,3	3,3	4,2	6,0	3,3	3 250
	600	3,0	3,0	4,30	6,0	3,0	2 200	6,5	6,5	8,5	12,0	6,5	5 250
	1 000	5,5	5,5	7,00	10,0	5,5	3 250	11,5	11,5	14,0	24,0	11,5	7 850
Category 3	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,2	490	0,4	1,2	1,7	2,4	0,4	740
	100	0,5	0,7	1,00	1,4	0,5	820	1,6	1,6	2,0	2,8	1,6	1 950
	150	1,5	1,5	1,50	1,6	1,5	1 350	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3 250
	300	3,0	3,0	3,00	3,0	3,0	2 200	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	5 250
	600	5,5	5,5	5,50	6,0	5,5	3 250	11,5	11,5	11,5	12,0	11,5	7 850
	1 000	8,0	8,0	8,00	10,0	8,0	4 350	16,0	16,0	16,0	20,0	16,0	10 450

NOTE Cleanroom Class greater than 1 000 is pollution degree 2, however the pollution degree in a particular area in a given piece of equipment can exceed pollution degree 2, even if the equipment is installed in a cleanroom greater than 1 000.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

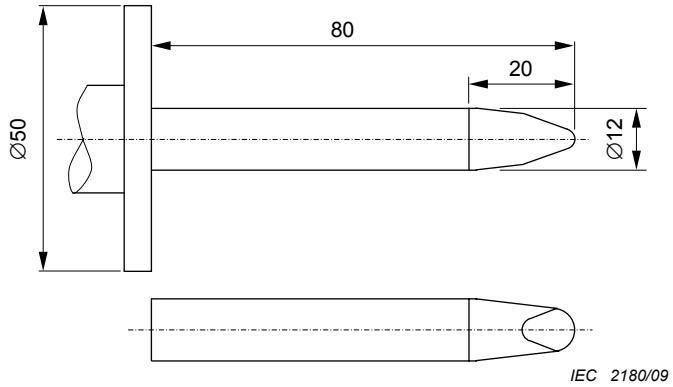
Annex D
(normative)

Standard test fingers

The standard test fingers to be used for the tests of 18.10 and 18.12 are detailed in Figure D.1 and D.2.

NOTE 1 Derived from IEC 61010-1.

Dimensions in millimetres

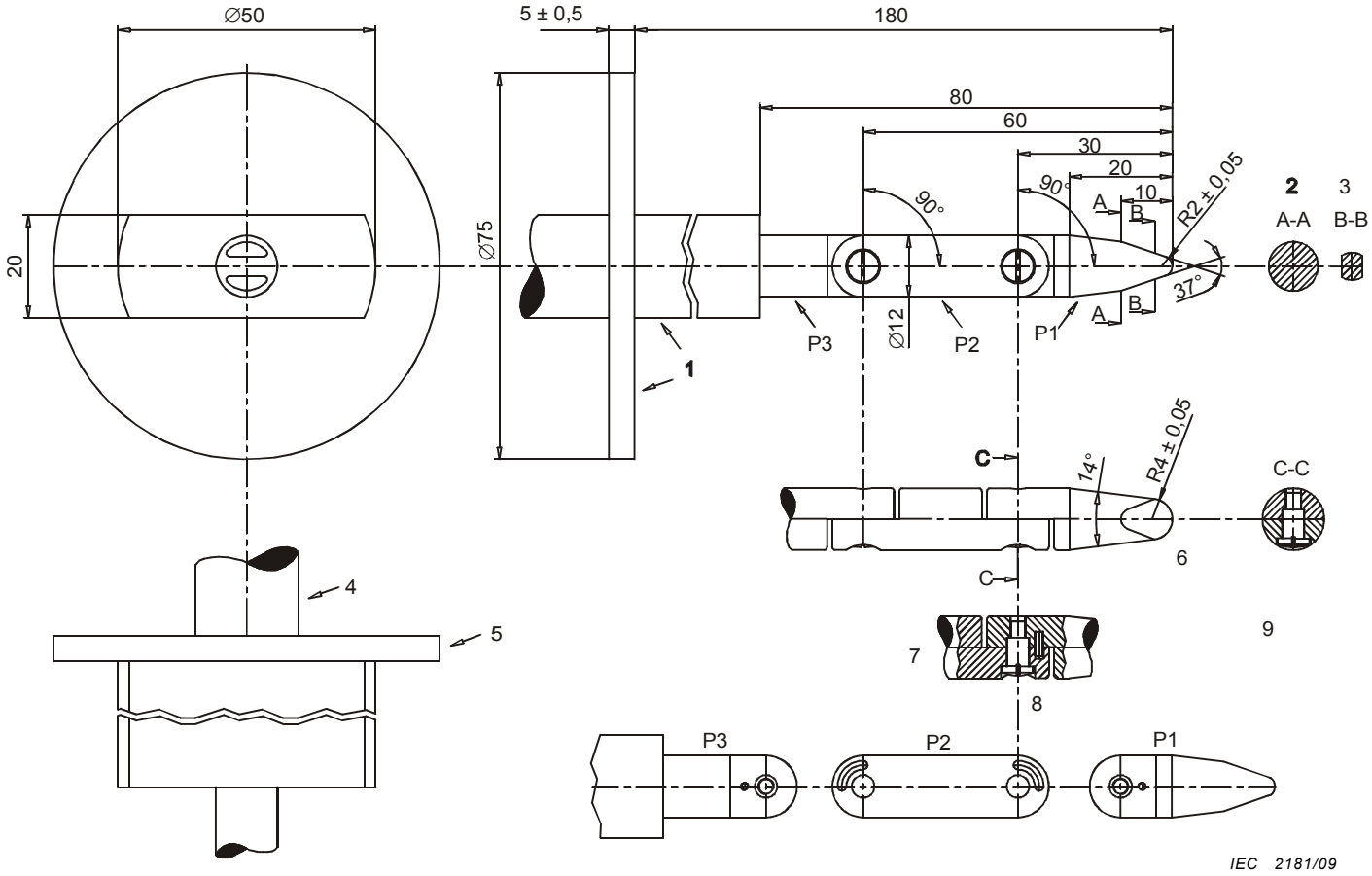


For tolerances and dimensions of the fingertip, see Figure D.2.

NOTE 2 This test finger is identical to test probe 11 from IEC 61032.

Figure D.1 – Rigid test finger

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Key

1 insulating material	6 spherical
2 section AA	7 detail x (example)
3 section BB	8 side view
4 handle	9 chamfer all edges
5 stop plate	

Dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

a) on angles: $^{0}_{-10'}$

b) on linear dimensions: up to 25 mm $^{0}_{-0,05}$ mm

over 25 mm + 0,2 mm

Material of finger: heat-treated steel, etc.

Both joints of this finger can be bent through an angle of (90 $^{+10}_{0}$)° but in the same direction only.

Using the pin and groove solution is only one of the possible approaches in order to limit the bending angle to 90°. For this reason dimensions and tolerances of these details are not given in the drawing. The actual design shall ensure a (90 $^{+10}_{0}$)° bending angle.

NOTE This test finger is identical to test probe B from IEC 61032.

Figure D.2 – Jointed test finger

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex E
(informative)

Types of system earthing

(Derived from IEC 60364-1: 2005)

E.1 Types of system earthing

E.1.1 General

The following types of system earthing are taken into account in this standard.

NOTE 1 Figures E.1 to E.13 show examples of commonly used three-phase systems. Figures E.14 to E.18 show examples of commonly used d.c. systems.

NOTE 2 The dotted lines indicate the parts of the system that are not covered by the scope of the standard, whereas the solid lines indicate the part that is covered by the standard.

NOTE 3 For private systems, the source and/or the distribution system may be considered as part of the installation within the meaning of this standard. For this case, the figures may be completely shown in solid lines.

NOTE 4 The codes used have the following meanings:

First letter – Relationship of the power system to earth:

T = direct connection of one point to earth;

I = all live parts isolated from earth, or one point connected to earth through a high impedance.

Second letter – Relationship of the exposed-conductive-parts of the installation to earth:

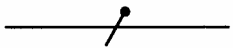
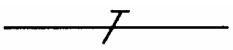
T = direct electrical connection of exposed-conductive-parts to earth, independently of the earthing of any point of the power system;

N = direct electrical connection of the exposed-conductive-parts to the earthed point of the power system (in a.c. systems, the earthed point of the power system is normally the neutral point or, if a neutral point is not available, a line conductor).

Subsequent letter(s) (if any) – Arrangement of neutral and protective conductors:

S = protective function provided by a conductor separate from the neutral conductor or from the earthed line (or, in a.c. systems, earthed phase) conductor.

C = neutral and protective functions combined in a single conductor (PEN conductor).

Explanation of symbols for Figures E.1 to E.18 according to IEC 60617	
	Neutral conductor (N); mid-point conductor (M)
	Protective conductor (PE)
	Combined protective and neutral conductor (PEN)

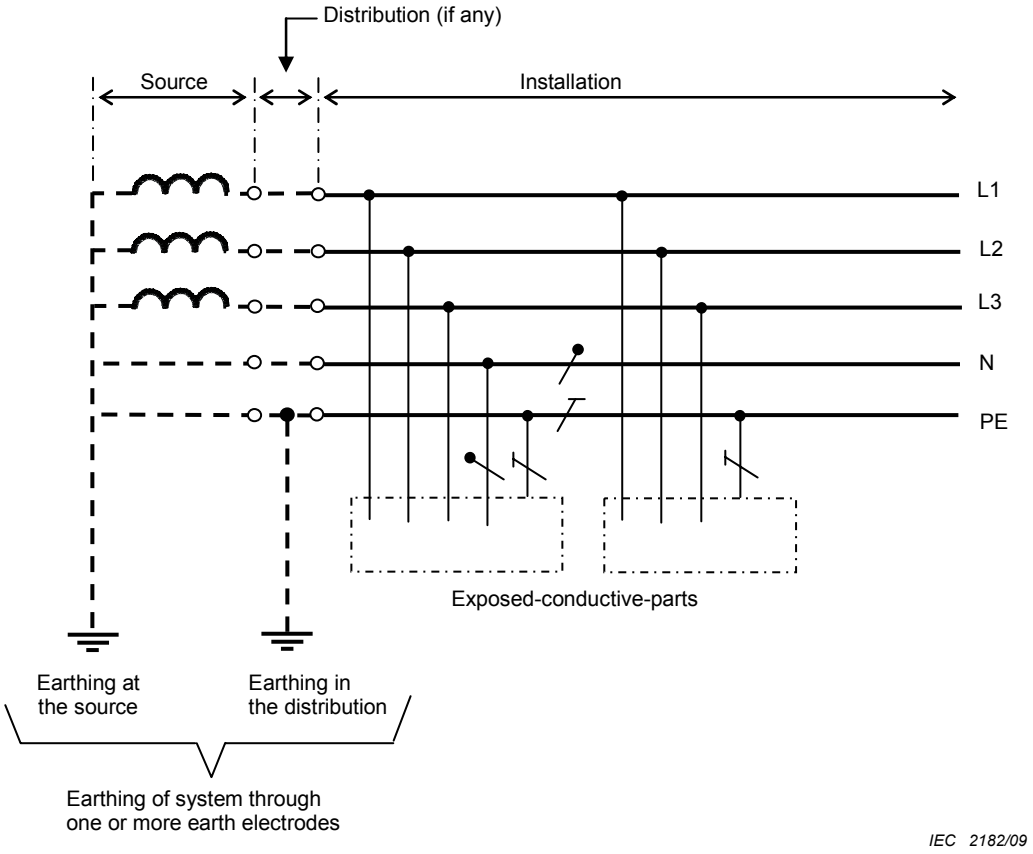
E.1.2 TN systems

E.1.2.1 Single-source systems

TN power systems have one point directly earthed at the source, the exposed-conductive-parts of the installation being connected to that point by protective conductors. Three types of TN system are considered according to the arrangement of neutral and protective conductors, as follows:

– TN-S system in which, throughout the system, a separate protective conductor is used (see Figures E.1, E.2 and E.3).

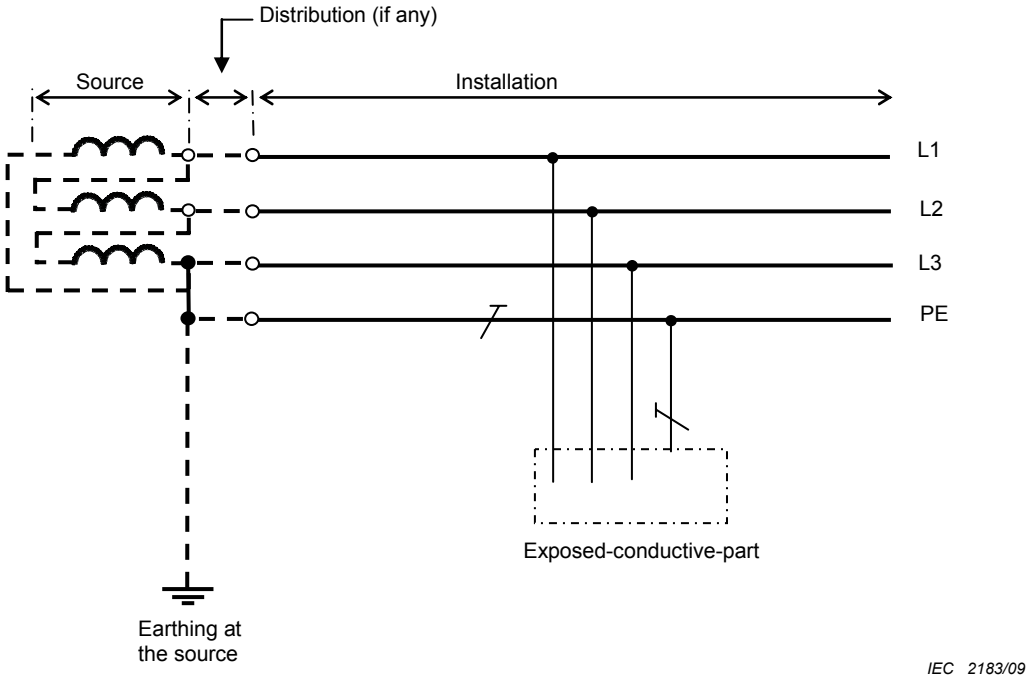
LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

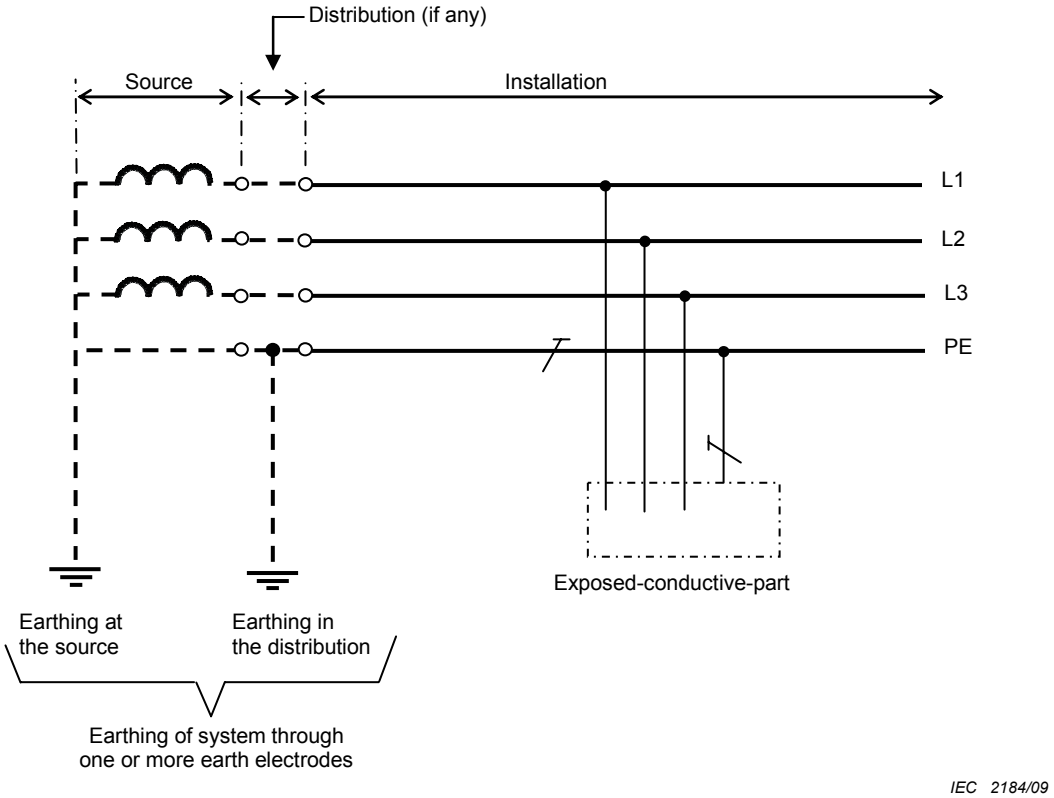
Figure E.1 – TN-S system with separate neutral conductor and protective conductor throughout the system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Additional earthing of the PE in the distribution and in the installation may be provided.

Figure E.2 – TN-S system with separate earthed line conductor and protective conductor throughout the system

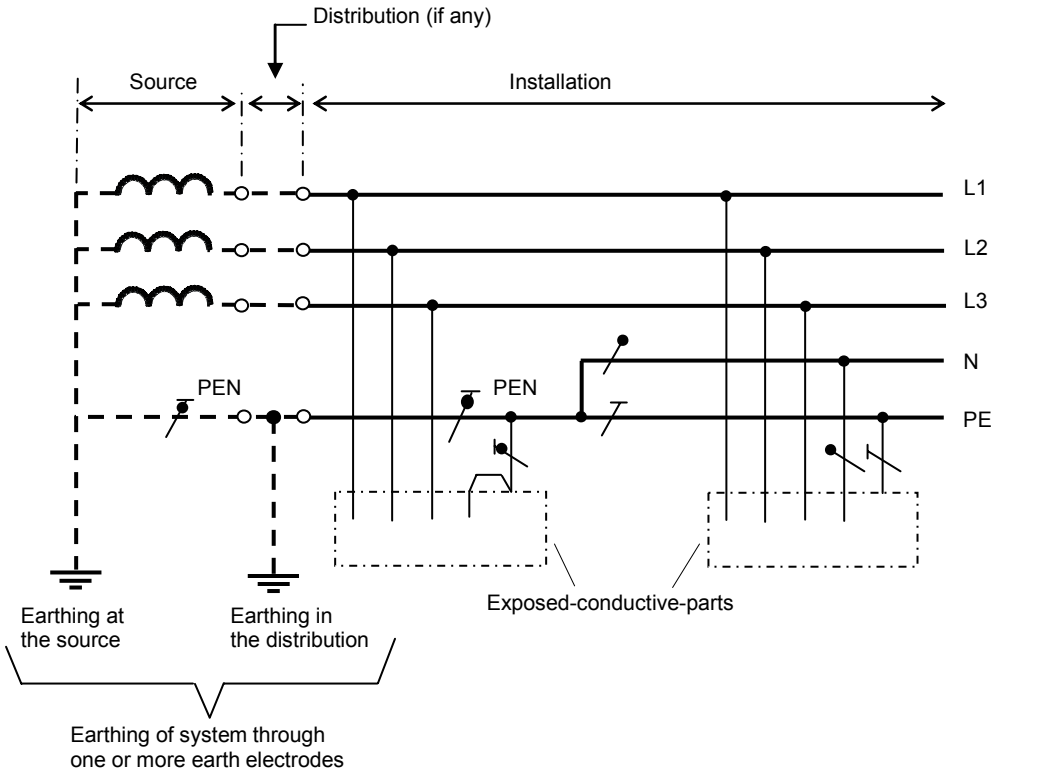


NOTE Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.3 – TN-S system with earthed protective conductor and no distributed neutral conductor throughout the system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– TN-C-S system in which neutral and protective conductor functions are combined in a single conductor in a part of the system (see Figures E.4, E.5 and E.6).

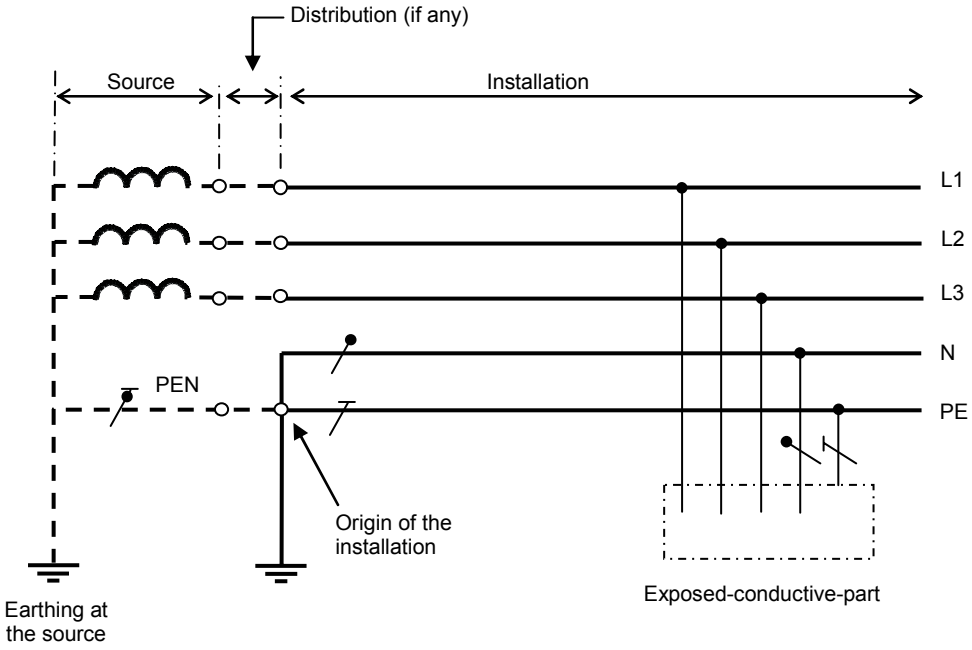


NOTE 1 Neutral and protective conductor functions combined in a single conductor in a part of the system.

NOTE 2 Additional earthing of the PEN or PE in the installation may be provided.

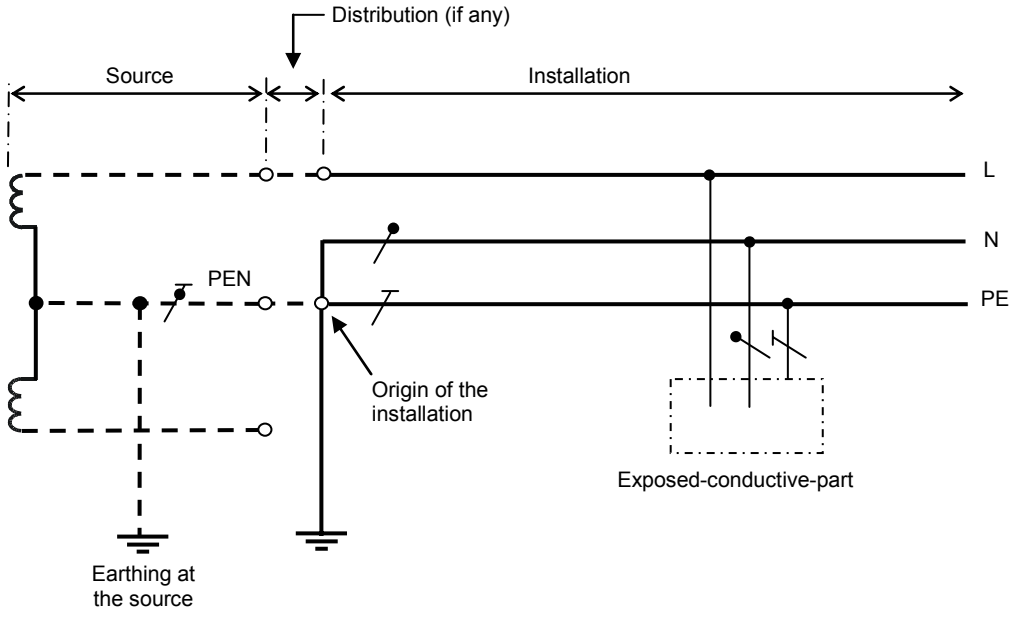
Figure E.4 – TN-C-S system 3-phase, 4-wire, where the PEN is separated into PE and N elsewhere in the installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Additional earthing of the PEN in the distribution and of the PE in the installation may be provided.

Figure E.5 – TN-C-S system 3-phase, 4-wire where the PEN is separated into PE and N at the origin of the installation



NOTE 1 Neutral and protective conductor functions combined in a single conductor in a part of the system.

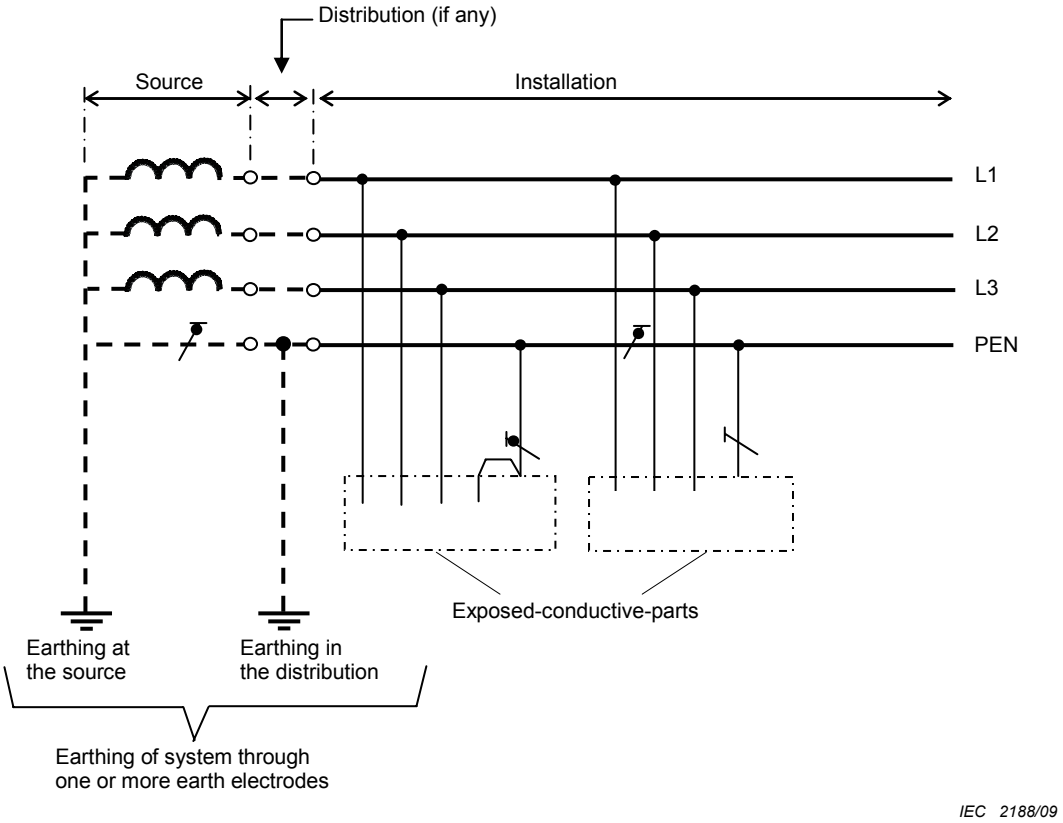
NOTE 2 Additional earthing of the PEN in the distribution and of the PE in the installation may be provided.

Figure E.6 – TN-C-S system – single-phase, 2-wire where the PEN is separated into PE and N at the origin of the installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– TN-C system in which neutral and protective conductor functions are combined in a single conductor throughout the system (see Figure E.7).

NOTE For symbols, see explanation given in E.1.1.



NOTE Additional earthing of the PEN in the installation may be provided.

Figure E.7 – TN-C system with neutral and protective conductor functions combined in a single conductor throughout the system

E.1.3 Multiple source systems

NOTE The multiple source system is shown for the TN system with the unique aim of providing EMC. The multiple source system is not shown for IT and TT systems because these systems are generally compatible with regard to EMC.

In the case of an inappropriate design of an installation forming part of a TN system with multiple sources some of the operating current may flow through unintended paths. These currents can cause

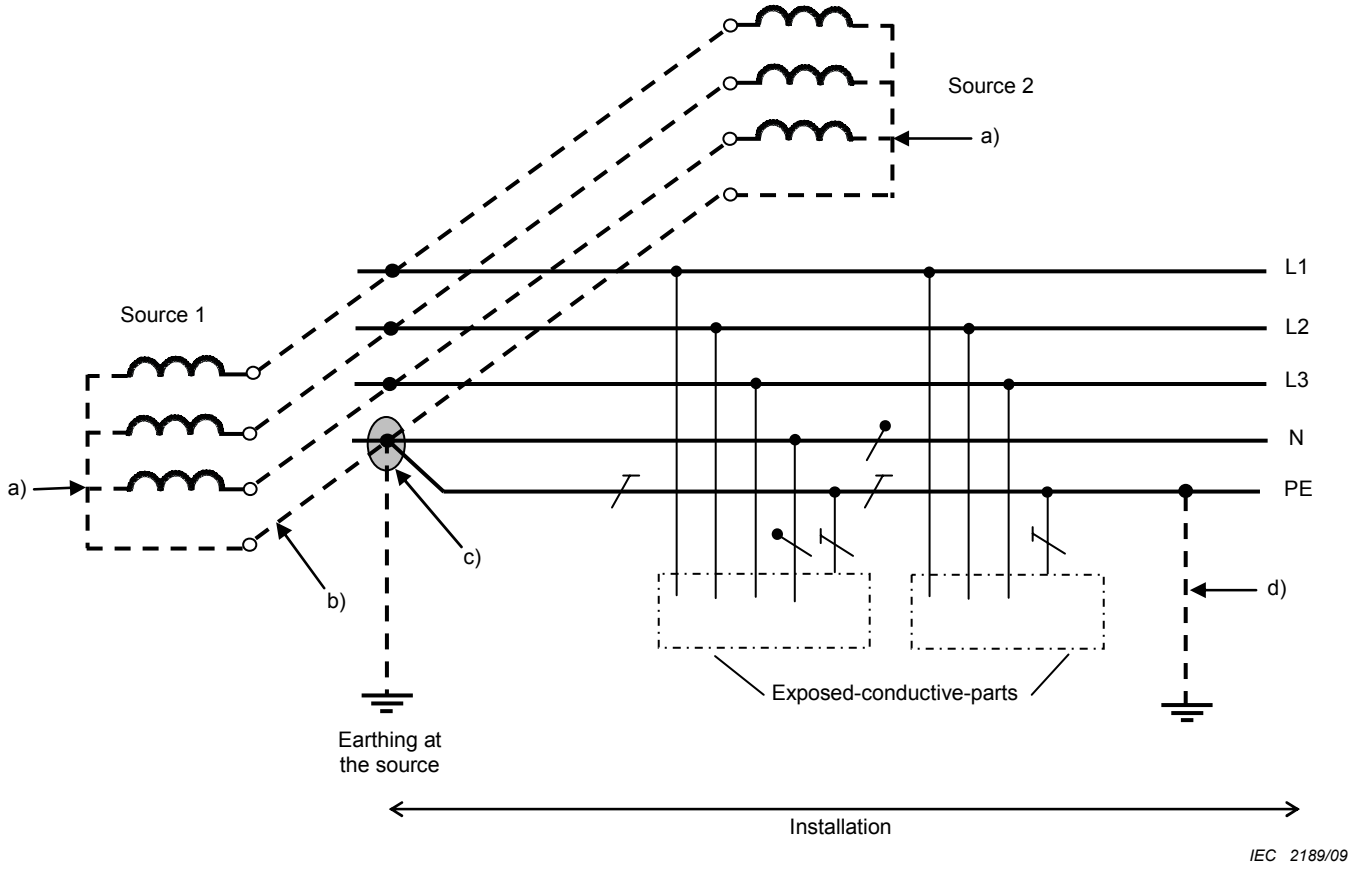
- fire;
- corrosion;
- electromagnetic interference.

The system shown in Figure E.8 is a system where minor partial operating currents flow as currents through unintended paths. The essential design rules shown in Figure E.8 from a) to d) are given in the key below Figure E.8.

The marking of the PE conductor shall be in accordance with IEC 60446.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Any extension of the system shall be taken into account with regard to the proper functioning of the protective measures.



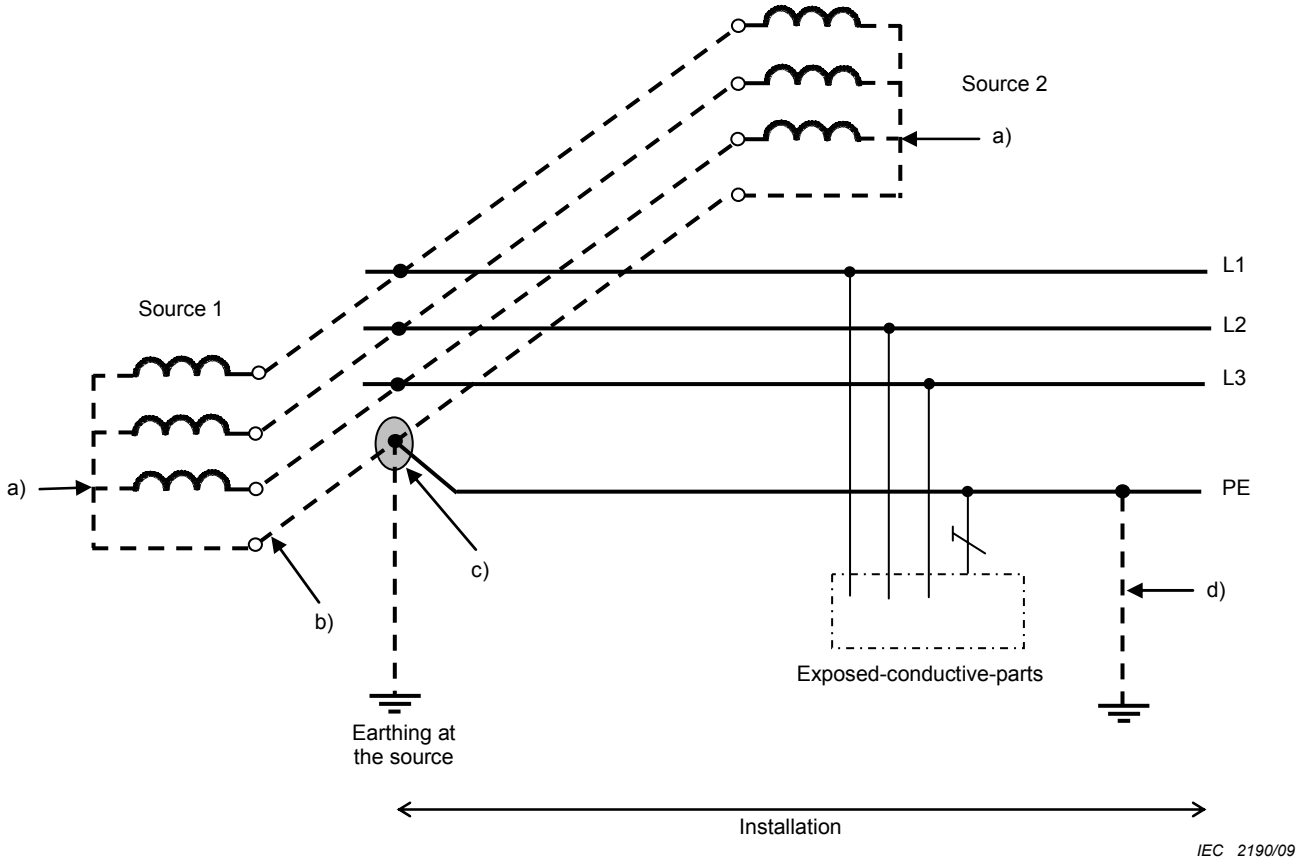
Key

a) No direct connection from either the transformer neutral point or the generator star point to earth is permitted.
b) The interconnection conductor between either the neutral points of the transformers or the generator star points shall be insulated. The function of this conductor is like a PEN; however, it shall not be connected to current-using equipment.
c) Only one connection between the interconnected neutral points of the sources and the PE shall be provided. This connection shall be located inside the main switchgear assembly.
d) Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.8 – TN-C-S multiple source system with separate protective conductor and neutral conductor to current-using equipment

In industrial plants with only 2-phase loads and 3-phase loads between line conductors, it is not necessary to provide a neutral conductor (see Figure E.9). In this case, the protective conductor should have multiple connections to earth.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Key

a) No direct connection from either the transformer neutral point or the generator, star point to earth is permitted.

b) The interconnection conductor between either the neutral points of the transformers or the generator star points shall be insulated. The function of this conductor is like a PEN; however, it shall not be connected to current-using equipment.

c) Only one connection between the interconnected neutral points of the sources and the PE shall be provided. This connection shall be located inside the main switchgear assembly.

d) Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

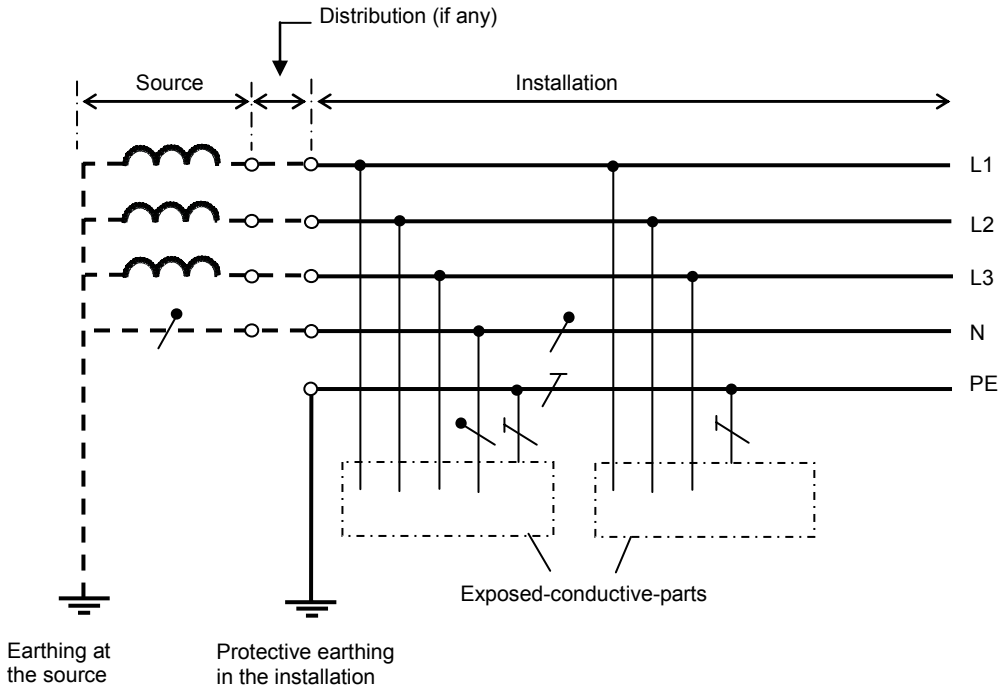
Figure E.9 – TN multiple source system with protective conductor and no neutral conductor throughout the system for 2- or 3-phase load

E.2 TT system

The TT system has only one point directly earthed and the exposed-conductive-parts of the installation are connected to earth electrodes electrically independent of the earth electrode of the supply system (see Figures E.10 and E.11):

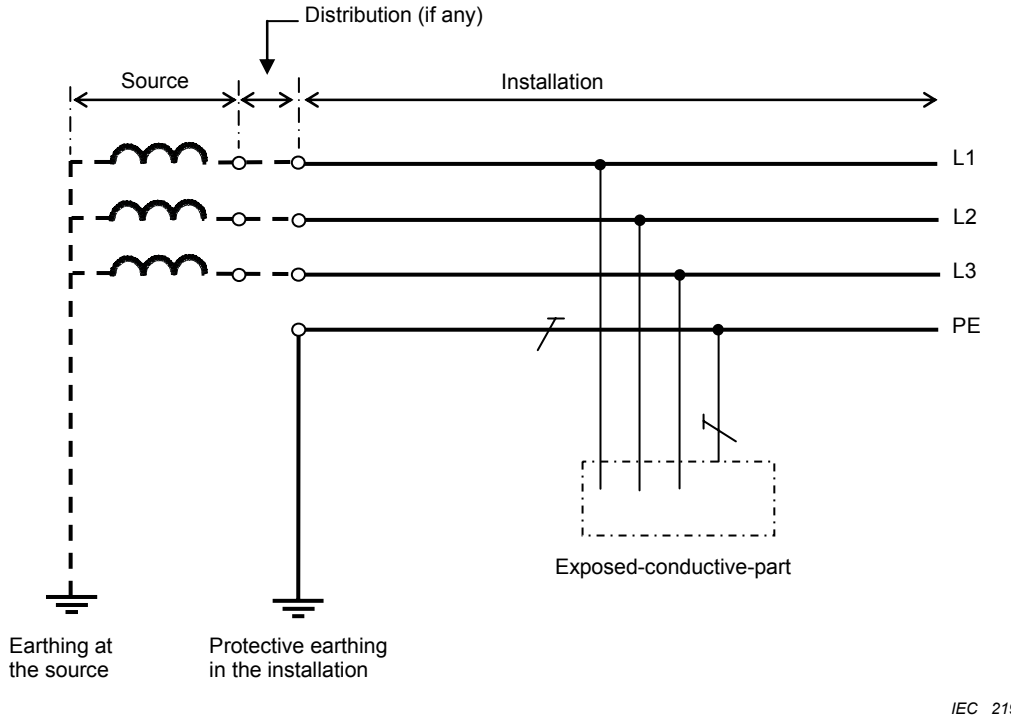
NOTE 1 In Sweden TT systems are only allowed under special conditions.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE 2 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.10 – TT system with separate neutral conductor and protective conductor throughout the installation



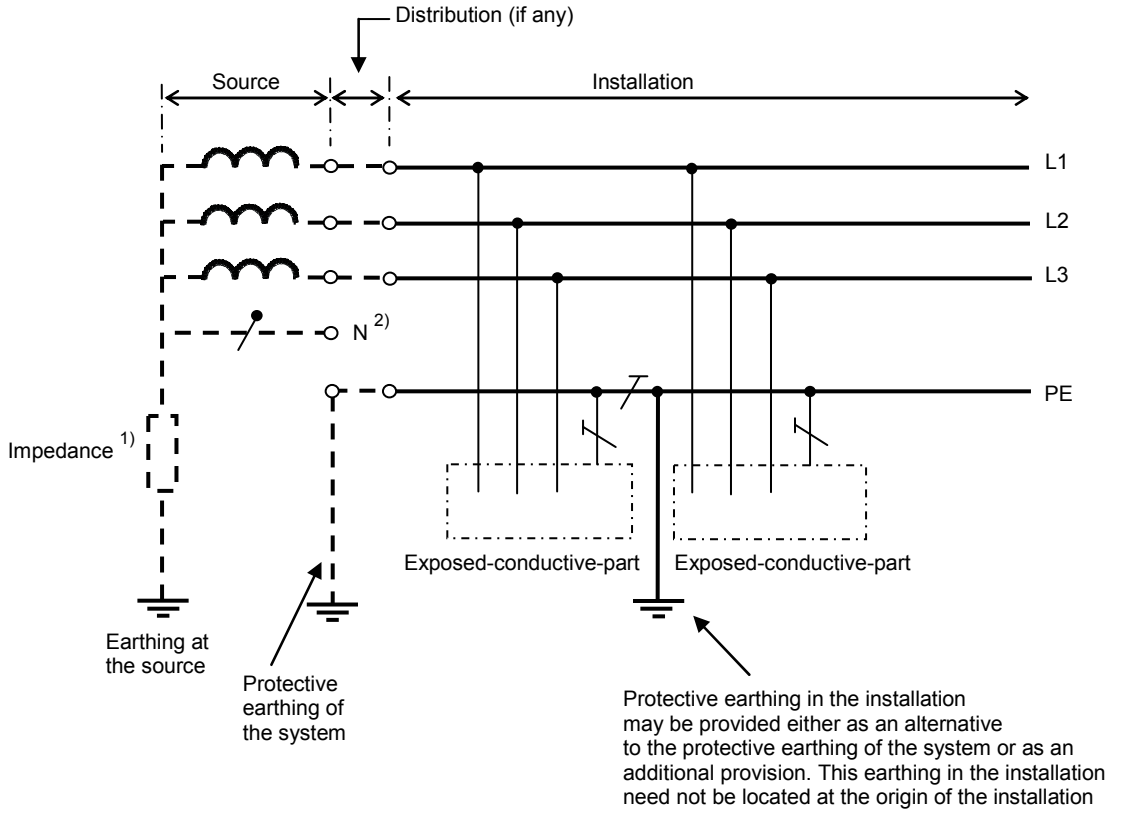
NOTE Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.11 – TT system with earthed protective conductor and no distributed neutral conductor throughout the installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.3 IT system

The IT power system has all live parts isolated from earth or one point connected to earth through an impedance. The exposed-conductive-parts of the electrical installation are earthed independently or collectively or to the earthing of the system according to 411.6 of IEC 60364-4-41 (see Figures E.12 and E.13):



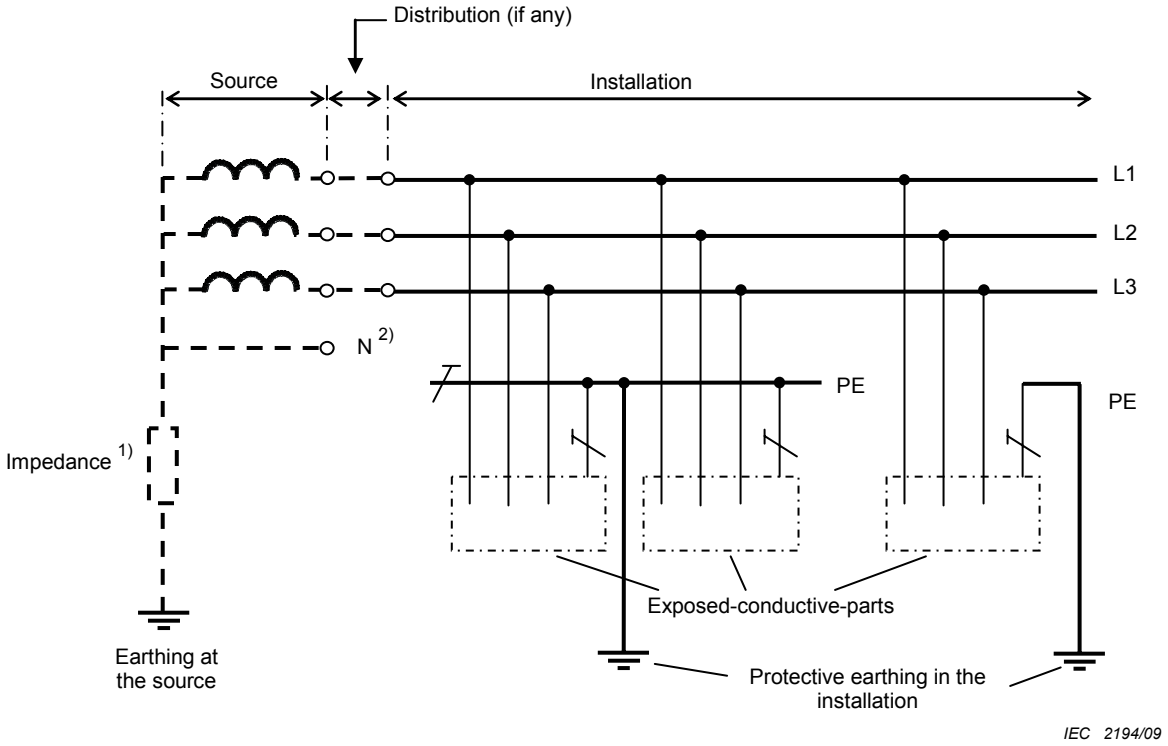
1) The system may be connected to earth via a sufficiently high impedance. This connection may be made, for example, at the neutral point, artificial neutral point, or a line conductor.

2) The neutral conductor may or may not be distributed.

NOTE Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.12 – IT system with all exposed-conductive-parts interconnected by a protective conductor which is collectively earthed

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



1) The system may be connected to earth via a sufficiently high impedance.

2) The neutral conductor may or may not be distributed.

NOTE Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.13 – IT system with exposed-conductive-parts earthed in groups or individually

E.4 DC systems

E.4.1 Type of system earthing for direct current (d.c.) systems

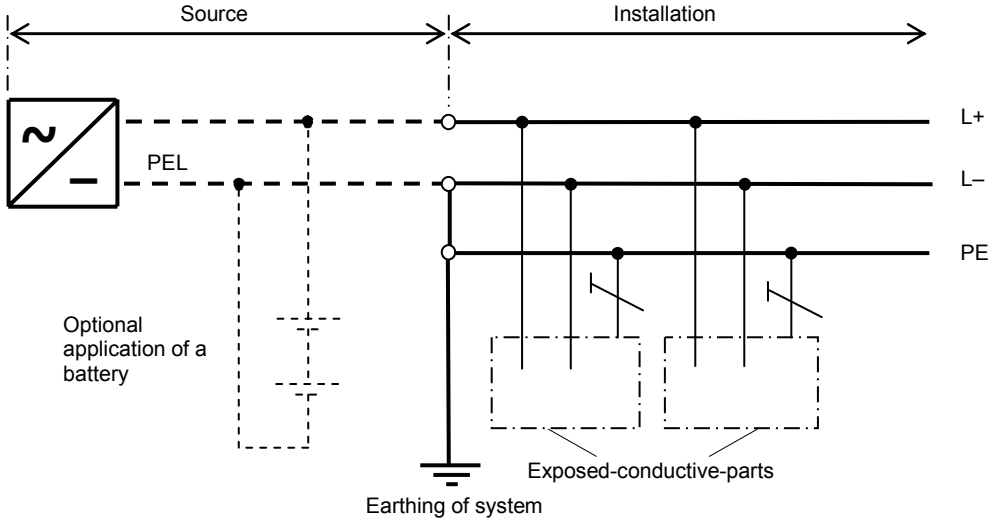
Where the following Figures E.14 to E.18 show earthing of a specific pole of a two-wire d.c. system, the decision whether to earth the positive or the negative pole shall be based upon operational circumstances or other considerations, for example, avoidance of corrosion effects on line conductors and earthing arrangements.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.4.1.1 TN-S-system

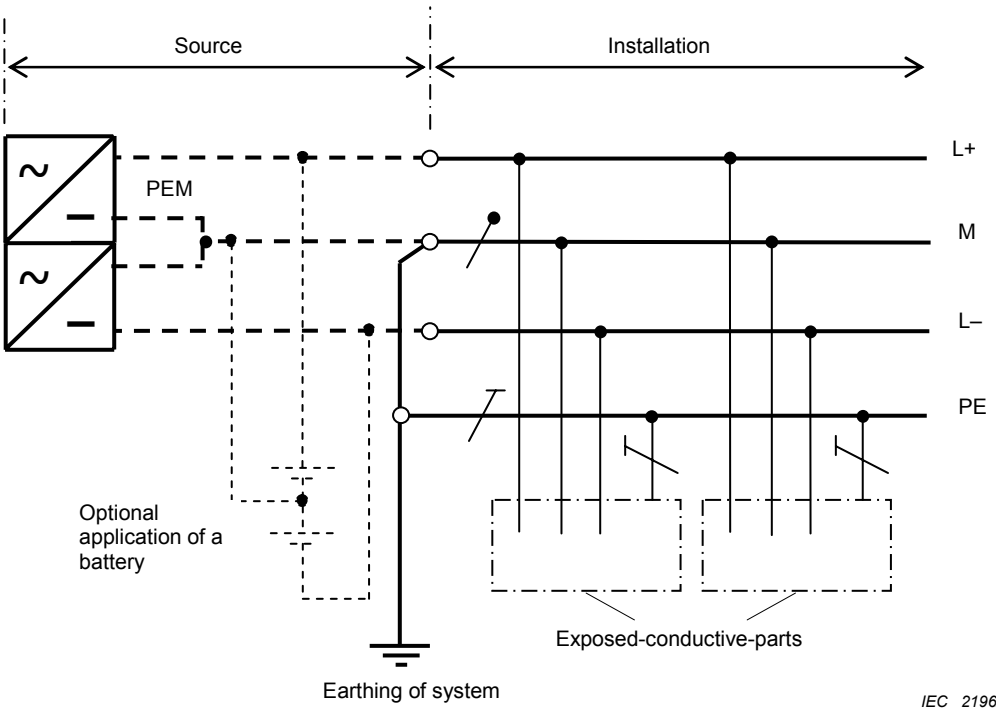
The earthed line conductor for example L– in type a) or the earthed mid-point conductor M in type b) is separated from the protective conductor throughout the installation.

Type a)



NOTE 1 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Type b)



NOTE 2 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

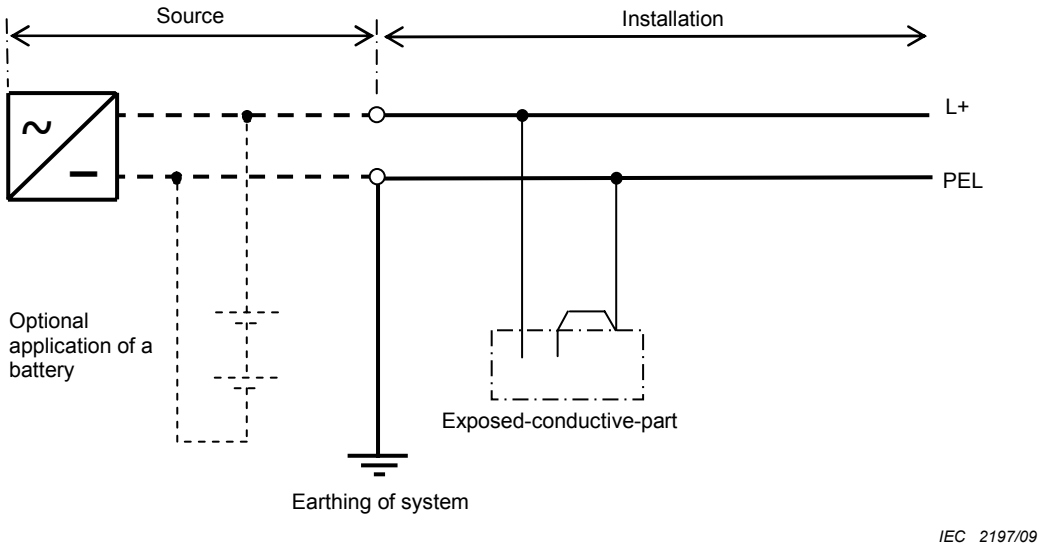
Figure E.14 – TN-S d.c. system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.4.1.2 TN-C-system

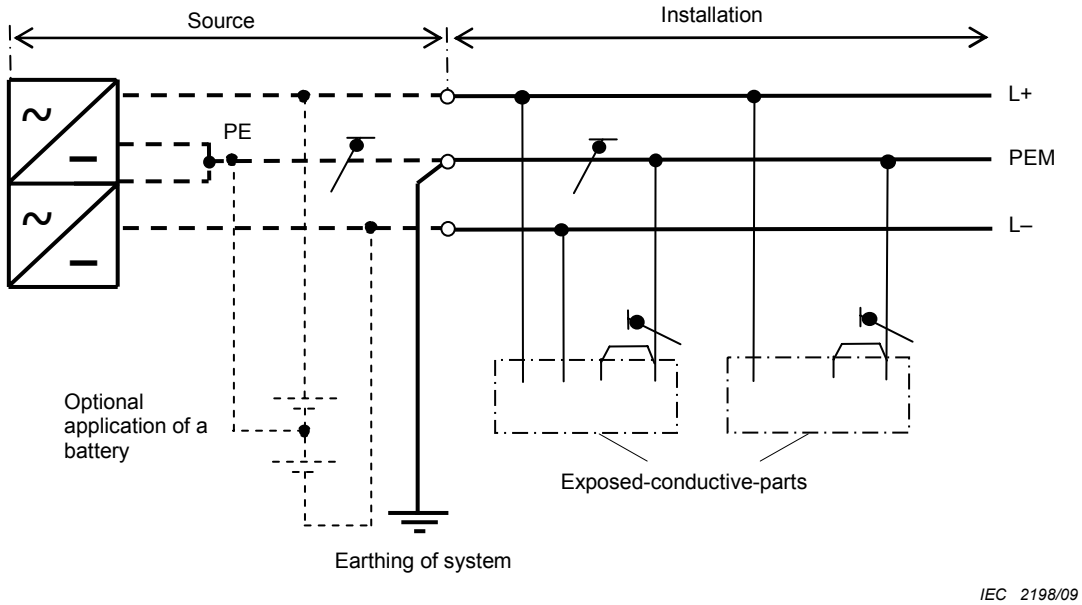
The functions of the earthed line conductor for example L– and of the protective conductor are in type a) combined in one single conductor PEL throughout the installation, or the earthed mid-point conductor M and the protective conductor are combined in type b) in one single conductor PEM throughout the installation.

Type a)



NOTE 1 Additional earthing of the PEL in the installation may be provided.

Type b)



NOTE 2 Additional earthing of the PEM in the installation may be provided.

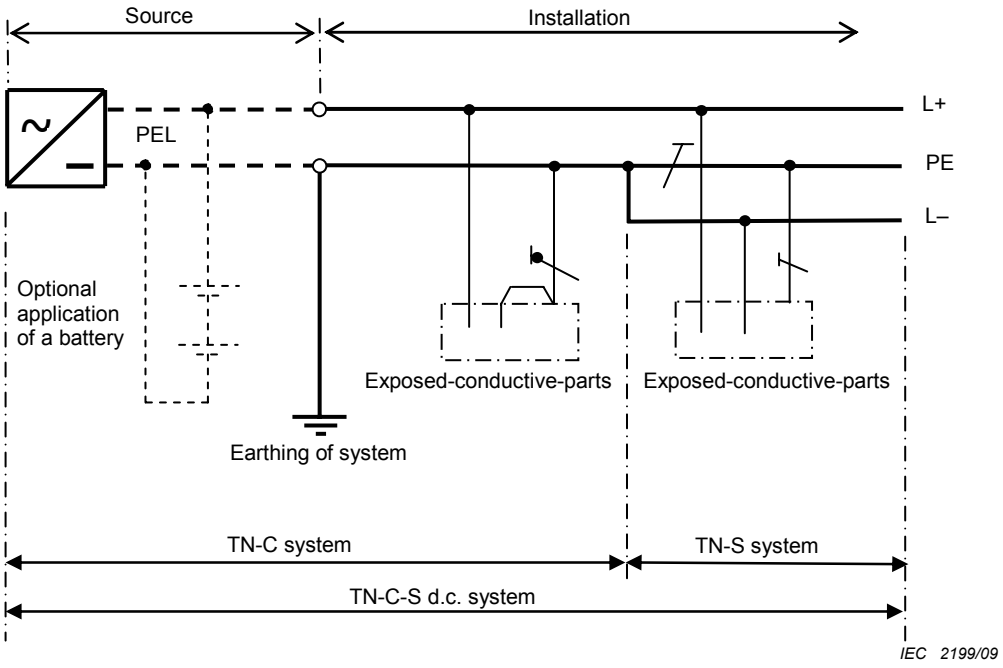
Figure E.15 – TN-C d.c. system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.4.1.3 TN-C-S-system

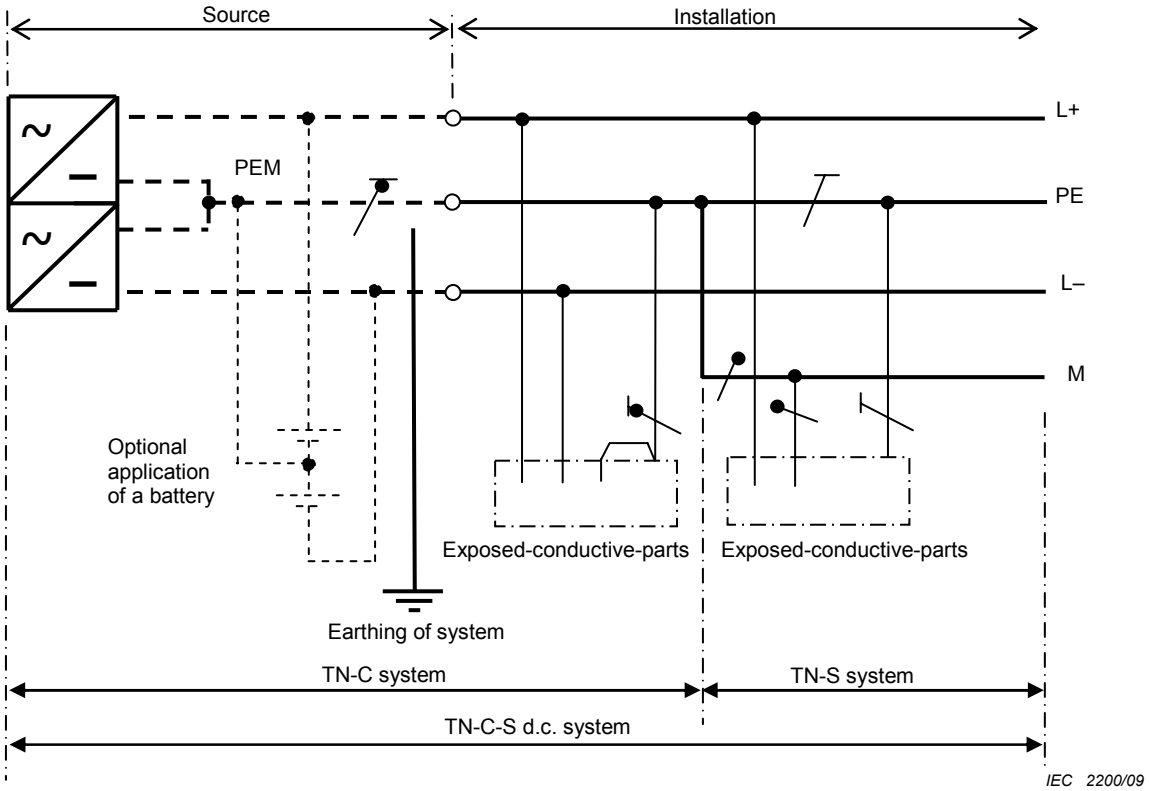
The functions of the earthed line conductor for example L– in type a) and of the protective conductor are combined in one single conductor PEL in a part of the installation, or the earthed mid-wire conductor M in type b) and the protective conductor are combined in one single conductor PEM in a part of the installation.

Type a)



NOTE 1 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Type b)



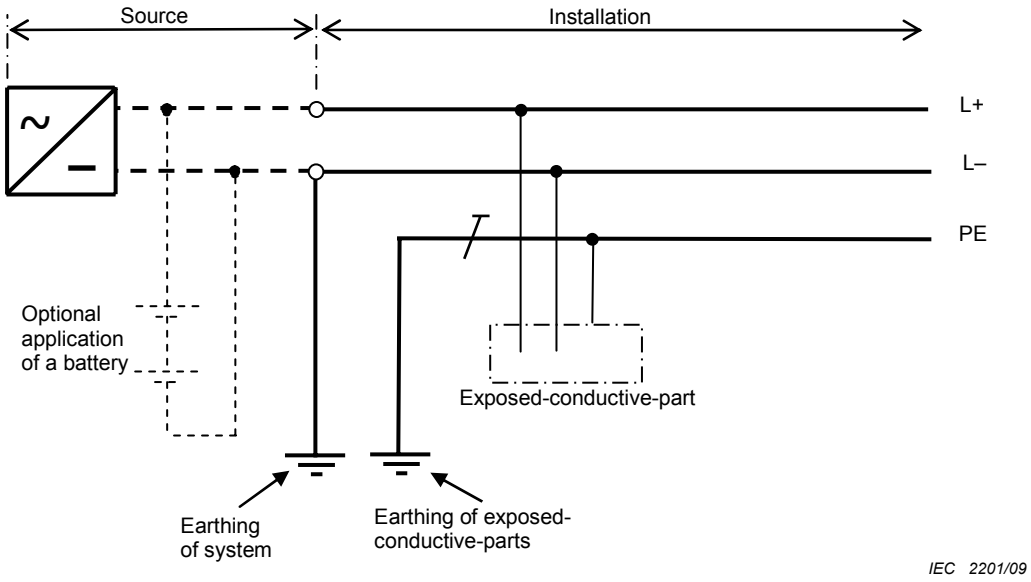
NOTE 2 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.16 – TN-C-S d.c. system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

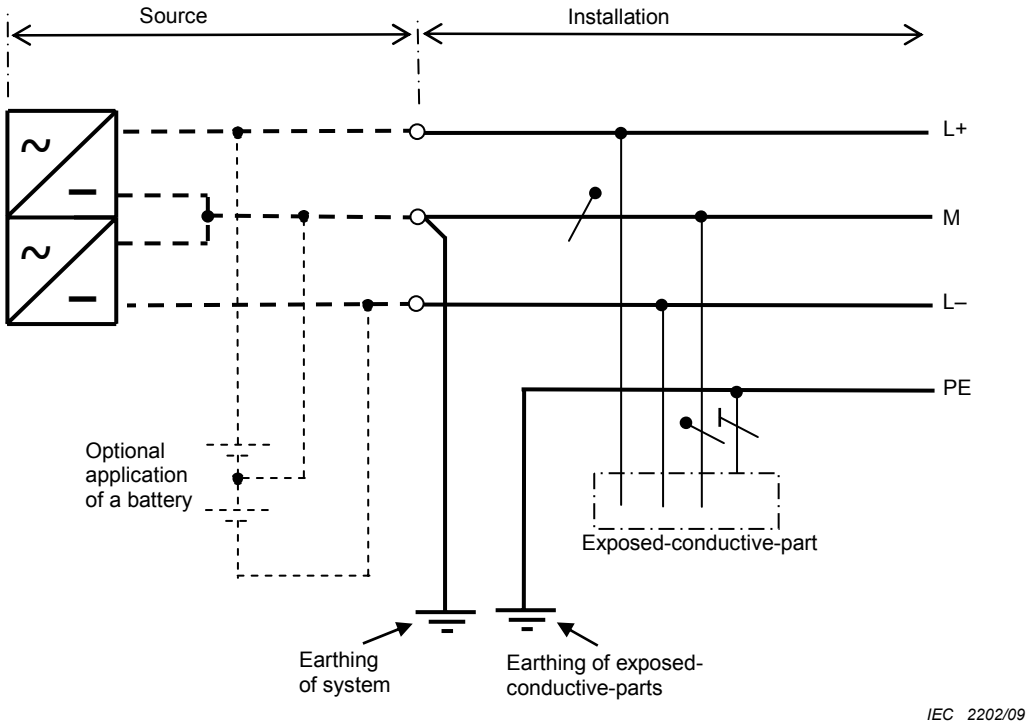
E.4.1.4 TT-system

Type a)



NOTE 1 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Type b)



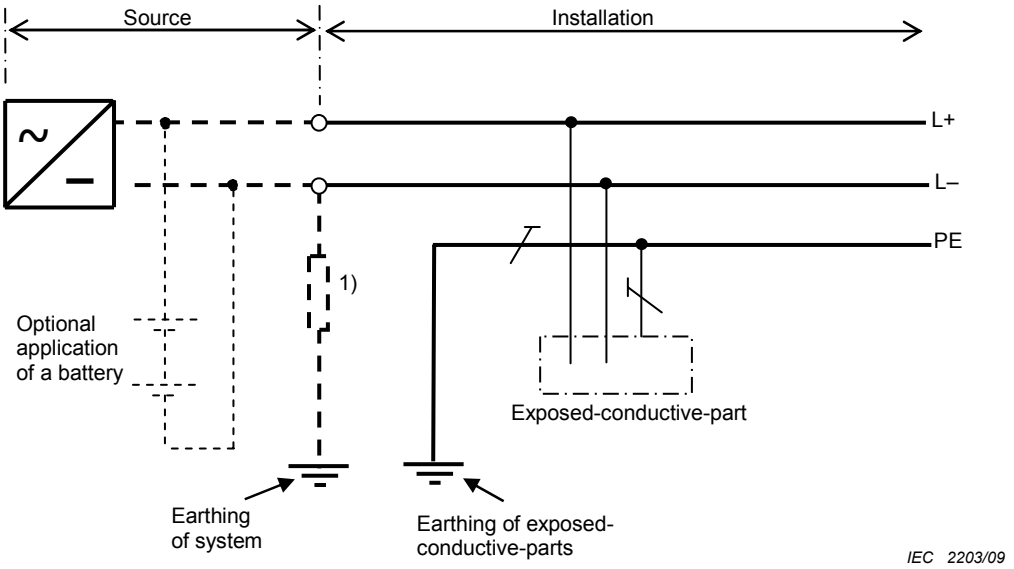
NOTE 2 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.17 – TT d.c. system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.4.1.5 IT-system

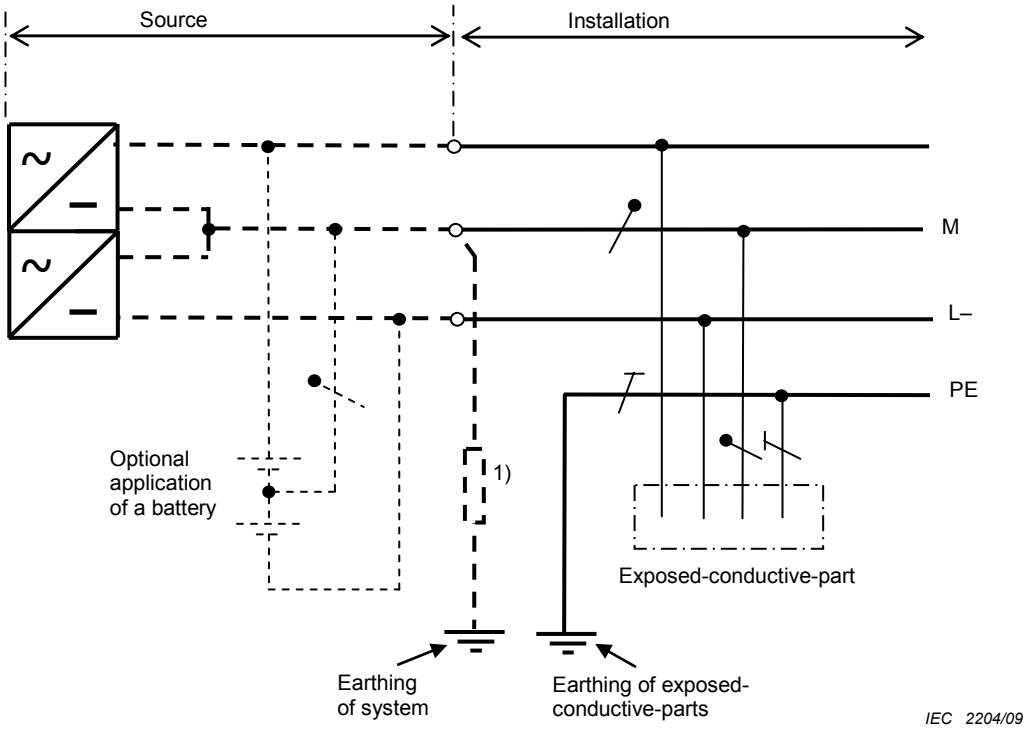
Type a)



1) The system may be connected to earth via a sufficiently high impedance.

NOTE 1 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Type b)



1) The system may be connected to earth via a sufficiently high impedance.

NOTE 2 Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure E.18 – IT d.c. system

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliography

IEC 60034-1:2004, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60050-191 *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050-195 *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-441: *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-442: *International Electrotechnical Vocabulary – Part 442: Electrical accessories*

IEC 60050-826: *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*

IEC 60072 series *Dimensions and output series for rotating electrical machines*

IEC 60204-1: *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-32: *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 32: Requirements for hoisting machines*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets, and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60364 (all parts): *Low-voltage electrical installations*

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

IEC 60364-5-54:2002: *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60439-1:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60909 (all parts): *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems*

IEC 60947-2:2006, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-3:2008, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors, and fuse combination units*

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

IEC 60947-5-2: *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*

IEC 61558-2-16: 2009, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for transformers for switch mode power supplies*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC/TR 61000-5-2: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61000-6-1: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61082-1:2006, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: Rules*

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

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

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

IEC 61310-3:2007, *Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 3: Requirements for the location and operation of actuators*

IEC 61326 (all parts): *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements*

IEC 61346 (all parts): *Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations*

IEC 61439-1:2009, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – part 1: General rules*

IEC 61496-1: *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-16:2009, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for transformers for switch mode power supplies*

IEC 61800-3: *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods*

IEC 61984:2008, *Connectors – Safety requirements and tests*

IEC 62046:2008, *Safety of machinery – Application of protective equipment to detect the presence of persons*

IEC/TR 62513: *Safety of machinery – Guidelines for the use of communication systems in safety-related applications*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISO 3864-1:2002, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 12100-1:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 13850:2006, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

ISO 14122: (all parts) *Safety of machinery – Permanent means of access to machinery*

CENELEC HD 516 S2: *Guide to use of low-voltage harmonized cables*

SEMI S1: *Safety guideline for equipment safety labels*

———————

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 132
INTRODUCTION 134
1 Domaine d'application 135
2 Références normatives 136
3 Termes et définitions 137
4 Exigences générales 147
4.1 Considérations générales 147
4.2 Choix des équipements électriques 148
4.3 Alimentation électrique 148
4.3.1 Généralités 148
4.4 Environnement physique et conditions de fonctionnement 149
4.4.1 Généralités 149
4.4.2 Agents de pollution 149
4.4.3 Rayonnements ionisants et non ionisants 149
4.4.4 Vibrations, chocs et coups 149
4.5 Transport et stockage 149
4.6 Précautions pour la manutention 150
4.7 Installation 150
5 Bornes des conducteurs d'alimentation et appareils de sectionnement et de coupure 150
5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation 150
5.1.1 Généralités 150
5.1.2 Terminaisons des conducteurs d'alimentation 150
5.1.3 Conducteur neutre 150
5.1.4 Identification des bornes 150
5.2 Borne pour le raccordement à l'installation de protection externe 151
5.3 Appareil de sectionnement de l'alimentation 151
5.3.1 Généralités 151
5.3.2 Type 151
5.3.3 Exigences 152
5.3.4 Organes de manœuvre 152
5.3.5 Montage de l'appareil de sectionnement de l'alimentation 152
5.3.6 Verrouillage de la porte de l'appareil de sectionnement de l'alimentation 153
5.3.7 Sectionnement des ASI 153
5.4 Appareils de sectionnement supplémentaires 153
5.5 Protection contre une fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur de l'ensemble fiche-prise 154
6 Protection contre les chocs électriques 154
6.1 Généralités 154
6.2 Protection contre les contacts directs 154
6.2.1 Généralités 154
6.2.2 Protection au moyen d'enveloppes 155
6.2.3 Protection par isolation des parties actives 155
6.2.4 Protection contre les tensions résiduelles 155
6.3 Protection contre les contacts indirects 156
6.3.1 Généralités 156
6.3.2 Prévention contre l'apparition d'une tension de contact 156

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.3.3 Protection par coupure automatique de l'alimentation 157
6.4 Protection par l'utilisation de la TBTP 158
6.4.1 Exigences générales 158
6.4.2 Sources pour TBTP 158
6.4.3 Conception pour limiter les risques des travaux sous tension 159
6.5 Protection des personnes qualifiées et averties contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses 159
6.5.1 Généralités 159
6.5.2 Obstacles 159
6.5.3 Orifices de passage de sonde 159
7 Protection de l'équipement 160
7.1 Généralités 160
7.2 Protection contre les surintensités 160
7.2.1 Généralités 160
7.2.2 Conducteurs d'alimentation 160
7.2.3 Protection du conducteur neutre 160
7.2.4 Socles et conducteurs associés 160
7.2.5 Circuits d'éclairage 161
7.2.6 Transformateurs 161
7.2.7 Emplacement des dispositifs de protection contre les surintensités 161
7.2.8 Dispositifs de protection contre les surintensités 161
7.2.9 Caractéristiques assignées et réglage des dispositifs de protection contre les surintensités 162
7.3 Protection des moteurs contre les échauffements anormaux 163
7.3.1 Généralités 163
7.3.2 Protection contre les surcharges 163
7.3.3 Protection contre les températures excessives 164
7.4 Protection contre la survitesse des moteurs 164
7.5 Protection contre les températures anormales 164
7.6 Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son rétablissement ultérieur 165
7.7 Protection contre les défauts à la terre et les courants résiduels 165
7.8 Protection de l'ordre des phases 165
7.9 Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou surtensions de manœuvre 165
7.10 Condensateurs électrolytiques 165
8 Liaison équipotentielle 166
8.1 Généralités 166
8.2 Circuit de protection 168
8.2.1 Généralités 168
8.2.2 Conducteurs de protection 169
8.2.3 Continuité du circuit de protection 169
8.2.4 Exclusion des appareils de connexion du circuit de protection 170
8.2.5 Points de raccordement du conducteur de protection 170
8.2.6 Machines mobiles 170
8.2.7 Limitation du courant de fuite sur les équipements raccordés par câble et fiche 171
8.3 Liaison fonctionnelle 171
8.4 Mesures pour limiter les effets d'un courant de fuite élevé 171

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9 Circuits de commande, circuits de coupure d'urgence et circuits de verrouillage de protection 171
9.1 Circuits de commande 171
9.1.1 Alimentation du circuit de commande 171
9.1.2 Circuits en courant continu dérivé d'une source alternative 171
9.1.3 Fonctions marche 172
9.1.4 Fonctions arrêt 172
9.1.5 Modes de marche 172
9.1.6 Postes de commande multiples 172
9.2 Coupure d'urgence (EMO) 173
9.2.1 Généralités 173
9.2.2 Circuits à mettre hors tension 173
9.2.3 Exigences pour les circuits de coupure d'urgence 173
9.3 Manœuvres autres que la coupure d'urgence 173
9.3.1 Généralités 173
9.3.2 Marche 174
9.3.3 Arrêt 174
9.3.4 Autres fonctions de commande 174
9.3.5 Commande sans fil 175
9.4 Verrouillages de protection 175
9.4.1 Généralités 175
9.4.2 Conception du circuit de verrouillage de protection 176
9.5 Neutralisation provisoire des fonctions de sécurité et/ou des mesures de protection 177
10 Interfaces opérateur 178
10.1 Généralités 178
10.1.1 Exigences générales pour les appareils 178
10.1.2 Emplacement et montage 178
10.1.3 Degrés de protection 178
10.1.4 Postes de commande portables et pendants 178
10.2 Boutons-poussoirs 179
10.2.1 Couleurs 179
10.2.2 Marquages 180
10.3 Voyants lumineux de signalisation 180
10.3.1 Généralités 180
10.3.2 Couleurs 181
10.3.3 Voyants lumineux et dispositifs d'affichage clignotants 181
10.4 Boutons-poussoirs lumineux 181
10.5 Appareils de commande rotatifs 182
10.6 Appareils de mise en marche 182
10.7 Appareils de coupure d'urgence 182
10.8 Appareils d'arrêt d'urgence 182
10.9 Dispositif de commande de validation 182
11 Appareillage de commande: emplacement, montage et enveloppes 183
11.1 Exigences générales 183
11.2 Emplacement et montage 183
11.2.1 Accessibilité et maintenance 183
11.2.2 Séparation physique et groupage 184
11.2.3 Effets de la chaleur 184

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.3 Degrés de protection 184
11.4 Enveloppes pour équipement électrique 185
11.4.1 Généralités 185
11.4.2 Fermetures 185
11.4.3 Fenêtres 185
11.4.4 Portes 185
11.4.5 Ouvertures 185
11.4.6 Températures de surface élevées 185
11.4.7 Confinement de matériaux en fusion ou d'isolants en combustion 185
11.4.8 Enveloppes dans lesquelles il est possible de pénétrer complètement 186
11.4.9 Distance pour l'accès à l'équipement électrique 186
12 Conducteurs et câbles 187
12.1 Exigences générales 187
12.2 Isolation 188
12.2.1 Généralités 188
12.2.2 Propagation du feu et émission de fumées 188
12.2.3 Cartes de circuits imprimés 188
12.3 Courant admissible 188
12.4 Chute de tension dans les câbles et conducteurs 189
12.5 Câbles souples 189
12.5.1 Généralités 189
12.5.2 Câbles souples à l'intérieur des enveloppes ou des canalisations 189
12.5.3 Caractéristique mécanique du système de manœuvre du câble 189
13 Pratiques du câblage 190
13.1 Raccordement et cheminement 190
13.1.1 Exigences générales 190
13.1.2 Cheminement des conducteurs et des câbles 191
13.1.3 Conducteurs appartenant à des circuits différents 191
13.1.4 Conducteurs inférieurs à 50 mm^2 191
13.1.5 Exposition à la température des conducteurs 191
13.1.6 Températures aux bornes 191
13.2 Ensembles à plusieurs prises 191
13.3 Ensembles fiche-prise 192
13.4 Identification des conducteurs 192
13.4.1 Exigences générales 192
13.4.2 Identification du conducteur de protection 192
13.4.3 Identification du conducteur neutre par la couleur 193
13.4.4 Identification par la couleur 193
13.4.5 Câblage à l'intérieur des enveloppes 193
13.5 Câblage à l'extérieur des enveloppes 194
13.5.1 Exigences générales 194
13.5.2 Ensembles fiche-prise à l'extérieur des enveloppes électriques 194
13.5.3 Câbles et conducteurs à l'extérieur des enveloppes électriques 195
13.5.4 Canalisations 195
13.5.5 Postes de commande pendants 195
13.5.6 Dispositif d'arrêt de traction 195
13.5.7 Protection des câbles souples 195
13.5.8 Distances d'isolement entre les câbles et les parties mobiles 195

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.5.9 Distances d'isolement entre les conduits souples et les parties mobiles 196
13.5.10 Interconnexion de l'équipement électrique 196
13.5.11 Démontage pour le transport 196
13.6 Canalisations, boîtes de raccordement et autres boîtiers 196
13.6.1 Généralités 196
13.6.2 Systèmes de goulottes 197
13.6.3 Compartiments de l'équipement de fabrication et systèmes de goulottes 197
13.6.4 Boîtes de raccordement et autres boîtiers 197
14 Moteurs électriques et équipements associés 197
14.1 Exigences générales 197
14.2 Moteurs installés à distance 198
14.3 Dimensions des moteurs 198
14.4 Montage des moteurs et compartiments moteurs 198
15 Accessoires et éclairage 198
15.1 Accessoires 198
15.2 Eclairage local de l'équipement de fabrication 199
15.2.1 Généralités 199
15.2.2 Alimentation 199
15.2.3 Protection 199
15.2.4 Accessoires 199
16 Marquages, signaux d'avertissement et désignations de référence 200
16.1 Généralités 200
16.2 Signaux d'avertissement de danger de choc électrique 200
16.3 Identification fonctionnelle 200
16.4 Plaque signalétique de l'équipement 200
16.5 Désignations de référence 201
17 Documentation technique 201
17.1 Généralités 201
17.2 Informations à fournir 201
17.3 Exigences applicables à toute documentation 202
17.4 Documents d'installation 202
17.4.1 Généralités 202
17.4.2 Câbles d'alimentation 202
17.4.3 Dispositifs de protection contre les surintensités 202
17.4.4 Canalisations, chemins de câbles ou supports de câbles 202
17.4.5 Schémas 203
17.5 Schémas d'ensemble et schémas fonctionnels 203
17.6 Schémas des circuits 203
17.7 Documentation relative au fonctionnement 204
17.8 Documentation relative à la maintenance 204
17.8.1 Généralités 204
17.8.2 Identification des pièces de rechange 204
18 Essais 204
18.1 Généralités 204
18.1.1 Programme d'essais 204
18.1.2 Conditions d'essai 204
18.2 Essai de continuité de terre et de continuité du circuit de protection 205

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.2.1 Généralités 205
18.2.2 Matériels d'essai 205
18.2.3 Procédure 1 205
18.2.4 Procédure 2 206
18.2.5 Résultats acceptables 206
18.3 Essai de courant de fuite des équipements électriques raccordés par câble et fiche 206
18.3.1 Application 206
18.3.2 Matériels d'essai 206
18.3.3 Procédure 206
18.3.4 Résultats acceptables 206
18.4 Essai diélectrique 207
18.4.1 Matériels d'essai 207
18.4.2 Procédure 207
18.4.3 Résultats acceptables 207
18.5 Essai du dispositif d'arrêt de traction 207
18.5.1 Généralités 207
18.5.2 Matériels d'essai 207
18.5.3 Procédure 1 207
18.5.4 Résultats acceptables pour la procédure 1 208
18.5.5 Procédure 2 208
18.5.6 Résultats acceptables pour la procédure 2 208
18.6 Essai de court-circuit de sortie de l'alimentation 208
18.6.1 Matériel d'essai 208
18.6.2 Procédure 208
18.6.3 Résultats acceptables 208
18.7 Essai fonctionnel du circuit de verrouillage de protection 208
18.7.1 Procédure 208
18.7.2 Résultats acceptables 208
18.8 Essai de décharge d'énergie accumulée dans un condensateur (voir 6.2.4) 209
18.8.1 Matériels d'essai 209
18.8.2 Procédure 209
18.8.3 Résultats acceptables 209
18.9 Essai en température 209
18.9.1 Matériels d'essai 209
18.9.2 Procédure 209
18.9.3 Résultats acceptables 209
18.10 Essai de résistance des enveloppes électriques; essai de force constante de 30 N 210
18.10.1 Généralités 210
18.10.2 Matériels d'essai 210
18.10.3 Procédure 210
18.10.4 Résultats acceptables 210
18.11 Essai de résistance des enveloppes électriques; essai de force constante de 250 N 211
18.11.1 Généralités 211
18.11.2 Matériel d'essai 211
18.11.3 Procédure 211
18.11.4 Résultats acceptables 211
18.12 Calibres d'accessibilité 211

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.12.1 Généralités 211
18.12.2 Matériels d'essai 211
18.12.3 Procédure 211
18.12.4 Résultats acceptables 211
18.13 Essai de flexion du conducteur 211
18.14 Essais de résistance d'isolement 212
18.15 Essai fonctionnel de coupure d'urgence 212
18.15.1 Généralités 212
18.15.2 Activation 212
18.15.3 Réinitialisation du bouton de coupure d'urgence 212
18.15.4 Réinitialisation du circuit de coupure d'urgence 212
18.16 Essai de courant d'entrée 212
18.16.1 Matériel d'essai 212
18.16.2 Procédure 212
18.16.3 Résultats acceptables 212
18.17 Autres essais de circuits de sécurité 213
18.18 Essai température moteur 213
18.18.1 Application 213
18.18.2 Matériel d'essai 213
18.18.3 Procédure 213
18.18.4 Résultats acceptables 213
Annexe A (normative) Protection principale contre les contacts indirects dans les schémas TN (Dérivée de la CEI 60364-4-41:2005 et de la CEI 60364-6-61:2001) 214
Annexe B (normative) Protection contre les contacts indirects dans les schémas TT (dérivé de la CEI 60364-4-41:2005 et de la CEI 60364-6:2006) 218
Annexe C (normative) Courant admissible, distances d'isolement et lignes de fuite 220
Annexe D (normative) Calibres d'accessibilité normalisés 227
Annexe E (informative) Types de schémas de mise à la terre (dérivé de la CEI 60364-1:2005) 229
Bibliographie 245

Figure 1 – Exemple de liaisons équipotentielles pour l'équipement électrique 167
Figure 2 – Distance pour l'accès sur le devant des enveloppes 187
Figure A.1 – Configuration typique pour la mesure de l'impédance de boucle de défaut 217
Figure D.1 – Doigt d'essai rigide 227
Figure D.2 – Doigt d'essai articulé 228
Figure E.1 – Schéma TN-S avec conducteur de neutre séparé et conducteur de protection dans tout le réseau 230
Figure E.2 – Schéma TN-S avec conducteur de ligne mis à la terre séparé et conducteur de protection dans tout le réseau 231
Figure E.3 – Schéma TN-S avec conducteur de protection mis à la terre et conducteur de neutre non distribué dans tout le réseau 231
Figure E.4 – Schéma TN-C-S triphasé, 4 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N ailleurs dans l'installation 232
Figure E.5 – Schéma TN-C-S triphasé, 4 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N au point d'entrée de l'installation 233
Figure E.6 – Schéma TN-C-S monophasé, 2 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N au point d'entrée de l'installation 233

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure E.7 – Schéma TN-C avec fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre combinées dans un conducteur unique dans tout le réseau 234
Figure E.8 – Schéma TN-C-S disposant de plusieurs alimentations avec conducteur de protection et conducteur de neutre séparés de l'équipement absorbant le courant..... 235
Figure E.9 – Schéma TN disposant de plusieurs alimentations avec conducteur de protection et sans conducteur de neutre dans tout le réseau pour charges biphasées et triphasées 236
Figure E.10 – Schéma TT avec conducteur de protection et conducteur de neutre séparés dans toute l'installation..... 237
Figure E.11 – Schéma TT avec conducteur de protection mis à la terre et conducteur de neutre non distribué dans toute l'installation 237
Figure E.12 – Schéma IT avec toutes les masses interconnectées par un conducteur de protection collectivement mis à la terre..... 238
Figure E.13 – Schéma IT avec toutes les masses mises à la terre indépendamment ou collectivement 239
Figure E.14 – Schéma TN-S en courant continu 240
Figure E.15 – Schéma TN-C en courant continu 241
Figure E.16 – Schéma TN-C-S en courant continu..... 242
Figure E.17 – Schéma TT en courant continu 243
Figure E.18 – Schéma IT en courant continu 244

Tableau 1 – Protection des transformateurs dépourvus de protection thermique 163
Tableau 2 – Protection des transformateurs munis de protection thermique 163
Tableau 3 – Code de couleurs pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification..... 179
Tableau 4 – Symboles pour boutons-poussoirs..... 180
Tableau 5 – Couleurs des voyants lumineux de signalisation et leur signification suivant la condition de l'équipement de fabrication 181
Tableau 6 – Température acceptable pour les parties de l'équipement électrique..... 210
Tableau A.1 – Temps de coupure maximal en schémas TN 214
Tableau B.1 – Temps de coupure maximaux 219
Tableau C.1 – Courant admissible pour conducteurs AWG 30 à 4, température ambiante de 30 ˚C..... 220
Tableau C.2 – Courant admissible pour conducteurs de 25 mm^2 à 600 kcmil, température ambiante de 30 ˚C 221
Tableau C.3 – Courant admissible réduit (d'après les Tableaux C.1 et C.2) pour les conducteurs de 0,050 mm^2 à 4,00 mm^2..... 222
Tableau C.4 – Facteurs de correction de température ambiante..... 222
Tableau C.5 – Dimensions des jeux de barres non isolés 223
Tableau C.6 – Lignes de fuite et distances d'isolement dans une salle blanche de classe 1 000 ou inférieure 224
Tableau C.7 – Lignes de fuite des cartes de circuits imprimés (CI) 225
Tableau C.8 – Lignes de fuite et distances d'isolement dans une salle blanche de classe supérieure à 1 000 226

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES –

Partie 33: Exigences pour les équipements de fabrication des semi-conducteurs

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60204-33 a été établie par le comité d'études 44 de la CEI: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
44/602/FDIS	44/607/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60204, présentées sous le titre général *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

Dans certains pays, les différences suivantes existent:

4.3.1: Les caractéristiques de tension de l'électricité fournie par les réseaux publics de distribution en Europe sont données dans l'EN 50160:1999, Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution.

5.1.3: Exception non permise (USA).

5.1.3: Les schémas TN-C ne sont pas admis dans les installations à basse tension dans les bâtiments (Norvège)

5.2: Les bornes pour le raccordement des conducteurs de mise à la terre de protection peuvent être identifiées par la couleur verte, les lettres “G” ou “GR”, “GRD” ou “GND”, ou les mots “ground” ou "grounding", ou par le symbole graphique CEI 60417-5019 (2006-08) ou toute combinaison (USA).

6.3.3: Les schémas TT sont préférés aux schémas TN (Japon).

6.3.3 b), 13.4.5 b), 18.2.1: Les schémas TT de puissance ne sont pas autorisés (USA).

7.2.3: La coupure du conducteur neutre est obligatoire en schéma TN-S (France et Norvège).

7.2.3: Troisième alinéa: la distribution d'un conducteur neutre dans un schéma IT n'est pas autorisée (USA et Norvège).

13.4.2: 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).

13.4.3: La couleur BLANCHE ou GRISE est utilisée pour repérer les conducteurs neutres mis à la terre au lieu du BLEU (USA et Canada).

15.2.2: Premier alinéa: Valeur maximale entre conducteurs 150 V (USA).

15.2.2: Deuxième alinéa, 5e tiret: La caractéristique de courant en pleine charge des circuits d'éclairage ne dépasse pas 15 A (USA).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

La CEI 60204-33 a été créée afin de refléter les besoins propres à la sécurité électrique dans l'environnement de fabrication des semi-conducteurs. Cela inclut l'environnement spécifique que constitue la salle blanche, dans lequel les semi-conducteurs sont fabriqués, ainsi que la nature spécifique des équipements de fabrication des semi-conducteurs eux-mêmes. La CEI 60204-33 assure un niveau de sécurité cohérent avec la CEI 60204-1, tout en permettant toujours la flexibilité nécessaire dans la conception et le fonctionnement des équipements de fabrication des semi-conducteurs. Elle a été rédigée pour satisfaire aux besoins de la sécurité électrique de l'industrie des semi-conducteurs.

La présente norme n'est pas destinée à traiter les aspects fonctionnels des équipements de fabrication des semi-conducteurs n'ayant pas de relation directe avec la sécurité.

Note concernant SEMI : SEMI is the global industry association serving the manufacturing supply chains for the microelectronic, display and photovoltaic industries. SEMI maintains offices in Austin, Beijing, Brussels, Hsinchu, Moscow, San Jose, Seoul, Shanghai, Singapore, Tokyo, and Washington, D.C. The SEMI Standards Program, established in 1973, covers all aspects of semiconductor process equipment and materials, from wafer manufacturing to test, assembly and packaging, in addition to the manufacture of flat panel displays, photovoltaic systems and micro-electromechanical systems (MEMS). More than 2,100 volunteers worldwide participate in the program, which is made up of 19 global technical committees. Visit **www.semi.org/standards** for further details about SEMI Standards. Some information contained in this document was derived from SEMI S22 and S2. Republished with permission from Semiconductor Equipment and Materials International, Inc. (SEMI) © 2009

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES –

Partie 33: Exigences pour les équipements de fabrication des semi-conducteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60204 s'applique aux équipements électriques et électroniques associés aux équipements de fabrication des semi-conducteurs pour la fabrication, les mesures, l'assemblage et les essais des semi-conducteurs.

NOTE 1 Dans la présente norme, le terme électrique signifie électrique, électronique et électronique programmable (c'est-à-dire qu'un équipement électrique signifie un équipement électrique, électronique et électronique programmable).

NOTE 2 Dans le cadre de la présente norme, le terme personne s'applique à n'importe quel individu et indique les personnes désignées et averties par l'utilisateur ou son ou ses agents pour l'installation, l'utilisation ou la maintenance de l'équipement de fabrication concerné.

L'équipement électrique couvert par la présente norme commence au point de connexion de l'alimentation à l'équipement électrique (voir 5.1) et comprend des instructions adaptées à son installation en toute sécurité.

NOTE 3 Pour les exigences concernant l'installation de l'alimentation électrique dans les bâtiments, voir la série CEI 60364.

La présente partie s'applique aux équipements ou parties d'équipement électrique qui sont alimentés sous une tension d'alimentation nominale n'excédant pas 1 000 V en courant alternatif (c.a.) ou 1 500 V en courant continu (c.c.) et pour des fréquences nominales d'alimentation n'excédant pas 200 Hz. Pour des tensions ou des fréquences supérieures, des exigences particulières peuvent être nécessaires.

NOTE 4 Les équipements électriques dans lesquels les tensions dérivées dépassent ces limites de tension d'alimentation entrent dans le domaine d'application de la présente norme.

Sont incluses les exigences pour les mesures de protection contre les dangers liés à la sécurité électrique ainsi que pour les circuits de verrouillage électrique qui protègent contre les dangers non électriques. Néanmoins, cette partie ne couvre pas toutes les exigences qui sont nécessaires ou exigées par d'autres normes ou réglementations destinées à protéger les personnes de dangers autres que les dangers électriques (par exemple les dangers chimiques, les dangers mécaniques, les dangers dus aux rayonnements). Chaque type de machine a des exigences propres qu'il faut prendre en compte pour fournir la sécurité appropriée.

Des exigences complémentaires et spécifiques peuvent s'appliquer aux matériels électriques des équipements de fabrication qui:

– utilisent, traitent ou produisent des matériaux potentiellement explosifs;
– sont utilisés dans des atmosphères potentiellement explosives et/ou inflammables;
– présentent des risques particuliers lors de la fabrication ou de l'utilisation de certains matériaux;
– sont des appareils de levage (couverts par la CEI 60204-32).

La présente norme ne comprend pas de spécifications concernant les performances ou les caractéristiques de fonctionnement de l'équipement de fabrication.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La présente norme ne traite pas des effets possibles sur la santé humaine des émissions (par exemple forces électromotrices, bruit) provenant de l'équipement de fabrication.

La présente norme ne spécifie aucune exigence relative à la compatibilité électromagnétique (CEM).

2 Références normatives

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

CEI 60034-11:2004, *Machines électriques tournantes – Partie 11: Protection thermique*

CEI 60038: *Tensions normales de la CEI*

CEI 60073:2002, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-43:2008, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

CEI 60364-6:2006, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and conductor terminations* (disponible en anglais seulement)

CEI 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or alphanumerics* (disponible en anglais seulement)

CEI 60447:2004, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de manœuvre*

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

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 60695-11-10:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

CEI 60950-1:2005, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61010-1:2001, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

CEI 61310 (toutes les parties): *Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 1: Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles*

CEI 61310-1:2007, *Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 1: Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles*

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité*

CEI 61557-3:2007, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 3: Impédance de boucle*

CEI 61558-1:2005, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61558-2-6:2009, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-6: Règles particulières et essais pour les transformateurs de sécurité et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de sécurité*

CEI 61800-5-1:2007, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité – Electrique, thermique et énergétique*

CEI 62061:2005, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité*

ISO 12100-2:2003, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 2: Principes techniques*

ISO 13849 (toutes les parties): *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

ISO 13849-1:2006, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

ISO 13851:2002, *Sécurité des machines – Dispositifs de commande bimanuelle – Aspects fonctionnels et principes de conception*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1
organe de commande
partie d'un appareil sur laquelle une action manuelle externe est appliquée

NOTE 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.

NOTE 2 Certains organes n'exigent pas d'effort extérieur, mais seulement une action.

NOTE 3 Voir aussi 3.40.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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
connecteur (d'appareil d'utilisation)
ensemble permettant la connexion et la déconnexion, à volonté, d'un câble souple à un appareil d'utilisation ou à d'autres matériels électriques et se composant d'une prise mobile et d'un socle de connecteur

NOTE 1 Un socle de connecteur intégré dans un appareil d'utilisation ou dans un matériel électrique est un socle de connecteur dont le fond et les parois sont constitués par l'enveloppe de l'appareil d'utilisation ou du matériel électrique.

NOTE 2 Un socle de connecteur incorporé dans un appareil d'utilisation ou un matériel électrique est un socle de connecteur séparé destiné à être encastré dans ou fixé sur un appareil d'utilisation ou un matériel électrique.

3.4
coupure automatique
interruption d'un ou de plusieurs conducteurs de ligne provoquée par le fonctionnement automatique d'un dispositif de protection en cas de défaut

3.5
barrière de protection (électrique)
partie assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès

[VEI 826-03-13]

3.6
isolation principale
isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

[VEI 195-06-06]

3.7
chemin de câbles
support de câbles constitué d'une base continue avec des rebords, mais ne comportant pas de couvercle

NOTE Un chemin de câbles peut être perforé ou en treillis.

[VEI 826-06-08]

3.8
système de goulottes
ensemble d'enveloppes fermées, munies d'un fond avec un couvercle amovible et destiné à la protection complète des conducteurs isolés et des câbles et au logement d'autres matériels électriques

[VEI 826-06-04]

3.9
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)

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.10
conduit
élément d'un système de canalisation électrique fermé de section droite généralement circulaire, destiné à la mise en place par tirage et/ou au remplacement des conducteurs et/ou des câbles isolés, dans les installations électriques

NOTE Il convient que les conduits soient suffisamment fermés sur leur pourtour de façon que les conducteurs et/ou câbles isolés ne puissent être introduits que par tirage et non par insertion latérale.

[VEI 826-06-03]

3.11
appareil de commande
appareil raccordé au circuit de commande et servant à commander le fonctionnement de la machine (par exemple un capteur de position, un auxiliaire manuel de commande, un relais, un contacteur, un électrodistributeur)

3.12
appareillage de commande
appareils de connexion et leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi que les ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés à la commande des appareils utilisateurs d'énergie électrique

[VEI 441-11-03, modifiée]

3.13
arrêt contrôlé
arrêt du mouvement d'une machine en maintenant la puissance électrique aux actionneurs durant la procédure d'arrêt

3.14
matériel de classe II
matériel dont

- l'isolation principale est la mesure de protection principale, et
- l'isolation supplémentaire est la mesure de protection en cas de défaut

ou dont

- les protections principales et protections en cas de défaut sont assurées par une isolation renforcée

[CEI 61140, 7.3]

3.15
zone dangereuse
dans le cas des installations, des réseaux et des équipements à haute tension, zone limitée par une distance minimale autour des parties actives dangereuses ne présentant pas une protection complète contre les contacts directs

NOTE L'entrée dans la zone dangereuse est considérée comme équivalente au contact avec des parties actives dangereuses.

[CEI 61140, 3.35 modifiée]

3.16
contact direct
contact de personnes avec des parties actives

NOTE Pour les installations, les réseaux et les équipements à haute tension, l'entrée dans la zone dangereuse est considérée comme équivalente au contact avec des parties actives dangereuses.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.17
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, K.2.2]

3.18
double isolation
isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

3.19
canalisation
canal fermé destiné expressément au support et à la protection de conducteurs, de câbles et de barres électriques

NOTE Les conduits (voir 3.9), les systèmes de goulottes (voir 3.7) et les canaux enterrés sont des types de canalisations.

3.20
équipement électrique
matériel, accessoires, dispositifs, composants, appareils, fixations, instruments et autres utilisés comme une partie d'une installation électrique ou raccordés à l'équipement électrique des équipements de fabrication des semi-conducteurs

NOTE Voir aussi 3.27.

3.21
appareil d'arrêt d'urgence
appareil de commande manœuvré manuellement et utilisé pour initier une fonction d'arrêt d'urgence

[ISO 13850, 3.2]

3.22
coupure d'urgence
EMO, emergency off
fonction qui, une fois activée, mettra l'équipement de fabrication en condition d'arrêt de sécurité, sans générer de dangers supplémentaires

3.23
zone fermée de l'équipement 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

3.24
enveloppe électrique
partie assurant la protection d'un équipement contre certaines influences externes et une protection contre tout contact direct, dans toutes les directions

[VEI 826-03-12]

NOTE Cette définition, tirée du VEI existant, nécessite les explications suivantes dans le cadre de la présente norme:

a) Les enveloppes assurent la protection de personnes 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

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

considérés comme faisant partie de l'enveloppe, sauf s'ils peuvent être démontés sans l'aide d'une clé ou d'un outil.

c) 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.

3.25
liaison équipotentielle
mise en œuvre de liaisons électriques entre parties conductrices pour réaliser l'équipotentialité

[VEI 195-01-10]

3.26
masse
partie conductrice accessible
partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut

[VEI 826-03-02, modifiée]

3.27
élément conducteur étranger
partie conductrice, par exemple de l'équipement de fabrication, ne faisant pas partie de l'équipement électrique

3.28
équipement de fabrication
machine, équipement électrique associé, appareil, modules ou dispositifs de traitement, utilisés pour fabriquer, mesurer, assembler et soumettre aux essais les produits à semi-conducteurs mais ne comprenant aucun produit (par exemple, les substrats, les semi-conducteurs)

NOTE Voir aussi 3.20.

3.29
défaillance
cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

NOTE 1 Après défaillance d'une entité, cette entité est en état de panne.

NOTE 2 Une «défaillance» est un passage d'un état à un autre, par opposition à un «défaut», qui est un état.

[VEI 191-04-01, modifiée]

NOTE 3 En pratique, les termes «défaut» et «défaillance» sont souvent utilisés incorrectement comme synonymes.

3.30
défaut
état d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, à l'exclusion de son inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées, ou due à un manque de moyens extérieurs

NOTE 1 Un défaut est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais il peut exister sans défaillance préalable.

NOTE 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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.31
liaison fonctionnelle
liaison équipotentielle nécessaire au fonctionnement correct de l'équipement électrique

3.32
dommage
blessure physique ou atteinte à la santé

[ISO 12100-1, 3.5]

3.33
danger
source potentielle de blessures physiques ou d'atteinte à la santé

NOTE 1 Le terme « danger » peut être qualifié de manière à définir son origine (par exemple, danger mécanique, danger électrique) ou la nature du dommage potentiel (par exemple, risque de choc électrique, risque de coupure, risque d'intoxication, risque d'incendie).

NOTE 2 Le danger envisagé dans cette définition:

– ou bien est présent en permanence pendant l'utilisation normale de la machine (par exemple, déplacement d'éléments mobiles dangereux, arc électrique pendant une phase de soudage, mauvaise posture, émission de bruit, température élevée);

– ou bien peut apparaître de manière inattendue (par exemple: explosion, risque d'écrasement résultant d'une mise en marche intempestive/inattendue, projection résultant d'une rupture, chute résultant d'une accélération ou d'une décélération).

[ISO 12100-1, 3.6, modifiée]

3.34
puissance électrique dangereuse
niveaux de puissance supérieurs ou égaux à 240 VA

3.35
partie active dangereuse
partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[VEI 195-06-05]

NOTE Pour les besoins de la présente norme, les tensions supérieures à 30 V en valeur efficace, à 42,4 V en valeur de crête, ou à 60 V en courant continu, sont considérées comme pouvant présenter un choc électrique nuisible.

3.36
situation dangereuse
situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un danger. L'exposition peut entraîner un dommage, immédiatement ou à plus long terme

[ISO 12100-1, 3.9]

3.37
tension dangereuse
tension supérieure à 30 V en valeur efficace, à 42,4 V en valeur de crête, ou à 60 V en courant continu

3.38
contact indirect
contact de personnes avec des masses mises sous tension par suite d'un défaut d'isolement

[VEI 826-03-06, modifiée]

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.39
système d'alimentation par induction
système de transfert de puissance par induction comportant un dispositif convertisseur et un dispositif conducteur, le long desquels un ou plusieurs détecteur(s) ou convertisseur(s) détecteur(s) peuvent se déplacer, sans aucun contact galvanique ou mécanique, afin de transférer l'énergie électrique, par exemple à une machine mobile

NOTE Le dispositif conducteur et le détecteur sont analogues respectivement à un primaire et un secondaire d'un transformateur.

3.40
personne avertie (en électricité)
personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées en électricité pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[VEI 826-09-02, modifiée]

3.41
verrouillage
agencement de dispositifs fonctionnant ensemble, pour:

- empêcher des situations dangereuses; ou
- empêcher des dommages sur l'équipement ou le matériau, ou
- empêcher des fonctionnements spécifiés, ou
- assurer un fonctionnement correct

3.42
partie active
conducteur ou partie conductrice destiné(e) à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre mais, par convention, excepté le conducteur PEN

NOTE La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[VEI 826-03-01]

3.43
actionneur
mécanisme de puissance utilisé pour animer l'équipement de fabrication

NOTE Voir aussi 3.1.

3.44
machine
ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile, auxquels sont associés, selon les besoins, des actionneurs, des circuits de commande et de puissance, 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" désigne aussi un ensemble de machines qui, afin de concourir à un même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement

[ISO 12100-1, 3.1, modifiée]

NOTE Le terme "composant" est employé ici au sens général et il ne fait pas seulement référence aux composants électriques.

3.45
maintenance
activités destinées à maintenir l'équipement de fabrication en parfait état de fonctionnement

NOTE Voir aussi 3.60.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.46
marquage
signes ou inscriptions utilisés pour les besoins d'identification du matériel, des composants et/ou des appareils, lesquels peuvent concerner certaines caractéristiques de ceux-ci

3.47
conducteur neutre
N
dans un réseau triphasé connecté en étoile, conducteur relié au point commun et pouvant contribuer au transport de l'énergie électrique et, dans un réseau monophasé, conducteur connecté au côté étant couramment au même potentiel que la terre de protection

[VEI 826-01-03, modifiée]

NOTE Le point neutre est uniquement défini pour les réseaux en courant alternatif.

3.48
obstacle de protection (électrique)
élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à un contact direct par une action délibérée

[VEI 826-03-14]

3.49
opérateur
personne qui opère en interaction avec l'équipement de fabrication, afin qu'il assure sa fonction prévue

NOTE 1 Les fonctions de l'opérateur sont distinctes des fonctions de maintenance et de réparation.

NOTE 2 Le fonctionnement des fonctions de l'opérateur ne nécessite pas les connaissances ou les aptitudes d'une personne qualifiée ou avertie.

3.50
surintensité
tout courant supérieur à la valeur assignée

NOTE Pour les conducteurs, la valeur assignée est le courant admissible.

[VEI 826-05-06, modifiée]

3.51
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*.

3.52
ensemble fiche-prise
composant et composant adapté d'accouplement, approprié pour raccorder les conducteurs, destiné à la connexion et à la déconnexion de deux ou plusieurs conducteurs

NOTE Les ensembles fiche-prise comprennent par exemple:

- les prises mobiles qui satisfont aux exigences de la CEI 61984;
- une prise de courant, un prolongateur ou un connecteur conforme à la CEI 60309-1;
- une prise de courant conforme à la CEI 60884-1, ou un connecteur conforme à la CEI 60320-1.

3.53
liaison de protection
liaison équipotentielle destinée à la protection contre les chocs électriques

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Les mesures destinées à protéger contre les chocs électriques peuvent aussi réduire le risque de brûlure ou d'incendie.

3.54
circuit de protection
ensemble des conducteurs de protection et des parties conductrices raccordés ensemble afin d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut d'isolement

3.55
conducteur de protection
conducteur prescrit pour la liaison de protection dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- masses;
- éléments conducteurs étrangers;
- borne principale de terre (PE)

[VEI 826-04-05, modifiée]

NOTE "certaines mesures" comprennent par exemple la protection par coupure automatique de l'alimentation.

3.56
circuit de verrouillage de protection
type de circuit de sécurité dont la fonction est d'empêcher le fonctionnement des fonctions dangereuses dans des conditions spécifiées, et qui commence au point où les signaux relatifs à la sécurité sont générés et se termine au niveau des composants utilisés pour éliminer les dangers ou réduire les risques

3.57
facilement accessible
pouvant être atteint sans avoir à utiliser d'outils, de clés, d'échelles ou de plates-formes portables, ni à passer par-dessus ou à retirer des obstacles ou des barrières

3.58
désignation de référence
code distinct servant à identifier sans ambiguïté un élément dans la documentation et sur l'équipement électrique

3.59
isolation renforcée
isolation des parties actives dangereuses assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalant à celui d'une double isolation

NOTE L'isolation renforcée peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être soumises à essai séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

[VEI 195-06-09]

3.60
réparation
activités destinées à remettre en parfait état de fonctionnement un équipement de fabrication ayant subi une défaillance (voir aussi 3.45)

3.61
dispositif (de coupure) différentiel
dispositif (à courant) différentiel résiduel
DDR
dispositif mécanique de coupure destiné à établir, supporter et couper des courants dans les conditions normales et à provoquer l'ouverture des contacts quand le courant différentiel atteint, dans des conditions spécifiées, une valeur donnée

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 Un dispositif de coupure différentiel peut être une combinaison de divers éléments séparés conçus pour détecter et mesurer le courant différentiel et pour établir ou interrompre le courant.

NOTE 2 Un DDFT (disjoncteur-détecteur de fuites à la terre) est une sorte spécifique de DDR.

[VEI 442-05-02, modifiée]

3.62
risque
combinaison de la probabilité d'un dommage (c'est-à-dire une blessure physique ou une atteinte à la santé) et de la gravité de ce dommage

[ISO 12100-1, 3.11, modifiée]

3.63
moyen de protection
protecteur ou dispositif de protection mis en place comme mesure de sécurité pour protéger les personnes contre un danger

3.64
protection
mesures de prévention faisant appel à des moyens de protection pour préserver les personnes des dangers qui ne peuvent raisonnablement être éliminés, ou des risques qui ne peuvent être suffisamment réduits, par l'application de mesures de prévention intrinsèque

[ISO 12100-1, 3.20]

NOTE Les verrouillages de protection sont des exemples de protection.

3.65
circuit de sécurité
circuit réalisant une fonction de sécurité, qui est destiné à maintenir la condition de sécurité de l'équipement de fabrication ou à empêcher une augmentation des risques dans des conditions de premier défaut

NOTE Les circuits de sécurité comprennent les circuits de verrouillage de protection et les circuits de coupure d'urgence (EMO).

3.66
plancher de service
niveau sur lequel se trouvent les personnes intervenant pour le fonctionnement ou la maintenance de l'équipement électrique

3.67
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]

3.68
pouvoir de coupure en court-circuit de l'équipement électrique
courant d'entrée maximal issu de l'alimentation, résultant d'un défaut de court-circuit, que l'équipement peut supporter dans des conditions définies

NOTE 1 Cela nécessite une coordination appropriée des dispositifs de protection à l'intérieur de l'équipement telle que le pouvoir de coupure en court-circuit de tous les dispositifs de protection contre les surintensités dans l'équipement soit au moins égal au courant de défaut présumé à leurs points de raccordement à l'intérieur de l'équipement et qu'une protection adéquate soit fournie par ces dispositifs.

NOTE 2 Lorsqu'il existe plusieurs alimentations d'entrée pour l'équipement électrique (équipement de fabrication), les pouvoirs de coupure en court-circuit sont déterminés pour chacune de ses alimentations.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.69
personne qualifiée (en électricité)
personne ayant la formation, l'éducation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[VEI 826-09-01, modifiée]

3.70
isolation supplémentaire
isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en tant que protection en cas de défaut

[VEI 195-06-08]

3.71
fournisseur
entité (par exemple un fabricant, un maître d'œuvre, un installateur, un intégrateur) qui fournit l'équipement de fabrication, ses matériels associés ou ses services associés

NOTE L'organisation d'usagers peut aussi agir en tant que son propre fournisseur.

3.72
appareil de connexion
appareil destiné à établir et/ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

[VEI 441-14-01, modifiée]

NOTE Un appareil de connexion peut réaliser une de ces actions ou les deux.

3.73
tension de contact
tension entre les parties conductrices touchées simultanément par une personne

[VEI 195-05-11, modifiée]

3.74
arrêt non contrôlé
arrêt du mouvement d'une machine par suppression de la puissance aux actionneurs

NOTE Cette définition ne nécessite pas que les autres dispositifs d'arrêt soient dans un état particulier, par exemple les freins mécaniques ou hydrauliques.

3.75
alimentation sans interruption
ASI
source d'alimentation capable d'alimenter l'équipement électrique après l'interruption de l'alimentation provenant des installations

3.76
utilisateur
entité qui utilise l'équipement de fabrication et son matériel électrique associé

4 Exigences générales

4.1 Considérations générales

Les risques associés aux dangers relatifs à l'équipement électrique doivent être estimés comme un élément des exigences globales pour l'appréciation du risque de l'équipement de fabrication. Cela permettra de déterminer la réduction adéquate du risque et les mesures de

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

protection nécessaires pour les personnes pouvant être exposées à ces dangers tout en conservant un niveau de performance acceptable de l'équipement de fabrication.

Les situations dangereuses peuvent être dues, de façon non limitative, à:

- des défaillances ou des défauts de l'équipement électrique, conduisant à la possibilité de choc électrique ou de feu d'origine électrique;
- des défaillances ou des défauts dans les circuits de commande (ou les composants et appareils associés à ces circuits), conduisant à un dysfonctionnement de l'équipement de fabrication qui peut augmenter le risque;
- des perturbations ou des interruptions dans les sources d'alimentation ainsi que des défaillances ou des défauts dans l'équipement électrique, conduisant à un dysfonctionnement de l'équipement de fabrication qui peut augmenter le risque;
- une perte de continuité dans les circuits qui dépendent de contacts glissants ou rotatifs, conduisant à une défaillance d'une fonction de sécurité;
- des perturbations électriques (par exemple des perturbations électromagnétiques ou électrostatiques en provenance de l'extérieur de l'équipement électrique ou générées de façon interne, et conduisant à un dysfonctionnement de l'équipement de fabrication qui peut augmenter le risque);
- un relâchement d'énergie accumulée (électrique ou mécanique) conduisant, par exemple, à un choc électrique, un mouvement inattendu pouvant provoquer une blessure;
- des températures de surface pouvant provoquer des blessures.

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

Au cours du processus de conception et de développement, les dangers et les risques résultant de ceux-ci doivent être identifiés. Lorsque les dangers ne peuvent être éliminés et/ou que les risques ne peuvent être suffisamment réduits par l'application de mesures de prévention intrinsèque, des mesures de protection (par exemple la protection) doivent être fournies pour réduire le risque. Des dispositions complémentaires (par exemple des moyens de prise de conscience) doivent être fournies si une réduction du risque plus importante est nécessaire. De plus, des procédures de travail réduisant le risque peuvent être nécessaires.

4.2 Choix des équipements électriques

Les composants et appareils électriques qui sont utilisés comme partie d'un système relatif à la sécurité et ceux qui supportent des tensions dangereuses ou des puissances électriques dangereuses doivent convenir à l'usage auquel ils sont destinés, être utilisés selon les instructions de leur fournisseur, et

- être conformes aux normes correspondantes de la CEI, lorsqu'elles existent;
- en alternative, se conformer à une norme appropriée élaborée par un organisme national de normalisation et/ou satisfaire aux exigences de construction et d'essai du présent document, selon ce qui est approprié à l'application.

4.3 Alimentation électrique

4.3.1 Généralités

L'équipement électrique doit fonctionner correctement lorsqu'il est relié à son alimentation électrique spécifiée. Les spécifications relatives à l'alimentation doivent inclure les éléments suivants, s'il y a lieu:

- une tension d'alimentation alternative avec des tolérances positives et négatives;
- une tension d'alimentation continue avec des tolérances positives et négatives.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le terme "fonctionnement correct" dans ce contexte ne prend pas en compte la qualité du produit fabriqué.

Les interruptions de l'alimentation électrique des installations ne doivent pas entraîner de conditions dangereuses.

4.4 Environnement physique et conditions de fonctionnement

4.4.1 Généralités

L'équipement électrique doit convenir à l'utilisation dans l'environnement physique et les conditions de fonctionnement spécifiés par le fabricant de l'équipement de fabrication, y compris les paramètres environnementaux suivants:

- le domaine de températures de l'air ambiant;
- les limitations relatives à l'altitude de l'installation;
- l'humidité de l'installation de fonctionnement;
- l'environnement électromagnétique.

NOTE 1 Les normes CEM génériques telles que la CEI 61000-6-1 ou la CEI 61000-6-2 et la CEI 61000-6-3 ou la CEI 61000-6-4 donnent les limites générales d'émission et d'immunité en CEM.

NOTE 2 La CEI/TR 61000-5-2 donne les lignes directrices pour le câblage et la mise à la terre des systèmes électriques et électroniques en vue d'assurer la compatibilité électromagnétique (CEM). Si des normes de produits spécifiques ou des normes CEM de familles de produits existent (par exemple la CEI 61496-1, la CEI 61800-3, la CEI 60947-5-2, la série CEI 61326), elles prennent l'avantage sur les normes génériques.

4.4.2 Agents de pollution

L'équipement électrique doit être convenablement protégé contre la pénétration des corps solides et des liquides susceptibles d'être présents dans l'environnement dans lequel l'équipement électrique est destiné à être utilisé. L'équipement électrique doit être convenablement protégé contre les dégradations résultant d'expositions chimiques prévisibles ou être résistant à ces dégradations.

4.4.3 Rayonnements ionisants et non ionisants

Dans le cas où l'équipement électrique peut être soumis à des rayonnements (par exemple les micro-ondes, les UV, les lasers, les rayons X), des mesures complémentaires doivent être prises pour éviter les défaillances pouvant entraîner une situation dangereuse.

4.4.4 Vibrations, chocs et coups

Les effets indésirables des vibrations, chocs et coups (aussi bien générés par l'équipement de fabrication que créés par l'environnement physique) susceptibles de donner lieu à une situation dangereuse doivent être évités par le choix d'un équipement électrique approprié, par son montage loin de la source de perturbation, ou par la mise en place d'accessoires de montage anti-vibratoires.

4.5 Transport et stockage

A moins que le fabricant ne spécifie différents domaines de température et d'humidité, l'équipement électrique doit supporter les températures comprises entre –25 °C et +55 °C, pouvant atteindre +70 °C durant de courtes périodes inférieures ou égales à 24 h et une humidité relative de 10 % à 90 %.

NOTE Les câbles isolés au PVC constituent un équipement électrique susceptible d'être endommagé à basse température.

Il convient que des moyens convenables soient prévus pour se protéger des dégâts dus à l'humidité, aux vibrations et aux chocs.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.6 Précautions pour la manutention

Les équipements électriques lourds et massifs doivent être munis de moyens adaptés pour la manutention, par exemple par un équipement mécanique de manutention.

4.7 Installation

L'équipement électrique doit être installé conformément aux instructions du fournisseur de l'équipement électrique.

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

5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation

5.1.1 Généralités

Il est recommandé, lorsque cela est possible, qu'il n'existe qu'un seul point de raccordement à la source d'alimentation électrique. Si une autre source d'alimentation est nécessaire pour certaines parties de l'équipement électrique (par exemple un équipement électronique qui fonctionne sous une tension différente), il convient que cette alimentation soit autant que possible dérivée d'appareils (par exemple des transformateurs, des convertisseurs) faisant partie de l'équipement électrique. Pour des équipements de fabrication complexes importants comportant plusieurs sous-systèmes espacés travaillant ensemble de manière coordonnée, il peut exister plusieurs alimentations, selon les dispositions locales d'alimentation (voir 5.3.1).

5.1.2 Terminaisons des conducteurs d'alimentation

A l'exception des cas où l'équipement électrique est raccordé par câble et fiche (voir 5.3.2 d)), il est recommandé que les conducteurs de l'alimentation se terminent aux bornes d'entrée de l'appareil de sectionnement de l'alimentation.

5.1.3 Conducteur neutre

Si un conducteur neutre est utilisé, cela doit être clairement indiqué dans le dossier technique de l'équipement de fabrication, par exemple dans le schéma d'installation et dans le schéma des circuits, et une borne isolée particulière, marquée N ou "Neutre" conformément à 16.1, doit être prévue pour le raccordement du conducteur neutre.

Il ne doit pas y avoir de raccordement entre le conducteur neutre et le circuit de protection 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 pour les schémas TN-C.

5.1.4 Identification des bornes

Toutes les bornes pour le raccordement de l'alimentation doivent être clairement identifiées avec l'un des éléments suivants:

- “U”,”V” et “W”
- “L1”, “L2” et “L3"

Pour l'identification de la borne du conducteur de protection externe, voir 5.2.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.2 Borne pour le raccordement à l'installation de protection externe

Pour chaque source d'alimentation, une borne pour le raccordement à l'installation de protection externe ou au conducteur de protection externe doit être prévue à proximité des bornes des conducteurs de phase associés, selon le type d'alimentation.

NOTE Cela est destiné à faciliter la mise en place d'une installation de protection externe ou d'un conducteur de protection externe en association aux conducteurs d'alimentation.

La borne doit être d'une taille suffisante pour permettre le raccordement d'un conducteur de protection externe en cuivre de section conforme aux Tableaux C.1 à C.5. Pour chaque entrée d'alimentation, la borne de raccordement à l'installation de protection externe ou au conducteur de protection externe doit être identifiée par un marquage ou étiquetée avec les lettres PE et/ou le symbole CEI 60417-5019 (2006-08) (voir la CEI 60445):

.

5.3 Appareil de sectionnement de l'alimentation

5.3.1 Généralités

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

- pour chaque source d'alimentation de l'équipement de fabrication;

NOTE L'alimentation peut être raccordée à la machine directement ou par l'intermédiaire d'un réseau d'alimentation. Les réseaux d'alimentation peuvent inclure des conducteurs, des barres conductrices, des assemblages glissants, des systèmes de câbles souples (sur tourets, en guirlandes) ou des systèmes d'alimentation par induction.

- pour la sortie de chaque ASI, conformément à 5.3.7.

Chaque appareil de sectionnement de l'alimentation doit séparer la source d'énergie électrique de l'équipement de fabrication en aval de l'appareil de sectionnement de l'alimentation lorsque celui-ci est ouvert (par exemple pour un travail sur l'équipement de fabrication, y compris l'équipement électrique).

S'il y a deux ou plusieurs appareils de sectionnement, des verrouillages de protection doivent être fournis si nécessaire, afin d'empêcher une situation dangereuse.

S'il y a deux ou plusieurs appareils de sectionnement de l'alimentation, chacun d'entre eux doit comporter le marquage «AVERTISSEMENT: Risque de Choc Électrique ou de Brûlure. Déconnecter toutes les sources d'alimentation électrique [nombre d'emplacements d'alimentation] avant la maintenance ou la réparation."

5.3.2 Type

L'appareil de sectionnement de l'alimentation doit être l'un des types suivants:

a) un interrupteur-sectionneur, avec ou sans fusible, de catégorie d'emploi AC-23B ou DC-23B;

b) un sectionneur, avec ou sans fusible, équipé d'un contact auxiliaire provoquant dans tous les cas la coupure du circuit de charge par les appareils de connexion avant l'ouverture des contacts principaux du sectionneur;

c) un disjoncteur apte au sectionnement;

d) un ensemble fiche-prise, dans les conditions suivantes:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- l'ensemble fiche-prise doit être raccordé de façon que le côté raccordé à la source présente un degré de protection au moins égal à IP2X ou IPXXB, et soit
- le courant assigné ne dépasse pas 16 A et la puissance assignée totale ne dépasse pas 3 kW; soit
- lorsque le courant assigné dépasse 16 A ou la puissance assignée totale ne dépasse pas 3 kW,
- il ne doit pas être possible de raccorder ou de débrancher en charge un ensemble fiche-prise sans pouvoir de coupure adéquat;
- si un ensemble fiche-prise disposant d'un pouvoir de coupure est utilisé, il doit avoir un pouvoir de coupure au moins égal au courant assigné de la machine sous la tension assignée. Si un ensemble fiche-prise est utilisé pour la coupure en condition de surcharge (par exemple rotor bloqué), il convient que ses caractéristiques assignées soient au moins égales au courant en cas de rotor bloqué. De plus, l'équipement électrique doit avoir un dispositif permettant de mettre la machine sous tension et hors tension.

NOTE Pour les interrupteurs-sectionneurs et les sectionneurs, voir la CEI 60947-3. Pour les disjoncteurs aptes au sectionnement, voir la CEI 60947-2.

5.3.3 Exigences

Lorsque l'appareil de sectionnement de l'alimentation est de l'un des trois premiers types définis en 5.3.2 (c'est-à-dire un interrupteur-sectionneur, un sectionneur utilisé combiné à des appareils de connexion, ou un disjoncteur), il doit répondre à toutes les exigences suivantes:

a) séparer l'équipement électrique de l'alimentation, et ne posséder qu'une position MISE HORS TENSION (sectionné) et une position MISE SOUS TENSION, clairement repérées par «O» et «I» (symboles CEI 60417-5008 (2002-10) et CEI 60417-5007 (2002-10), voir 10.2.2), une position "déclenchée" étant aussi admise dans le cas des disjoncteurs;

b) comporter une ouverture visible ou un indicateur de position qui ne puisse indiquer la position MISE HORS TENSION (sectionnée) que si tous les contacts sont effectivement ouverts et si les exigences pour la fonction de sectionnement ont été satisfaites;

c) être équipé d'un organe de manœuvre extérieur (par exemple une poignée);

d) pouvoir être verrouillé (par un moyen intégré ou externe) uniquement en position MISE HORS TENSION (sectionnée) (par exemple à l'aide de cadenas). Lorsqu'il est ainsi verrouillé, une fermeture à distance ou en local doit être empêchée;

e) séparer tous les conducteurs actifs de leurs circuits d'alimentation; cependant, dans les schémas TN, le conducteur neutre peut être sectionné ou non, excepté dans les pays où la coupure du conducteur neutre est obligatoire. Lorsque le conducteur neutre peut être coupé, il doit être coupé simultanément avec les conducteurs de ligne;

NOTE Un schéma TN est un schéma dans lequel un point est directement raccordé à la terre avec un conducteur de protection (PE) directement raccordé à ce point. Voir l'Annexe E et la CEI 60364-1.

f) avoir un pouvoir de coupure suffisant pour interrompre le courant du moteur le plus puissant lorsque son rotor est bloqué ainsi que la somme des courants en marche normale de tous les autres moteurs et/ou charges pouvant être mis en fonctionnement à tout moment.

5.3.4 Organes de manœuvre

Les organes de manœuvre (par exemple, une poignée) de l'appareil de sectionnement de l'alimentation doivent être faciles à atteindre et situés au plus à 2 m au-dessus du plancher de service. Une hauteur comprise entre 0,6 m et 1,7 m est recommandée.

NOTE Le sens de manœuvre est donné dans la CEI 61310-3.

5.3.5 Montage de l'appareil de sectionnement de l'alimentation

L'appareil de sectionnement de l'alimentation doit être installé conformément à un ou plusieurs des éléments suivants:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

a) dans sa propre enveloppe électrique sur l'équipement ou à proximité de ce dernier pour lequel il fournit un moyen de sectionnement;

b) à proximité du sommet de l'enveloppe électrique pour laquelle il fournit un moyen de sectionnement;

c) en un emplacement quelconque en dessous de la paroi supérieure de l'enveloppe électrique pour laquelle il fournit un moyen de sectionnement à condition que ses bornes d'alimentation soient protégées pour empêcher un contact accidentel par le personnel ou par la chute d'un outil. La conformité peut être démontrée en vérifiant qu'un calibre de 3 mm de diamètre et de 15 mm de longueur ne peut pas entrer en contact avec les parties actives (voir calibre d'essai 13 de la CEI 61032).

EXCEPTION: Les machines ayant une consommation de puissance nominale de 1 500 W ou moins peuvent être reliées à un appareil de sectionnement de l'alimentation monté à distance, à condition que cet appareil soit facilement accessible et qu'il soit situé au plus à 6 m de la machine.

5.3.6 Verrouillage de la porte de l'appareil de sectionnement de l'alimentation

Les portes qui permettent d'accéder aux parties actives de l'appareil de sectionnement de l'alimentation doivent être verrouillées, de telle sorte que la porte ne puisse être ouverte que lorsque l'appareil de sectionnement de l'alimentation est ouvert, et que l'appareil de sectionnement de l'alimentation ne puisse être fermé que lorsque la porte est fermée.

Un outil ou un dispositif spécial, correspondant aux exigences du fournisseur, peut être prévu pour permettre aux personnes qualifiées ou averties de neutraliser le verrouillage, à condition qu'une protection soit prévue contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses à l'intérieur de l'enveloppe, par les dispositions définies en 6.5.

EXCEPTION: Il n'est pas nécessaire qu'un verrouillage de la porte de l'appareil de sectionnement de l'alimentation soit prévu lorsqu'une protection est prévue contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses à l'intérieur de l'enveloppe, par les dispositions définies en 6.5 pour les charges qui

- ont une valeur assignée inférieure à 5 KVA, ou
- se composent de circuits d'éclairage, ou
- sont des équipements électriques raccordés par câble et fiche.

5.3.7 Sectionnement des ASI

La sortie de chaque ASI pouvant fournir plus de 30 V en valeur efficace, 42,4 V en valeur de crête, 60 V en courant continu ou 240 VA, doit être sectionnée lorsque l'appareil de sectionnement principal est ouvert ou doit être munie d'un organe de sectionnement satisfaisant à toutes les exigences relatives à l'appareil de sectionnement de l'alimentation figurant de 5.3.1 à 5.3.5 ou les deux. Le câblage et les bornes de sortie de l'ASI doivent porter l'indication « Sortie de l'ASI », ou un libellé équivalent, à chaque point de connexion où le câblage de l'ASI peut être sectionné.

Toute l'énergie électrique fournie par l'ASI doit être sectionnée lorsque l'organe de commande de coupure d'urgence est activé.

EXCEPTION: l'alimentation fournie par l'ASI à des appareils assurant la sécurité (y compris les circuits de coupure d'urgence) et à des systèmes informatiques qui réalisent des fonctions telles que l'acquisition des données/de l'alarme et la reprise sur erreur, n'est pas concernée par cette exigence.

5.4 Appareils de sectionnement supplémentaires

Lorsqu'il est prévu de réaliser des travaux sur des parties de l'équipement de fabrication (par exemple les moteurs) lorsque celles-ci ont été désalimentées et sectionnées tout en laissant

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

les autres parties de l'équipement électrique sous tension, un appareil de sectionnement séparé doit alors être prévu pour chaque partie nécessitant un sectionnement séparé.

Il convient que les appareils de sectionnement de ce type soient:

- appropriés et adaptés à l'usage auquel ils sont destinés;
- placés convenablement;
- aisément identifiables par la ou les parties ou le ou les circuits de l'équipement électrique desservi (par exemple par un marquage durable si nécessaire).

Des moyens doivent être fournis pour empêcher la fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur de ces appareils (par exemple, moyens de verrouillage).

Les moteurs installés dans un emplacement à partir duquel l'appareil de sectionnement de l'alimentation n'est pas visible (par exemple dans un châssis ou un sous-produit) doivent être munis d'un organe de sectionnement supplémentaire de tous les conducteurs non reliés à la terre dans le champ visuel du moteur, et à une distance de ce dernier ne dépassant pas 3 m. Ces organes de sectionnement doivent satisfaire aux exigences de 5.3.1 à 5.3.5.

5.5 Protection contre une fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur de l'ensemble fiche-prise

Lorsqu'un ensemble fiche-prise est utilisé comme un appareil de sectionnement de l'alimentation au cours de la maintenance ou de la réparation, en plus de satisfaire aux exigences de 5.3.2 d), il doit soit pouvoir être conservé sous la surveillance exclusive de la personne effectuant la maintenance ou la réparation, soit être muni d'un dispositif verrouillable, afin d'assurer qu'il reste en état sectionné.

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;
- contacts indirects.

NOTE On considère qu'une partie de la protection des personnes qualifiées est fournie par leur formation et leur expérience.

Les personnes qualifiées et averties sont celles ayant une formation technique appropriée et l'expérience nécessaire pour être conscientes des dangers auxquels elles sont exposées. Les personnes qualifiées et averties doivent être protégées contre les dangers involontaires et inattendus, conformément à 6.5.

Les dispositions recommandées pour cette protection sont données en 6.2, 6.3, 6.4 et 6.5.

6.2 Protection contre les contacts directs

6.2.1 Généralités

Pour chaque circuit ou chaque partie de l'équipement électrique, les dispositions définies soit en 6.2.2, soit en 6.2.3 et, si cela s'applique, en 6.2.4, doivent être appliquées.

Si l'équipement électrique est situé dans des emplacements ouverts aux personnes autres que les personnes qualifiées et averties, les dispositions de 6.2.2 avec un degré minimal de protection contre les contacts directs de IP2X/IPXXB (voir la CEI 60529), ou de 6.2.3, doivent être appliquées.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.2.2 Protection au moyen d'enveloppes

L'ouverture d'une enveloppe autre que celle de l'appareil de sectionnement de l'alimentation (voir 5.3.6) qui contient des parties actives dangereuses (c'est-à-dire ouverture des portes, couvercles, plaques de fermeture et équivalent) ne doit être possible qu'à l'une des conditions suivantes:

a) La nécessité d'utiliser une clé ou un outil pour l'accès.

   – NOTE La nécessité d'utiliser une clé ou un outil est destinée à limiter l'accès aux personnes qualifiées ou averties.

   – Les personnes qualifiées et averties doivent être protégées contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses à l'intérieur de l'enveloppe, par les dispositions définies en 6.5.

b) Le sectionnement des parties actives dangereuses situées à l'intérieur de l'enveloppe avant que l'enveloppe ne puisse être ouverte. Cette mesure doit être réalisée par un verrouillage mécanique et/ou électrique, de telle sorte que la porte ne puisse être ouverte que lorsque l'alimentation dangereuse est sectionnée et de telle sorte que l'alimentation dangereuse ne puisse être connectée que lorsque la porte est fermée. Si un verrouillage électrique est utilisé, il doit satisfaire à toutes les exigences de l'Article 9 relatives aux circuits de verrouillage de protection.

   EXCEPTION: un dispositif spécial ou un outil, correspondant aux exigences du fournisseur, peut être prévu pour permettre aux personnes qualifiées et averties de neutraliser le verrouillage, à condition qu'une protection soit prévue contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses à l'intérieur de l'enveloppe, par les dispositions définies en 6.5.

   Toutes les parties actives dangereuses qui ne sont pas déconnectées doivent porter un signal d'avertissement conforme à 17.2, sauf pour les bornes d'alimentation de l'appareil de sectionnement de l'alimentation, 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 dangereuses ne doit être possible que lorsque toutes les parties actives dangereuses procurent un degré de protection minimal contre les contacts directs de IP2X ou IPXXB (voir la CEI 60529). Lorsque la protection est amovible, elle doit soit nécessiter l'utilisation d'un outil pour son démontage, soit entraîner automatiquement le sectionnement de toutes les parties actives qu'elle protège lorsque la protection est retirée.

6.2.3 Protection par isolation des parties actives

Les parties actives protégées par isolant doivent être complètement recouvertes d'un isolant qui ne peut être enlevé que par destruction. Cet isolant doit présenter une résistance aux efforts mécaniques, chimiques, électriques et thermiques auxquels il peut être soumis dans les conditions de fonctionnement normal.

NOTE 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 fonctionnement normal.

6.2.4 Protection contre les tensions résiduelles

Toute tension résiduelle supérieure à 60 V des parties actives doit être déchargée jusqu'à 60 V et 20 J ou moins, en moins de 10 s après la coupure de l'alimentation, sous réserve que ce taux de décharge ne perturbe pas le bon fonctionnement de l'équipement de fabrication.

Un équipement électrique qui ne peut pas être déchargé à ce niveau en 10 s n'est pas concerné par cette exigence, si les conditions suivantes sont satisfaites:

- les conducteurs alimentés par une accumulation d'énergie ne peuvent pas être accessibles sans le retrait d'un panneau qui exige l'utilisation d'un outil; et

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- le panneau qui est retiré pour accéder à ces conducteurs est marqué, en spécifiant le temps de décharge nécessaire pour que les conditions de décharge soient inférieures à 60 V et 20 J; et
- le temps de décharge ne dépasse pas 5 min.

Dans le cas de fiches ou d'appareils similaires, dont le retrait se traduit par l'exposition de parties conductrices (par exemple des broches), le temps de décharge ne doit pas dépasser 1 s, sinon ces parties conductrices doivent comporter une protection minimale contre les contacts directs de IP2X ou IPXXB. Si ni un temps de décharge de 1 s, ni un degré minimal de protection de IP2X ou IPXXB ne peut être obtenu, des appareils de coupure supplémentaires ou un dispositif d'avertissement approprié (par exemple une note d'avertissement conformément à 16.1) doivent être mis en œuvre.

NOTE La tension fournie par une ASI est considérée comme étant une source batterie et non pas comme une tension résiduelle.

6.3 Protection contre les contacts indirects

6.3.1 Généralités

La protection contre les contacts indirects (3.38) est destinée à empêcher les situations dangereuses dues à un défaut d'isolement entre les parties actives et les masses.

Pour chaque circuit ou partie de l'équipement électrique, au moins l'une des mesures suivantes conformes à 6.3.2 à 6.3.3 doit être appliquée:

- des mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact (6.3.2), ou
- la coupure automatique de l'alimentation avant que la durée de contact avec une tension de contact ne devienne dangereuse (6.3.3).

NOTE 1 Le risque d'effets physiologiques nocifs liés à une tension de contact dépend de la valeur de la tension de contact et de la durée de l'exposition possible.

NOTE 2 Pour les classes d'équipements électriques et les spécifications de protection, voir la CEI 61140.

6.3.2 Prévention contre l'apparition d'une tension de contact

6.3.2.1 Généralités

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

- l'utilisation de matériels de classe II ou d'isolation équivalente;
- la séparation électrique.

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

Cette disposition est destinée à empêcher l'apparition de tensions de contact sur les parties accessibles en cas de défaut de l'isolation principale. Voir la CEI 60364-4-41.

NOTE Exemples de cette disposition:

- des matériels ou appareils électriques de classe II (voir 3.14);
- des ensembles d'appareillages possédant une isolation totale conforme à la CEI 61439-1.

6.3.2.3 Protection par séparation électrique

6.3.2.3.1 Généralités

La séparation électrique d'un circuit individuel est destinée à empêcher des tensions de contact dangereuses résultant d'un contact avec des masses pouvant être mises sous tension

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

en cas de défaut de l'isolation principale des parties actives de ce circuit. Pour ce type de protection, les exigences de 6.3.2.3.2 et 6.3.2.3.3 doivent être satisfaites, ou les exigences relatives à la séparation électrique de la CEI 60364-4-41 doivent être satisfaites.

6.3.2.3.2 Réseaux de puissance isolés

Le circuit à protéger par séparation électrique doit avoir une impédance élevée entre ses conducteurs et le raccordement de l'alimentation à l'équipement, et une impédance élevée à la terre. Une impédance de un mégohm ou plus est considérée comme suffisamment élevée. Ceci peut être réalisé en utilisant des transformateurs d'isolement ou des alimentations ne disposant d'aucun raccordement électrique direct entre leurs conducteurs primaires et leurs conducteurs secondaires.

NOTE 1 Un transformateur d'isolement avec un conducteur du secondaire raccordé à la terre n'est pas un réseau de puissance isolé.

NOTE 2 Les autotransformateurs n'assurent pas une isolation électrique.

NOTE 3 Les réseaux de puissance isolés sont généralement utilisés pour réduire les sources de bruit électronique en n'associant pas délibérément le circuit de sortie à la terre.

6.3.2.3.3 Exigences relatives aux circuits isolés

Les circuits isolés doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- Le transformateur ou l'alimentation et tout composant (appareil) raccordé à sa sortie, doivent être clairement étiquetés à proximité du ou des circuits isolés ou sur l'enveloppe afin d'avertir les opérateurs et le personnel d'entretien de la condition de non mise à la terre, et
- Des indicateurs de défaut à la terre, un appareil de surveillance de l'isolement ou un appareil permettant de couper automatiquement le circuit en cas de défaut à la terre (par exemple un disjoncteur-détecteur de fuites à la terre (DDFT)), doivent être installés.

6.3.3 Protection par coupure automatique de l'alimentation

Cette mesure de protection consiste en la coupure d'un ou de plusieurs conducteurs de ligne par la manœuvre automatique d'un appareil de protection en cas de défaut d'isolement. Elle est destinée à empêcher une situation dangereuse en coupant l'alimentation, dans un délai suffisamment court afin de limiter la durée d'une tension de contact à une valeur telle que cette tension ne soit pas dangereuse. Tandis que l'utilisation de schémas TN est privilégiée, en raison de la tension de contact plus faible sur les masses et les éléments conducteurs étrangers en cas de défaut à la terre, les schémas TT conformément aux parties correspondantes de la CEI 60364 peuvent être utilisés, lorsque le réseau de distribution ne fournit pas de conducteur PEN ou PE.

Les exigences relatives aux schémas d'alimentation TN sont indiquées à l'Annexe A. Une impédance de circuit de protection selon 18.2.5 peut être considérée suffisamment faible pour satisfaire aux exigences de l'Annexe A.

NOTE 1 Un schéma d'alimentation TT est un schéma dans lequel un point est directement raccordé à la terre mais le conducteur de protection (PE) de l'équipement n'est pas directement raccordé à ce point de terre du réseau d'alimentation électrique. Voir l'Annexe E et la CEI 60364-1.

Les exigences pour les schémas d'alimentation TT sont indiquées à l'Annexe B.

NOTE 2 Les schémas d'alimentation TN sont généralement préférés aux schémas d'alimentation TT.

NOTE 3 Au Japon, les schémas d'alimentation TT sont communément utilisés.

NOTE 4 Cette mesure de protection peut nécessiter une coordination entre:

- le type d'alimentation et le schéma de mise à la terre;
- les valeurs d'impédance des différents éléments du système de protection;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- les caractéristiques des appareils de protection qui détectent le(s) défaut(s) d'isolement.

Cette mesure de protection comprend à la fois la liaison de protection des masses (voir 8.2.3) et une des mesures suivantes:

a) des dispositifs de protection contre les surintensités pour la coupure automatique de l'alimentation sur détection d'un défaut d'isolement dans les schémas TN, ou

b) des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel pour initier la coupure automatique de l'alimentation sur détection d'un défaut d'isolement d'une partie active par rapport aux masses ou par rapport à la terre dans les schémas TT, ou

c) une surveillance de l'isolement ou des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel pour initier la coupure automatique dans les schémas IT. Excepté lorsqu'un appareil de protection est fourni pour couper l'alimentation en cas de premier défaut à la terre, on doit fournir un appareil de surveillance de l'isolement afin d'indiquer l'apparition du premier défaut d'une partie active par rapport aux masses ou à la terre. Cet appareil de surveillance de l'isolement doit initier un signal sonore et/ou visuel qui doit se poursuivre aussi longtemps que le défaut persiste.

Lorsque la coupure automatique est prévue conformément à a), et que la coupure dans le délai spécifié en A.1 ne peut être assurée, on doit prévoir une liaison équipotentielle supplémentaire si nécessaire pour satisfaire aux exigences de A.3.

6.4 Protection par l'utilisation de la TBTP

6.4.1 Exigences générales

L'utilisation de la TBTP (très basse tension de protection) a pour but de protéger les personnes contre les chocs électriques en cas de contact indirect et de contact direct dans une zone limitée (voir 8.2.5).

Les circuits TBTP doivent satisfaire à l'ensemble des 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 de fabrication 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 ou égale 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 exigée entre le circuit primaire et le circuit secondaire d'un transformateur d'isolement de sécurité (voir la CEI 61558-1 et la CEI 61558-2-6);

d) les conducteurs de chaque circuit TBTP doivent être physiquement séparés des conducteurs des autres circuits. Si cette exigence ne peut être appliquée, les dispositions d'isolement de 13.1.3 doivent s'appliquer;

e) les prises de courant pour les circuits TBTP doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir pénétrer dans les socles de tensions différentes;
- les socles ne doivent pas admettre des fiches de tensions différentes.

6.4.2 Sources pour TBTP

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

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- un transformateur d'isolement de sécurité conforme à la CEI 61558-1 et à la CEI 61558-2-6;
- une source de courant assurant un degré de sécurité équivalent à celui d'un transformateur d'isolement de sécurité (par exemple un moteur-générateur avec un enroulement présentant une isolation équivalente);
- une source électrochimique (par exemple une batterie) ou une autre source indépendante d'un circuit de tension plus élevée (par exemple un groupe diesel-générateur);
- une source d'alimentation électronique conforme aux normes appropriées spécifiant les mesures à prendre pour s'assurer que, même en cas de défaut interne, la tension aux bornes de sortie ne puisse être supérieure aux valeurs spécifiées en 6.4.1.

6.4.3 Conception pour limiter les risques des travaux sous tension

L'équipement électrique doit être conçu pour réduire la nécessité d'étalonner, de modifier, de réparer, de soumettre aux essais, d'ajuster ou de maintenir l'équipement pendant qu'il est sous tension, et pour réduire la nécessité de travaux à effectuer sur les composants à proximité de circuits sous tension dangereux et accessibles.

Des procédures de sécurité appropriées (par exemple, utilisation d'équipements de protection individuelle et de barrières appropriés) pour la recherche de défauts, doivent être décrites dans les instructions d'utilisation. Voir 17.2.

6.5 Protection des personnes qualifiées et averties contre les contacts accidentels avec des parties actives dangereuses

6.5.1 Généralités

Les contacts accidentels avec les circuits qui ne sont pas TBTP doivent être évités par la conception. Les personnes ne doivent pas être exposées par inadvertance à des dangers électriques ou mécaniques lorsqu'elles effectuent des réglages manuels. Un accès adéquat doit être prévu pour la maintenance et la réparation. Lorsque le personnel effectuant la maintenance et les réparations a besoin d'accéder à l'équipement électrique alors qu'il est sous tension, les parties actives (autres que TBTP) doivent être protégées contre les contacts accidentels par des obstacles. Des obstacles doivent être prévus lorsqu'il est nécessaire d'avoir accès au-dessus, en dessous, autour ou à proximité des dangers électriques. Ils doivent également être prévus lorsque des chutes d'objets ou la défaillance d'accessoires utilisant des liquides pourraient entraîner des courts-circuits ou des amorçages.

6.5.2 Obstacles

Les obstacles utilisés pour protéger contre les contacts accidentels doivent être constitués de matériaux non conducteurs ou, s'ils sont réalisés en matériaux conducteurs, ils doivent être mis à la terre. Leur construction doit être suffisamment solide pour résister à un emploi abusif prévisible.

6.5.3 Orifices de passage de sonde

Si cela est nécessaire pour les essais électriques, des orifices de passage de sonde doivent être prévus dans les obstacles. Ces orifices de passage de sonde doivent être situés sur des points d'essai et conçus pour protéger contre les contacts accidentels avec des parties actives. Il convient aussi qu'ils fournissent un accès adéquat pour une sonde d'essai lorsqu'elle est nécessaire et ils doivent être identifiés dans les instructions d'utilisation (voir 17.2). Lorsque les obstacles sont en matériau conducteur, la circonférence des orifices de passage de sonde doit être isolée.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7 Protection de l'équipement

7.1 Généralités

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

- des surintensités, y compris l'effet d'un court-circuit;
- de la surcharge et/ou de la perte de réfrigérant moteur;
- des températures anormales;
- de la perte ou de la diminution de la tension d'alimentation;
- de la survitesse des machines/éléments de machine;
- des défauts à la terre/courants résiduels;
- d'une séquence de phases erronée;
- des surtensions dues à la foudre ou dues à des manœuvres de coupure.

7.2 Protection contre les surintensités

7.2.1 Généralités

Une protection contre les surintensités doit être prévue dans tous les circuits pouvant être alimentés avec une puissance électrique dangereuse dans des conditions normales ou dans des conditions de premier défaut, lorsque le courant 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 caractéristiques assignées ou les réglages à utiliser sont détaillé(e)s en 7.2.9.

7.2.2 Conducteurs d'alimentation

Le fournisseur de l'équipement électrique n'est pas 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 dans la documentation d'installation les renseignements nécessaires pour choisir ce dispositif de protection contre les surintensités (voir 7.2.9 et 17.4).

7.2.3 Protection du conducteur neutre

Dans les schémas TN ou TT, les conducteurs neutres ne doivent pas être coupés sans que les conducteurs actifs associés ne le soient également. Si la section du conducteur neutre est au moins égale ou équivalente à celle des conducteurs de ligne, il n'est pas nécessaire de prévoir une détection de surintensités ou une coupure automatique pour le conducteur neutre. Pour un conducteur neutre ayant une section inférieure à celle des conducteurs de ligne associés, les mesures détaillées dans la CEI 60364-4-43, 431.2.1 doivent s'appliquer.

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 dans la CEI 60364-4-43, 431.2.2 s'appliquent.

NOTE Un schéma IT est un schéma de distribution électrique qui n'est pas directement mis à la terre. Voir l'Annexe F.

7.2.4 Socles et conducteurs associés

Si des socles à usage général sont prévus pour fournir de la puissance à un équipement 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 tels socles conformément à 7.2.9.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.2.5 Circuits d'éclairage

Tous les conducteurs non mis à la terre des circuits alimentant l'éclairage doivent être protégés contre les effets de courts-circuits par la mise en place de dispositifs de protection contre les surintensités indépendants de ceux protégeant les autres circuits conformément à 7.2.9.

7.2.6 Transformateurs

Les transformateurs doivent être protégés contre les surintensités, conformément aux instructions du fabricant du transformateur et à 7.2.9. Si les instructions du fabricant diffèrent des exigences de 7.2.9, les exigences plus sévères doivent s'appliquer.

7.2.7 Emplacement des dispositifs de protection contre les surintensités

Les dispositifs de protection contre les surintensités doivent être situés à l'endroit où une réduction de la section de chaque conducteur ou une autre modification réduit le courant admissible dans le conducteur de sorte qu'il n'est pas protégé par le dispositif de protection en amont, excepté lorsque toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- le courant admissible dans le conducteur est au moins égal à celui de la charge;
- la longueur du conducteur entre le lieu de réduction du courant admissible et la position du dispositif de protection contre les surintensités n'excède pas 3 m;
- le conducteur est installé de façon à réduire la possibilité de court-circuit, par exemple, s'il est protégé par une enveloppe ou une canalisation.

7.2.8 Dispositifs de protection contre les surintensités

7.2.8.1 Généralités

Le pouvoir de coupure en court-circuit des dispositifs de protection contre les surintensités doit être au moins égal au courant de défaut présumé à leur point de raccordement lorsque l'équipement est raccordé à une alimentation comme spécifié par le fabricant de l'équipement. Si le courant de court-circuit apparaissant dans le dispositif de protection contre les surintensités 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.

Les caractéristiques des deux dispositifs de protection contre les surintensités connectés en série doivent être coordonnées de telle façon que l'énergie traversante (I^2t) des deux dispositifs en série n'excède pas celle qui peut être supportée sans dommage par le dispositif de protection contre les surintensités du côté de la charge et par les conducteurs protégés par ce dispositif. Ceci peut être déterminé par des essais et/ou par calcul.

NOTE 1 Voir pour exemple l'Annexe A de la CEI 60947-2. D'autres techniques d'évaluation peuvent être trouvées, par exemple, dans le document SEMI S.22, UL 508A.

NOTE 2 L'utilisation de dispositifs de protection contre les surintensités coordonnés comme ci-dessus peut conduire au fonctionnement de ces deux dispositifs.

NOTE 3 Les disjoncteurs sont généralement préférés aux fusibles.

Les dispositifs de protection contre les surintensités comprennent les fusibles et les disjoncteurs. Des dispositifs électroniques prévus pour réduire ou limiter le courant dans les circuits protégés peuvent aussi être utilisés.

7.2.8.2 Exigences supplémentaires relatives aux fusibles

Lorsque des fusibles sont prévus, ils doivent être dans des ensembles-porteurs fixes.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.2.8.3 Exigences supplémentaires relatives aux disjoncteurs

Tous les disjoncteurs doivent posséder une position MISE HORS TENSION (isolé) et une position MISE SOUS TENSION, clairement repérées par «O» et «I» (symboles CEI 60417-5008 (2002-10) et CEI 60417-5007 (2002-10), voir 10.2.2).

Les sens de manœuvre doivent être conformes à ce qui suit:

a) Les disjoncteurs qui sont montés sur une surface verticale et orientés verticalement doivent être montés avec la poignée dirigée vers le haut pour la position «MISE SOUS TENSION».

b) Les disjoncteurs qui sont montés sur une surface verticale et orientés horizontalement doivent être montés avec la poignée dirigée vers la droite pour la position «MISE SOUS TENSION».

c) Les disjoncteurs qui sont montés en deux colonnes et orientés horizontalement doivent être montés avec les poignées orientées vers le centre pour la position «MISE SOUS TENSION», ou clairement repérées, indiquant les positions «MISE SOUS TENSION» et «MISE HORS TENSION».

d) Les disjoncteurs qui sont montés sur une surface horizontale doivent être montés avec la poignée dirigée vers la droite pour la position «MISE SOUS TENSION».

7.2.9 Caractéristiques assignées et réglage des dispositifs de protection contre les surintensités

Il convient que le courant assigné des fusibles ou le réglage des autres dispositifs de protection contre les surintensités (protection à maximum de courant) soit choisi aussi faible que possible mais soit adapté aux surintensités prévues (par exemple, le démarrage de moteurs ou la mise sous tension de transformateurs). Lors du choix de tels dispositifs de protection, il faut tenir compte de la protection des appareils de connexion contre les dommages dus aux surintensités (par exemple contre la soudure de leurs contacts).

La protection contre les surintensités doit être limitée comme suit:

a) Les conducteurs et les ensembles fiche-prise doivent avoir une protection contre les surintensités qui ne dépasse pas leurs caractéristiques assignées.

b) La protection contre les surintensités d’autres dispositifs ou composants, à l'exception des moteurs, ne doit pas dépasser 125 % du courant assigné du dispositif ou du composant ou 125 % de la charge nominale maximale.

c) Les circuits d’éclairage ne participant pas à la production doivent avoir une protection contre les surintensités inférieure ou égale à 15 A.

d) Les transformateurs qui fonctionnent à 50/60 Hz doivent être protégés, conformément au Tableau 1 ou au Tableau 2 selon le cas.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 1 – Protection des transformateurs dépourvus de protection thermique

Caractéristique du primaire du transformateur	Caractéristique du secondaire du transformateur	Protection primaire maximale Pourcentage de la caractéristique	Protection secondaire maximale Pourcentage de la caractéristique
Toute valeur	≥ 9 A	250	125
Toute valeur	< 9 A	250	167
≥ 9 A	Toute valeur	125	Non exigé
< 9 A et > 2 A	Toute valeur	167	Non exigé
≤ 2 A	Toute valeur	300	Non exigé

Tableau 2 – Protection des transformateurs munis de protection thermique

Impédance du transformateur	Protection primaire maximale Pourcentage de la caractéristique (voir Note)	Protection secondaire maximale Pourcentage de la caractéristique (voir Note)
≤ 6 %	600	125
> 6 % et < 10 %	400	125
NOTE Lorsque les caractéristiques ne correspondent pas à celles d'un dispositif de protection contre les surintensités standard, la taille standard immédiatement supérieure est autorisée.		

Dans tous les cas, la taille standard immédiatement supérieure du dispositif de protection contre les surintensités à partir de la valeur calculée peut être utilisée pour satisfaire à cette exigence.

7.3 Protection des moteurs contre les échauffements anormaux

7.3.1 Généralités

La protection des moteurs contre les échauffements anormaux doit être assurée pour chaque moteur consommant plus de 240 VA.

La protection des moteurs contre les échauffements anormaux peut être réalisée par:

– une protection contre les surcharges (7.3.2), ou

NOTE 1 Les dispositifs de protection contre les surcharges détectent les relations temps/courant (I^2t) dans un circuit, qui excèdent la charge totale assignée du circuit et initient les réponses appropriées de la commande.

– une protection contre les températures excessives (7.3.3);

NOTE 2 Les appareils de détection de température captent une température excessive et initient les réponses appropriées de la commande.

La remise en marche automatique d'un moteur après le fonctionnement d'une protection contre les échauffements anormaux doit être empêchée si cela peut provoquer une situation dangereuse ou un dommage à la machine.

L'installation du moteur doit fournir un refroidissement correct, afin de maintenir la température dans les caractéristiques assignées du moteur.

7.3.2 Protection contre les surcharges

Lorsque la protection contre les surcharges est utilisée, la détection de la ou des surcharges doit être prévue dans chaque conducteur actif, à l'exception du conducteur neutre. Pour des moteurs monophasés ou à alimentation à courant continu, la détection sur un seul conducteur actif non relié à la terre est admise.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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 n'est pas nécessaire pour la protection contre les surcharges.

A moins que la protection contre les surcharges du moteur ne soit fournie par un équipement de conversion de puissance et qu'elle soit adaptée au moteur, une protection contre les surcharges séparée de l'équipement de conversion de puissance doit être prévue.

Dans le cas de moteurs avec des caractéristiques spéciales de service appelés à démarrer ou à freiner fréquemment (par exemple les moteurs utilisés pour l'avance ou le retour rapides, le verrouillage, le perçage sensitif), il peut être difficile de réaliser une protection contre les surcharges dont la constante de temps s'accorde avec celle de l'enroulement à protéger. Des dispositifs de protection appropriés conçus pour des moteurs à usage spécial ou une protection contre les températures excessives (voir 7.3.3) peuvent être nécessaires.

Pour des moteurs que l'on ne peut pas surcharger (par exemple les moteurs couple, les commandes de mouvement qui sont soit protégées par des dispositifs mécaniques de protection contre les surcharges, soit correctement dimensionnées), il n'est pas exigé de protection contre les surcharges.

7.3.3 Protection contre les températures excessives

La fourniture de moteurs avec protection contre les températures excessives selon la CEI 60034-11 est recommandée dans les cas où le refroidissement peut être compromis. 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 contre les températures excessives; il convient alors de prévoir une protection complémentaire.

Une protection contre les températures excessives est aussi recommandée dans le cas des moteurs que l'on ne peut pas surcharger (par exemple les moteurs couple, les commandes de mouvement qui sont soit protégées par des dispositifs mécaniques de protection contre les surcharges, soit correctement dimensionnées), lorsque la possibilité de températures excessives existe (par exemple en raison d'un refroidissement plus faible).

7.4 Protection contre la survitesse des moteurs

Une protection contre la survitesse doit être prévue dans le cas où une survitesse peut provoquer une situation dangereuse. La protection contre la survitesse doit initier les réactions appropriées de la commande et interdire un redémarrage automatique.

Il convient que la protection contre la survitesse fonctionne de façon telle que la vitesse maximale admissible du moteur ou de sa charge ne soit pas dépassée.

NOTE Cette protection peut consister, par exemple, en un dispositif centrifuge ou un limiteur de vitesse.

7.5 Protection contre les températures anormales

Le chauffage par résistance ou les autres circuits qui peuvent atteindre ou entraîner des températures anormales (par exemple en raison de caractéristiques de fonctionnement temporairement élevées ou d'une perte de liquide de refroidissement) doivent être munis d'un dispositif de détection adapté pour provoquer une réponse appropriée de la commande.

Lorsqu'une température anormale peut provoquer une situation dangereuse, des fonctions de verrouillage de protection doivent être fournies conformément à 9.4.1.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.6 Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son rétablissement ultérieur

Lorsqu'une interruption d'alimentation ou une chute de tension peut entraîner une situation dangereuse, des dommages sur l'équipement de fabrication, une protection contre les baisses de tension doit être prévue, par exemple, par mise hors tension de la machine dès qu'un niveau prédéterminé de tension est atteint.

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

Lors du rétablissement de la tension ou de la fermeture de l'interrupteur d'alimentation, le redémarrage automatique ou intempestif de l'équipement de fabrication doit être empêché si ce redémarrage peut entraîner une situation dangereuse.

Dans le cas d'une réduction de tension ou d'une interruption d'alimentation affectant seulement une partie de l'équipement de fabrication, la protection contre une baisse de tension doit initier les réponses appropriées des commandes pour assurer la coordination avec les autres parties de l'équipement et pour se prémunir contre toute situation dangereuse susceptible de se produire dans l'équipement.

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

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

Il convient que le réglage des dispositifs de protection soit aussi bas que possible, en cohérence avec un fonctionnement correct de l'équipement électrique.

7.8 Protection de l'ordre des phases

Si un ordre erroné des phases de la tension d'alimentation peut entraîner une situation dangereuse ou des dommages sur l'équipement de fabrication, une protection adaptée doit être prévue telle qu'un dispositif matériel ou un marquage des phases et des avertissements ou mises en garde appropriés.

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 effets des surtensions d'origine atmosphérique ou de manœuvre.

Si c'est le cas:

- les dispositifs de limitation des surtensions atmosphériques doivent être connectés aux bornes d'alimentation de l'appareil de sectionnement de l'alimentation;
- les dispositifs de limitation des surtensions de manœuvre doivent être connectés entre les bornes de tout équipement électrique nécessitant une telle protection.

7.10 Condensateurs électrolytiques

Lorsque cela est réalisable, il convient que les condensateurs de diamètre supérieur à 25,4 mm (1,0 in) ou capables d'emmagasiner une énergie de plus de 4 J:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

a) soient autoventilés ou protégés de la rupture par des moyens équivalents. Il convient que les systèmes de ventilation du condensateur ne soient pas obstrués sur une longueur minimale de 5,1 mm (0,2 in);

b) aient des dispositifs de confinement à l'intérieur du condensateur lui-même ou soient blindés, de telle sorte que les vapeurs ou les débris ne deviennent pas dangereux pour le personnel;

c) aient des bornes qui soient isolées ou protégées des courts-circuits par des outils. La protection ne peut être fournie par les vernis-laques et les composés de remplissage.

EXCEPTION: Il n'est pas nécessaire que ces recommandations s'appliquent aux condensateurs qui sont des composants d'un produit conforme à une norme de produit CEI (par exemple, condensateurs qui sont inclus dans un entraînement à vitesse variable, conformément à la CEI 61800-5-1).

8 Liaison équipotentielle

8.1 Généralités

Cet article fournit les exigences relatives aux liaisons de protection et aux liaisons fonctionnelles. La Figure 1 illustre ces concepts.

La liaison de protection est une disposition de base pour la protection en cas de défaut afin d'assurer la protection des personnes contre les chocs électriques par contact indirect (voir 6.3.3 et 8.2).

L'objectif de la liaison fonctionnelle (voir 8.3) est de minimiser:

- les conséquences d'un défaut d'isolement qui pourraient nuire au fonctionnement de la machine;
- les conséquences des perturbations électriques pour les équipements électriques sensibles qui pourraient nuire au fonctionnement de la machine.

La liaison fonctionnelle est normalement assurée par le raccordement au circuit de protection, mais, si le niveau des perturbations électriques sur le circuit de protection n'est pas suffisamment faible pour assurer un fonctionnement correct de l'équipement électrique, il peut être nécessaire de raccorder le circuit de liaison fonctionnelle à un conducteur de mise à la terre fonctionnelle séparé (voir Figure 1). La liaison fonctionnelle permettant d'accroître l'immunité de l'équipement électrique contre les perturbations conduites et les champs électromagnétiques générés aux fréquences radioélectriques peut comprendre:

a) le raccordement des circuits électriques sensibles au châssis:
   – Il convient que de telles terminaisons soient marquées ou étiquetées par le symbole CEI 60417- 5020 (2002-10):

   – le raccordement du châssis à la terre (PE) par un conducteur de faible impédance devant les radiofréquences et de longueur aussi faible que possible;

b) le raccordement direct des circuits ou des équipements électriques sensibles au conducteur de protection (PE) ou à un conducteur de mise à la terre fonctionnelle (FE) (voir Figure 1), afin de réduire les interférences de mode commun. Il convient que cette dernière borne soit marquée ou étiquetée par le symbole CEI 60417-5018 (2002-10):

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

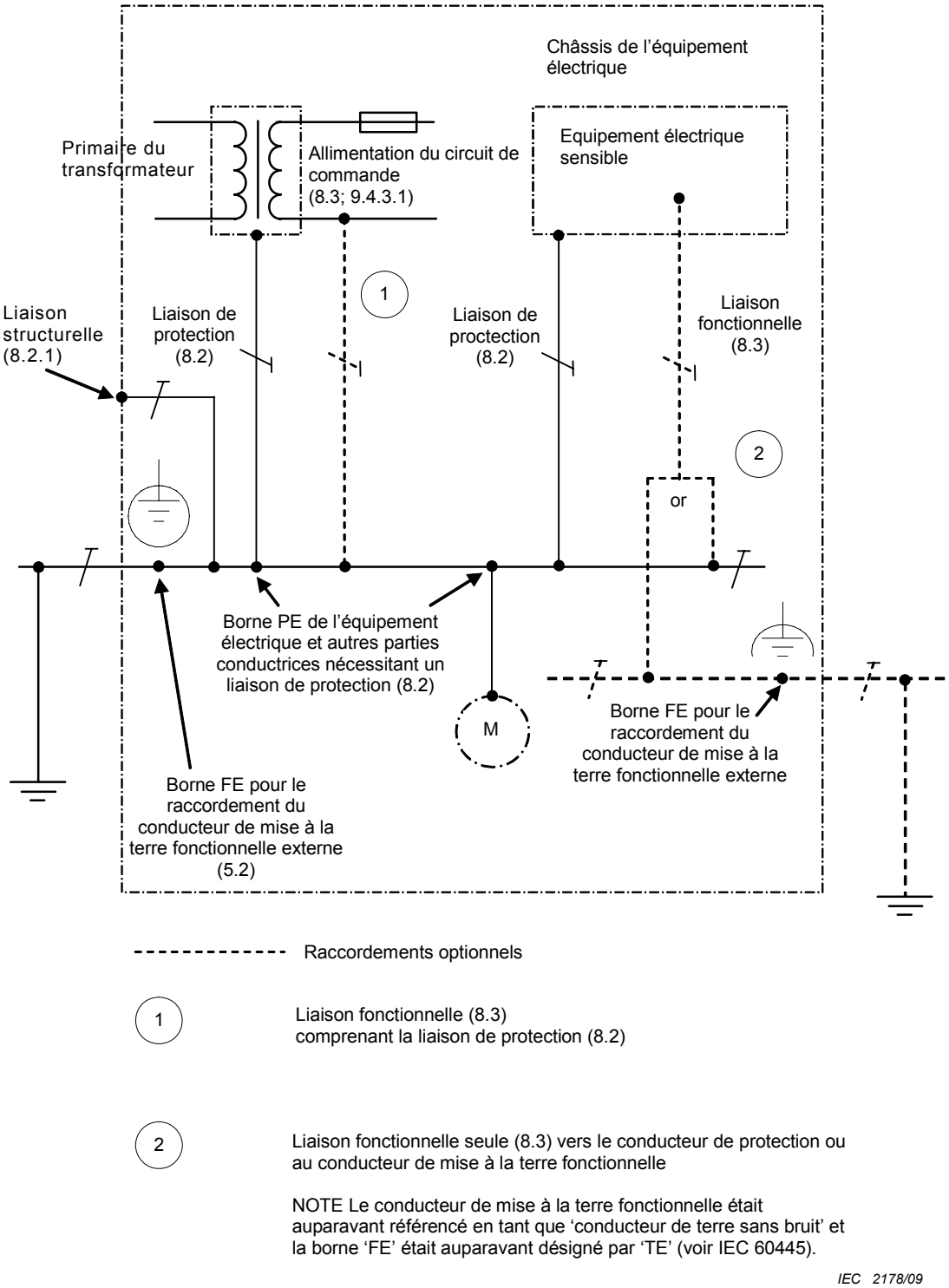


Figure 1 – Exemple de liaisons équipotentielles pour l'équipement électrique

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.2 Circuit de protection

8.2.1 Généralités

8.2.1.1 Vue d'ensemble

Le circuit de protection comprend:

- la ou les bornes PE (voir 5.2);
- les conducteurs de protection dans l'équipement électrique, y compris les contacts glissants s'ils font partie du circuit;
- les masses et les parties conductrices structurelles de l'équipement électrique;
- les éléments conducteurs étrangers qui forment la structure des équipements de fabrication des semi-conducteurs.

8.2.1.2 Contraintes mécaniques et thermiques

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.

NOTE 1 Il est nécessaire de veiller à s'assurer de l'intégrité mécanique suffisante du circuit de protection lorsque l'équipement présente des courants de fuite à la terre élevés.

NOTE 2 Le courant de fuite à la terre est défini comme « courant qui s'écoule des parties actives à la terre, en l'absence de tout défaut d'isolement » (VEI 442-01-24). Ce courant peut avoir une composante capacitive comprenant celle résultant de l'utilisation délibérée de condensateurs.

8.2.1.3 Courant admissible

Chaque partie du circuit de protection doit être caractérisée par un courant admissible suffisant pour supporter un courant de défaut susceptible de se produire dans cette partie du circuit de protection.

NOTE Les conducteurs de liaison conformes à 8.2.2 sont considérés comme satisfaisants à cette exigence.

8.2.1.4 Conducteur de liaison supplémentaire

Lorsqu'une partie conductrice structurelle peut devenir un cheminement pour des courants de défaut, elle doit disposer d'une impédance suffisamment faible pour garantir un temps d'élimination du défaut permettant de satisfaire aux exigences de l'Annexe A ou être équipée d'un conducteur de liaison de protection supplémentaire. Une impédance inférieure à 0,1 Ω est considérée comme suffisamment faible.

Un conducteur de liaison de protection supplémentaire raccordant deux masses doit disposer d'une conductance qui ne soit pas inférieure à celle du plus petit conducteur de protection raccordé aux masses.

Un conducteur de liaison de protection supplémentaire raccordant des masses à des éléments conducteurs étrangers doit disposer d'une conductance qui ne soit pas inférieure à celle du conducteur de protection correspondant.

NOTE 1 Dérivé de 544.2 de la CEI 60364-5-54:2002.

NOTE 2 Voir 6.3.3.

8.2.1.5 Schéma IT

En schéma IT, la structure doit faire partie du circuit de protection et doit être associée à une surveillance de l'isolement. Dans les équipements de fabrication de grande taille, cela peut impliquer la mise à disposition d'un système de surveillance de défaut à la terre.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Voir 6.3.3 c).

8.2.1.6 Parties dont le raccordement au circuit de protection n'est pas nécessaire

Il n'est pas nécessaire de raccorder les masses au circuit de protection si, par leur montage, celles-ci 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 un défaut d'isolement est improbable.

NOTE Cette exemption s'applique par exemple aux boulons, rivets, plaques nominatives et clips de câbles.

Il n'est pas nécessaire de raccorder au circuit de protection les parties conductrices structurelles de l'équipement électrique selon 6.3.2.2. Il n'est pas nécessaire de raccorder les éléments conducteurs étrangers qui constituent la structure de l'équipement de fabrication au circuit de protection, si tout l'équipement électrique fourni est conforme à 6.3.2.2.

8.2.1.7 Parties dont le raccordement au circuit de protection est interdit

Les masses de l'équipement selon 6.3.2.3 ne doivent pas être raccordées au circuit de protection.

8.2.2 Conducteurs de protection

Les conducteurs de protection doivent être identifiés conformément à 13.4.2.

Les conducteurs en cuivre sont privilégiés.

La section des conducteurs de protection doit être conforme aux exigences des Tableaux C.1 à C.5.

Dans le cas d'une utilisation d'un 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.

NOTE En Europe, il n'existe pas de norme harmonisée pour les câbles non en cuivre de section inférieure à 16 mm^2.

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

8.2.3 Continuité du circuit de protection

8.2.3.1 Généralités

Toutes les masses doivent être raccordées au circuit de protection selon 8.2.1.

EXCEPTION: voir 8.2.1.6 et 8.2.1.7.

Si un élément est retiré quelle que soit la raison (par exemple un entretien de routine), le circuit de protection pour les éléments restants ne doit pas être coupé.

8.2.3.2 Intégrité des points de liaison

Les points de raccordement et de liaison doivent être conçus de façon que leurs courants admissibles ne soient pas diminués par des influences environnementales comprenant par exemple des influences mécaniques, chimiques ou électrochimiques.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Lors de l'utilisation d'enveloppes et de conducteurs en aluminium ou alliage d'aluminium, il convient de porter une attention particulière à une éventuelle corrosion électrolytique.

8.2.3.3 Matériel électrique monté sur porte

Si l'équipement électrique est monté sur des couvercles, des portes ou des plaques de fermeture, la continuité du circuit de protection doit être assurée et un conducteur de protection est recommandé (voir 8.2.2). Sinon, des systèmes de fermeture, des charnières ou des contacts glissants conçus pour présenter une faible résistance doivent être utilisés (voir 18.3).

8.2.3.4 Continuité du conducteur de protection

La continuité du conducteur de protection au sein de câbles susceptibles d'être endommagés (par exemple les câbles souples rampants) doit être assurée par des mesures appropriées. Lorsque cela ne peut être réalisé, la continuité doit faire l'objet d'une surveillance.

8.2.4 Exclusion des appareils de connexion du circuit de protection

Le circuit de protection ne doit comprendre ni appareil de connexion, ni dispositif de protection contre les surintensités (par exemple un interrupteur, un fusible).

Aucun moyen de coupure ne doit être prévu sur le circuit de protection, sauf pour l'une des circonstances suivantes:

a) Les liaisons pour les besoins des essais ou mesures ne pouvant être ouvertes sans l'usage d'un outil et situées dans une zone fermée de l'équipement électrique.

b) Les châssis qui ont besoin d'être flottants en tension pour le fonctionnement normal sont autorisés lorsque l'accès dans les enveloppes peut être obtenu uniquement après raccordement des châssis à la terre de protection par des dispositifs automatiques. De tels dispositifs doivent pouvoir continuer à assurer leur fonction en présence d'un défaut ou d'une défaillance isolé(e).

c) Lorsque la continuité du circuit de protection peut être interrompue par des ensembles fiche-prise, le circuit de protection doit être interrompu par un contact premier fermé dernier ouvert. Cela concerne aussi les éléments démontables ou débrochables (voir aussi 13.4.5).

8.2.5 Points de raccordement du conducteur de protection

Tous les conducteurs de protection doivent être raccordés conformément à 13.1.1. Les points de raccordement du conducteur de protection ne doivent pas avoir d'autre fonction et ne sont pas destinés, par exemple, à la fixation ou au raccordement d'appareils ou d'éléments.

Chaque point de raccordement du conducteur de protection doit être marqué ou étiqueté comme tel par le symbole CEI 60417-5019 (2002-10):

soit par les lettres PE, le symbole graphique étant préféré, soit par la combinaison bicolore VERT-ET-JAUNE, ou par toute combinaison des moyens précités.

8.2.6 Machines mobiles

Pour les machines mobiles disposant d'alimentations de puissance embarquées, les conducteurs de protection, les parties conductrices structurelles de l'équipement électrique ainsi que les éléments conducteurs étrangers formant la structure de la machine doivent être tous raccordés à une borne du circuit de protection afin d'assurer la protection contre les chocs électriques. Si une machine mobile peut aussi être raccordée à une alimentation extérieure, la borne du circuit de protection doit être le point de connexion du conducteur de protection externe.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Si l'alimentation électrique est incorporée dans les parties fixes, mobiles ou portatives de l'équipement de fabrication, 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 de fabrication à un conducteur de protection externe.

8.2.7 Limitation du courant de fuite sur les équipements raccordés par câble et fiche

Le courant maximal passant par une résistance de 1 500 Ω raccordée entre toute partie active (accessible) des équipements raccordés par câble et fiche et le conducteur de mise à la terre de protection de l'alimentation ne doit pas dépasser 3,5 mA.

Pour la vérification de la conformité à cette exigence, les spécifications de 18.3 s'appliquent.

EXCEPTION: Un équipement dont le courant de fuite dépasse 3,5 mA est acceptable s'il est totalement conforme à une norme de sécurité de produit CEI applicable qui autorise de manière explicite un courant de fuite supérieur.

8.3 Liaison fonctionnelle

Le raccordement à un conducteur commun conforme à 9.4.3.1 peut contribuer à la protection contre un fonctionnement impropre, conséquence de défauts d'isolement.

Pour les recommandations concernant les liaisons fonctionnelles afin d'éviter un fonctionnement impropre dû à des perturbations électromagnétiques, voir 4.4.2.

8.4 Mesures pour limiter les effets d'un courant de fuite élevé

Les effets d'un courant de fuite élevé peuvent être limités à l'équipement électrique sujet à ce courant de fuite élevé par raccordement de cet équipement électrique à un transformateur d'alimentation dédié disposant d'enroulements séparés. Le circuit de protection doit être raccordé aux masses de l'équipement de fabrication ainsi qu'à l'enroulement secondaire du transformateur.

9 Circuits de commande, circuits de coupure d'urgence et circuits de verrouillage de protection

9.1 Circuits de commande

9.1.1 Alimentation du circuit de commande

Il est recommandé, lorsque cela est possible, que les circuits soient alimentés à partir d'alimentations ou de transformateurs de commande. De tels transformateurs doivent disposer d'enroulements séparés.

NOTE Cela limitera les courants dans des conditions de défaut et de surtension et peut améliorer le filtrage CEM.

Il convient que les circuits de sécurité soient conçus à l'aide d'une tension non dangereuse et de niveaux de puissance cohérents avec le fonctionnement correct du circuit de commande.

9.1.2 Circuits en courant continu dérivé d'une source alternative

Quand les circuits en courant continu dérivé d'une source alternative sont raccordés au circuit de protection (voir 8.2.1), il est recommandé qu'ils soient alimentés par un enroulement séparé d'un transformateur.

NOTE Les unités à mode de commutation équipées de transformateurs disposant d'enroulements séparés conformes à la CEI 61558-2-16 satisfont à cette exigence.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.1.3 Fonctions marche

Les fonctions marche doivent agir par mise sous tension du circuit correspondant (voir 9.3.2).

9.1.4 Fonctions arrêt

Il existe trois catégories de fonctions d'arrêt pouvant être utilisées pour l'ensemble ou une partie de l'équipement de fabrication, comme suit:

- arrêt de catégorie 0: arrêt du fonctionnement par suppression immédiate de l'alimentation aux actionneurs (c'est-à-dire, un arrêt non contrôlé – voir 3.74);
- arrêt de catégorie 1: arrêt contrôlé du fonctionnement (voir 3.13) en maintenant l'alimentation aux actionneurs jusqu'à l'arrêt de la machine, puis coupure de la puissance quand l'arrêt est obtenu;
- arrêt de catégorie 2: arrêt contrôlé du fonctionnement en maintenant l'alimentation aux actionneurs.

9.1.5 Modes de marche

L'équipement de fabrication peut avoir un ou plusieurs modes de marche qui sont déterminés par le type de son application. Si la sélection d'un mode de marche peut entraîner une situation dangereuse, elle doit être restreinte par un dispositif approprié (par exemple un commutateur à clé, un code d'accès).

NOTE L'utilisation de ces moyens est destinée à restreindre l'accès aux personnes qualifiées ou averties, et à empêcher une sélection intempestive.

La sélection d'un mode de marche ne doit pas par elle-même provoquer la mise en marche de l'équipement de fabrication. Une manœuvre séparée d'une commande de marche doit être exigée.

Les fonctions de sécurité appropriées et/ou les mesures de protection pour chaque mode de fonctionnement particulier doivent être effectives.

L'indication du mode de marche choisi doit être prévue (par exemple la position du sélecteur de mode, la mise en place d'un voyant lumineux, l'indication visuelle sur un écran d'interface utilisateur).

9.1.6 Postes de commande multiples

Dans le cas d'un équipement de fabrication disposant de plus d'un poste de commande, des dispositions doivent être prises afin d'assurer que l'initiation d'un ordre à partir de n'importe quel poste de commande ne conduit pas à une situation dangereuse.

Si cela exige qu'un seul poste de commande puisse être activé à un temps donné, un dispositif matériel ou un circuit conforme à 9.4 doit être utilisé pour s'assurer qu'un seul poste de commande peut être activé à un temps donné. L'indication du poste de commande opérateur en service doit être prévue à des emplacements appropriés en fonction de l'appréciation du risque de l'équipement de fabrication.

Lorsque plus d'un poste de commande est fourni, les ordres d'arrêt de chaque poste de commande doivent être effectifs sauf indication contraire par l'appréciation du risque de l'équipement de fabrication.

NOTE Plusieurs points de la commande hôte à distance sont à l'étude pour la fabrication automatisée.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.2 Coupure d'urgence (EMO)

9.2.1 Généralités

L'équipement de fabrication doit avoir un circuit de coupure d'urgence qui, une fois activé, mettra l'équipement de fabrication en condition d'arrêt de sécurité, sans générer de dangers supplémentaires.

EXCEPTION 1: pour les équipements de fabrication monophasés qui sont alimentés à moins de 250 V entre phase et terre, avec une charge totale inférieure ou égale à 2,4 KVA, et présentant uniquement des dangers électriques, un circuit de "coupure d'urgence" n'est pas exigé, à condition que l'appareil de sectionnement de l'alimentation se situe à moins de 3 m de la position normale de l'opérateur.

EXCEPTION 2: pour un équipement qui n'est pas prévu pour être installé seul mais est destiné à être incorporé dans un système intégré global, il n'est pas nécessaire de disposer d'un circuit de coupure d'urgence séparé. Le manuel d'installation de l'équipement doit fournir des instructions claires à destination de l'installateur de l'équipement pour raccorder l'équipement au circuit de coupure d'urgence du système intégré.

NOTE 1 Une condition d'arrêt de sécurité implique le sectionnement des sources d'énergie dangereuse et l'enlèvement ou le conditionnement de matériaux de production dangereux. Ces énergies dangereuses et ces matériaux dangereux comprennent, de façon non limitative, celles et ceux qui peuvent provoquer des dangers électriques, chimiques, mécaniques et dus aux rayonnements.

NOTE 2 La coupure d'urgence peut répondre à l'exigence visant à prévoir une fonction d'arrêt d'urgence.

9.2.2 Circuits à mettre hors tension

L'activation du circuit de coupure d'urgence doit mettre hors tension toutes les tensions dangereuses et toutes les puissances supérieures à 240 VA dans l'équipement électrique, sauf pour la tension et la puissance nécessaires pour le fonctionnement du circuit de coupure d'urgence et pour la réinitialisation après un arrêt de la coupure d'urgence si cette puissance est contenue dans l'enveloppe électrique principale.

EXCEPTION: les dispositifs assurant la sécurité (tels que les systèmes d'extinction des feux) et les systèmes informatiques réalisant l'acquisition des données n'ont pas besoin d'être mis hors tension par le circuit de coupure d'urgence.

Tous les composants qui restent alimentés par une tension ou une puissance dangereuse après l'activation d'une coupure d'urgence doivent être clairement étiquetés et identifiés dans la documentation utilisateur, et protégés contre les contacts accidentels.

9.2.3 Exigences pour les circuits de coupure d'urgence

Le circuit de coupure d'urgence doit présenter les caractéristiques suivantes:

a) ne pas comporter de commandes lui permettant d'être neutralisé ou shunté;

b) ne pas réalimenter les systèmes qui peuvent créer une situation dangereuse lors de la réinitialisation du dispositif de coupure d'urgence;

c) arrêter l'équipement de fabrication en mettant hors tension les composants de contrôle;

d) être conçu conformément à 9.4.2 et avoir des composants choisis conformément à 4.2.

9.3 Manœuvres autres que la coupure d'urgence

9.3.1 Généralités

Les fonctions de sécurité et/ou les mesures de protection nécessaires (par exemple, circuits de verrouillage de protection (voir 9.4.2) doivent être prévues pour un fonctionnement sûr.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Des dispositions doivent être prises pour empêcher tout fonctionnement fortuit ou intempestif après tout arrêt de l'équipement de fabrication (par exemple en cas de déverrouillage, de défaut d'alimentation, de remplacement de batterie, de perte de signal pour une commande sans fil).

9.3.2 Marche

Le démarrage ne doit être possible que si toutes les fonctions de sécurité et/ou les mesures de protection appropriées sont en place et opérationnelles, excepté dans les conditions décrites en 9.5.

Pour les équipements de fabrication dont les fonctions de sécurité et/ou les mesures de protection ne peuvent pas être utilisées pour certains fonctionnements, la commande manuelle de tels fonctionnements doit exiger l'utilisation de commandes à action maintenue, et/ou de dispositifs de validation, selon ce qui est approprié.

Des circuits de verrouillage de protection appropriés doivent être prévus pour assurer une séquence de démarrage correcte dans le cas où une séquence de démarrage incorrecte peut conduire à un risque inacceptable.

9.3.3 Arrêt

La ou les catégories d'arrêt sont sélectionnées en fonction des exigences de l'équipement de fabrication.

Les fonctions d'arrêt doivent être prioritaires sur les fonctions associées de marche (voir 9.3.2).

Le réarmement de la fonction d'arrêt ne doit pas générer de situation dangereuse.

9.3.4 Autres fonctions de commande

9.3.4.1 Commandes nécessitant une action maintenue

Les commandes nécessitant une action maintenue doivent nécessiter une action continue sur le ou les appareils de commande pour maintenir le fonctionnement.

NOTE Une commande nécessitant une action maintenue peut être réalisée par des appareils de commande bimanuelle.

9.3.4.2 Commandes bimanuelles

Les exigences pour les commandes bimanuelles sont indiquées dans l'ISO 13851. Trois types de commandes bimanuelles sont définis dans l'ISO 13851, leur choix dépendant de l'appréciation du risque. Elles comportent les caractéristiques suivantes:

Type I: ce type nécessite que:

- deux appareils de commande soient prévus et que leur manœuvre soit concomitante par les deux mains;
- la manœuvre soit concomitante et continue pendant une situation dangereuse;
- le fonctionnement de l'équipement de fabrication doit s'interrompre dès que l'un des deux appareils de commande est relâché alors que la situation dangereuse est encore présente.

Un appareil de commande bimanuelle de Type I n'est pas considéré comme étant adapté pour le démarrage d'une opération dangereuse.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Type II: une commande de Type I nécessitant le relâchement des deux appareils de commande avant que le redémarrage de l'équipement de fabrication puisse être réinitialisé.

Type III: une commande de Type II nécessitant une action concomitante des appareils de commande dans les conditions suivantes:

- il doit être nécessaire de manœuvrer les appareils de commande dans un intervalle de temps limité ne dépassant pas 0,5 s;
- si cette limite de temps est dépassée, les appareils de commande doivent tous être relâchés avant que le fonctionnement de l'équipement de fabrication puisse être initialisé.

9.3.4.3 Dispositif de commande de validation

Un dispositif de commande de validation (voir aussi 10.9) est une fonction de commande manœuvrée manuellement, qui,

a) lorsqu'il est activé, autorise le démarrage du fonctionnement de l'équipement de fabrication par une commande de démarrage séparée, et

b) lorsqu'il est désactivé

   1) initie une fonction d'arrêt, et

   2) empêche le démarrage du fonctionnement de l'équipement de fabrication.

Un dispositif de commande de validation doit être disposé de façon à minimiser la possibilité de neutralisation, par exemple, en exigeant la désactivation du dispositif de commande de validation avant que le fonctionnement de l'équipement de fabrication ne puisse être réinitialisé. Il convient que la fonction de validation ne puisse pas être neutralisée par des moyens simples (comme appuyer sur un bouton).

9.3.5 Commande sans fil

Ce paragraphe traite des exigences fonctionnelles pour les systèmes de commande utilisant des techniques sans fil (par exemple les commandes radio, infrarouge) pour la transmission d'ordres et de signaux entre un système de commande et un ou plusieurs postes de commande opérateur.

NOTE Certaines considérations sur les applications et sur le système peuvent aussi s'appliquer aux fonctions de commande utilisant des techniques de transmission série avec liaison par câble (par exemple un câble coaxial, une paire torsadée, une fibre optique).

Les commandes sans fil ne doivent pas être utilisées lorsqu'un dysfonctionnement ou un fonctionnement incorrect de la commande peut avoir un impact sur la sécurité du système.

Chaque poste de commande opérateur sans fil doit indiquer de manière non ambiguë quel équipement de fabrication est destiné à être commandé par ce poste de commande.

9.4 Verrouillages de protection

9.4.1 Généralités

Lorsqu'une seule défaillance peut entraîner un niveau de risque inacceptable, un circuit de verrouillage de protection ou d'autres moyens adaptés doivent être prévus pour fournir une protection contre les conséquences de cette défaillance.

Les circuits de verrouillage de protection doivent être conçus à l'aide d'une tension non dangereuse et de niveaux de puissance cohérents avec le fonctionnement correct du circuit.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.4.2 Conception du circuit de verrouillage de protection

9.4.2.1 Généralités

Un circuit de verrouillage de protection doit être conçu de sorte que, lors de l'activation, les parties appropriées de l'équipement de fabrication soient automatiquement mises en condition de sécurité.

Il est recommandé que les fonctions de commande relatives à la sécurité soient conformes à la CEI 62061 ou à l'ISO 13849-1 et disposent d'un niveau approprié d'intégrité de sécurité ou de performance de sécurité, qui a été déterminé à partir de la spécification des exigences de sécurité.

NOTE Les dispositifs dont la fonction principale est de protéger l'équipement électrique (par exemple les disjoncteurs, les fusibles) ne sont pas considérés comme des éléments des circuits de verrouillage de protection.

9.4.2.2 Réarmement

Le réarmement manuel ou automatique d'un circuit de verrouillage de protection ne doit pas entraîner le fonctionnement de l'équipement de fabrication, si cela peut conduire à une situation dangereuse.

9.4.2.3 Indication de l'activation

Lorsqu'un circuit de verrouillage de protection est activé, il doit fournir une indication au principal poste de travail opérateur.

NOTE 1 Il est recommandé que l'indication identifie la cause de l'activation.

NOTE 2 Il peut être utile de fournir des indications supplémentaires en d'autres emplacements.

EXCEPTION: Si un verrouillage de protection déclenche le circuit de coupure d'urgence (EMO) ou coupe autrement la puissance sur l'interface utilisateur, l'indication de l'activation n'est pas obligatoire.

9.4.2.4 Considérations sur les appareils

Il est préférable que les circuits de verrouillage de protection soient basés sur des appareils électromécaniques; cependant, des dispositifs à semi-conducteurs peuvent être utilisés s'ils ont été évalués comme étant adaptés à leur application, conformément à la (aux) norme(s) appropriée(s). Il convient que l'évaluation de leur aptitude tienne compte de la fiabilité et des conditions anormales telles que les surtensions, les sous-tensions, les coupures de l'alimentation, les surtensions transitoires, les tensions de rampe, la sensibilité électromagnétique, les décharges électrostatiques, les cycles thermiques, l'humidité, la poussière, les vibrations, les chocs ou l'interfaçage avec un réseau.

9.4.2.5 Logiciel

Un logiciel utilisé dans des fonctions ou des appareils de verrouillage de protection doit être conforme aux exigences de la CEI 61508, de la CEI 62061 ou de l'ISO 13849 (toutes les parties).

EXCEPTION: Les circuits de verrouillage de protection à base de logiciel (y compris les logiciels intégrés) qui ne satisfont pas à ces exigences peuvent être utilisés uniquement s'ils assurent une protection contre les situations dangereuses qui ne peuvent pas entraîner de blessures sur des personnes, nécessitant une assistance médicale.

NOTE 1 L'ISO 13849-1 et la CEI 62061 font référence à la CEI 61508-3 pour les indications relatives à l'application des dispositifs logiciels dans les circuits relatifs à la sécurité, tels que les circuits de verrouillage de protection.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 2 La CEI/TR 62513 donne des recommandations pour l'utilisation des systèmes de communication dans les applications relatives à la sécurité.

9.4.2.6 Neutralisation des verrouillages de protection

Le circuit de verrouillage de protection doit être conçu de façon à réduire la nécessité de neutraliser les verrouillages de protection pour la maintenance ou la réparation.

Lorsqu'il est nécessaire de fournir des circuits de verrouillage de protection qui peuvent être neutralisés, une manœuvre intentionnelle doit être exigée pour les neutraliser. Lorsqu'un circuit de verrouillage de protection est neutralisé conformément aux instructions de l'utilisateur, la combinaison des moyens techniques et des méthodes spécifiés par les instructions doit être suffisante pour s'assurer que les risques pour le personnel sont réduits de façon appropriée quand le verrouillage de protection est neutralisé. Des moyens doivent être fournis pour assurer une protection contre les commandes inattendues provenant des systèmes de commande, lorsque les verrouillages de protection sont en mode de neutralisation.

Tous les circuits de verrouillage de protection doivent être conçus de telle sorte que l'équipement de fabrication ne puisse pas être remis en mode normal de fonctionnement avant qu'ils ne soient remis en service.

Les circuits de verrouillage de protection qui protègent le personnel ne doivent pas pouvoir être neutralisés sans l'aide d'un outil.

9.4.2.7 Conception des circuits

Les circuits de verrouillage de protection doivent commuter les appareils de commande sur le côté non relié à la terre du circuit.

Les circuits de verrouillage de protection doivent éliminer les situations dangereuses en mettant hors tension les composants des circuits plutôt qu'en les mettant sous tension.

9.4.2.8 Circuits de verrouillage de protection supplémentaires

Des moyens pour connecter des circuits supplémentaires de verrouillage de protection doivent être prévus si nécessaire pour l'utilisation en toute sécurité de l'équipement de fabrication, par exemple si cela est nécessaire pour l'interfaçage avec d'autres équipements.

NOTE Des dispositions pour le choix, l'installation et la configuration des équipements de protection à la détection de présence sont données dans la CEI/TS 62046.

9.5 Neutralisation provisoire des fonctions de sécurité et/ou des mesures de protection

Quand il est nécessaire de neutraliser provisoirement des fonctions de sécurité et/ou des mesures de protection (par exemple à des fins de réglage ou de maintenance), la protection doit être assurée par:

- la désactivation de tous les autres modes de fonctionnement (commande) qui pourraient mettre en danger le personnel dans la zone affectée par la fonction de sécurité neutralisée provisoirement; et
- d'autres moyens appropriés (voir 4.11.9 de l'ISO 12100-2:2003), qui peuvent comprendre, par exemple, un ou plusieurs des moyens suivants:
- la mise en marche du mouvement par un appareil de commande nécessitant une action maintenue ou par un appareil de commande similaire;
- un poste de commande portable comportant un appareil d'arrêt d'urgence et, si approprié, un dispositif de validation. Quand un poste de commande portable est utilisé, la mise en marche d'un mouvement ne doit être possible qu'à partir de ce poste de commande;
- la limitation de vitesse ou de puissance du mouvement;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– la limitation de l'amplitude du mouvement.

10 Interfaces opérateur

10.1 Généralités

10.1.1 Exigences générales pour les appareils

Cet article donne les exigences pour les appareils montés à l'extérieur ou partiellement à l'extérieur des enveloppes de commande.

Pour autant qu'il soit possible, ces appareils doivent être choisis, montés et identifiés ou codés conformément aux parties appropriées de la CEI 61310.

La possibilité d'une manœuvre fortuite doit être minimisée, par exemple, par le positionnement des appareils, par une conception adaptée, par la mise en œuvre de mesures de protection complémentaires. Il faut porter une attention particulière au choix, à la disposition, à la programmation et à l'utilisation des dispositifs d'interface opérateur tels qu'écrans tactiles, pavés numériques et claviers, pour la commande des manœuvres dangereuses de l'équipement de fabrication. Des informations complémentaires sont données dans la CEI 60447.

10.1.2 Emplacement et montage

Autant que possible, les appareils de commande doivent être:

- facilement accessibles pour le fonctionnement, la réparation et la maintenance;
- montés de façon à minimiser la possibilité de dommages dus à des activités telles que la manutention des matériaux.

Les organes de commande des appareils manœuvrés à la main par l'opérateur doivent être 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.

Toutes les commandes doivent être situées de sorte que le personnel ne soit pas placé dans une situation dangereuse.

Les organes de commande des appareils manœuvrés au pied par l'opérateur doivent être choisis et installés de façon à être aisément accessibles par l'opérateur lorsqu'il est dans sa position normale de travail.

10.1.3 Degrés de protection

Le degré de protection (voir la CEI 60529) ainsi que les autres mesures adéquates doivent fournir une protection contre:

- les effets des liquides, vapeurs ou gaz agressifs susceptibles de se trouver dans l'environnement physique de l'interface opérateur;
- l'entrée des polluants (par exemple les particules de matière).

De plus, les appareils de commande de l'interface opérateur doivent présenter un degré minimal de protection contre les contacts directs de IPXXD (voir la CEI 60529).

10.1.4 Postes de commande portables et pendants

Les postes de commande portables et pendants et leurs appareils de commande doivent être choisis et disposés de façon à réduire les possibilités de fonctionnement fortuit de l'équipement de fabrication en raison de chocs ou de vibrations (par exemple si on laisse

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

tomber le poste de commande ou si le poste de commande heurte un obstacle) (voir aussi 4.4.5).

10.2 Boutons-poussoirs

10.2.1 Couleurs

Les organes de commande à bouton-poussoir doivent être conformes au code de couleur du Tableau 3 (voir aussi 9.2).

Il convient que les couleurs pour les organes de commande MARCHE/MISE SOUS TENSION soient le BLANC, le GRIS, le NOIR ou le VERT, avec une préférence pour le BLANC. Le ROUGE ne doit pas être utilisé.

La couleur ROUGE doit être utilisée pour les organes de commande d'arrêt d'urgence ou de coupure d'urgence.

Il convient que les couleurs pour les organes de commande ARRÊT/MISE HORS TENSION soient le NOIR, le GRIS ou le BLANC, avec une préférence pour le NOIR. Le VERT ne doit pas être utilisé. Le ROUGE est admis, mais il est recommandé que le ROUGE ne soit pas utilisé à proximité d'un appareil de manœuvre d'urgence.

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de commande à bouton-poussoir qui agissent alternativement comme des boutons-poussoirs MARCHE/MISE SOUS TENSION et ARRÊT/MISE HORS TENSION. Les couleurs ROUGE, JAUNE ou VERTE ne doivent pas être utilisées.

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de commande à bouton-poussoir qui provoquent le fonctionnement lorsqu'ils sont manœuvrés et cessent le fonctionnement lorsqu'ils sont relâchés (par exemple les organes nécessitant une action maintenue). Les couleurs ROUGE, JAUNE et VERTE ne doivent pas être utilisées.

Les boutons-poussoirs 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 une grande préférence pour le NOIR. Le VERT ne doit pas être utilisé.

Lorsque la même couleur BLANC, GRIS ou NOIR est utilisée pour différentes fonctions (par exemple le BLANC pour les organes de commande MARCHE/MISE SOUS TENSION et pour les organes de commande ARRÊT/MISE HORS TENSION), des moyens complémentaires de codage (par exemple la forme, la position, le symbole) doivent être utilisés pour l'identification des organes de commande à bouton-poussoir.

Tableau 3 – Code de couleurs pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification

Couleur	Signification	Explication	Exemples d'applications
ROUGE	Urgence	Action en cas de situation dangereuse 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 automatique interrompu
BLEU	Obligatoire	Actionner en cas de condition nécessitant une action obligatoire	Fonction de réarmement
VERT	Normal	Actionner pour initier des conditions normales	(Voir 10.2.1)

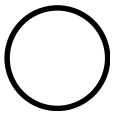
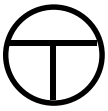
LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Couleur	Signification	Explication	Exemples d'applications
BLANC	Pas de signification spécifique assignée	Pour l'initiation générale de fonctions, sauf l'arrêt d'urgence	MARCHE/MISE SOUS TENSION (préféré) ARRÊT/MISE HORS TENSION
GRIS			MARCHE/MISE SOUS TENSION ARRÊT/MISE HORS TENSION
NOIR			MARCHE/MISE SOUS TENSION ARRÊT/MISE HORS TENSION (préféré)

10.2.2 Marquages

En plus de l'identification fonctionnelle décrite en 16.3, il est recommandé de marquer les boutons-poussoirs avec les symboles du Tableau 4 soit à côté, soit de préférence directement sur les organes de commande.

Tableau 4 – Symboles pour boutons-poussoirs

MARCHE ou MISE SOUS TENSION	ARRÊT ou MISE HORS TENSION	Boutons-poussoirs agissant alternativement comme des boutons MARCHE ou ARRÊT et comme des boutons MISE SOUS TENSION ou MISE HORS TENSION	Boutons-poussoirs agissant comme des boutons MARCHE ou MISE SOUS TENSION lorsqu'ils sont pressés et ARRÊT ou MISE HORS TENSION lorsqu'ils sont relâchés (c'est-à-dire nécessitant une action maintenue)
CEI 60417-5007 (2002-10)	CEI 60417-5008 (2002-10)	CEI 60417-5010 (2002-10)	CEI 60417-5011 (2002-10)
			

10.3 Voyants lumineux de signalisation

10.3.1 Généralités

Les voyants lumineux de signalisation sont utilisés pour les besoins suivants:

- Indication: pour attirer l'attention ou pour indiquer qu'il convient qu'une tâche déterminée soit exécutée. Les couleurs ROUGE, JAUNE, BLEUE et VERTE sont normalement utilisées dans ce mode; pour les voyants lumineux de signalisation et les dispositifs d'affichage clignotants, voir 10.3.3.
- Confirmation: pour confirmer un ordre, ou une condition, ou pour confirmer la fin d'une période de transition ou de modification. Les couleurs BLEUE et BLANCHE sont normalement utilisées dans ce mode et la couleur VERTE peut être utilisée dans certains cas.

Les voyants lumineux de signalisation doivent être choisis et installés de façon à être visibles depuis les emplacements nécessaires (voir aussi la CEI 61310-1).

Les circuits des voyants lumineux de signalisation utilisés pour les éclairages d'avertissement doivent être équipés de moyens permettant de vérifier le fonctionnement de ces éclairages.

Les voyants lumineux de signalisation d'avertissement doivent être clairement différenciés de ceux qui réceptionnent et agissent sur l'avertissement considéré. Il est recommandé que les

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

voyants lumineux utilisés à des fins fonctionnelles autres que celles d'avertissement soient visibles depuis les emplacements cohérents avec leur utilisation.

NOTE Les voyants lumineux de signalisation utilisés à d'autres fins, par exemple pour donner des informations ou pour indiquer l'état d'un processus de production ne sont pas pris en compte dans ce paragraphe.

10.3.2 Couleurs

Sauf accord contraire entre le fournisseur et l'utilisateur, les voyants lumineux de signalisation doivent suivre le code de couleurs, en fonction de la condition (l'état) de l'équipement de fabrication, conformément au Tableau 5.

Tableau 5 – Couleurs des voyants lumineux de signalisation et leur signification suivant la condition de l'équipement de fabrication

Couleur	Signification	Explication	Action de l'opérateur
ROUGE	Urgence	Condition critique	Action immédiate pour traiter la condition critique (par exemple la coupure de l'alimentation de la machine, étant alerté de la condition critique)
JAUNE	Anormal	Condition anormale Emergence d'une condition critique	Surveillance et/ou intervention (par exemple en rétablissant la fonction prévue)
BLEU	Obligatoire	Indication d'une condition nécessitant une action de l'opérateur	Action obligatoire
VERT	Normal	Condition normale	Optionnel
BLANC	Neutre	Autres conditions; peut être utilisé si un doute subsiste sur l'usage des couleurs ROUGE, JAUNE, VERT et BLEU	Surveillance

10.3.3 Voyants lumineux et dispositifs d'affichage clignotants

Pour une distinction ou des informations supplémentaires et particulièrement pour attirer davantage l'attention, des voyants lumineux et dispositifs d'affichage clignotants peuvent être prévus pour les besoins suivants:

- attirer l'attention;
- exiger une action immédiate;
- indiquer une discordance entre l'ordre et l'état réel;
- indiquer un changement en cours (clignotement pendant la transition).

Il est recommandé d'utiliser des voyants lumineux ou dispositifs d'affichage clignotants à fréquence plus élevée pour les informations de priorité supérieure (voir la CEI 60073 pour les taux de clignotement et les rapports impulsion/pause recommandés).

Si des voyants lumineux ou dispositifs d'affichage clignotants sont utilisés pour fournir des informations de priorité plus élevée, il convient de fournir aussi des dispositifs d'alerte sonores.

10.4 Boutons-poussoirs lumineux

Les organes de commande à boutons-poussoirs lumineux doivent être colorés conformément aux codes de couleurs des Tableaux 3 et 5. Lorsque le choix des couleurs à partir des tableaux n'est pas clair, le BLANC peut être utilisé. La couleur ROUGE pour l'organe de commande d'arrêt d'urgence ne doit pas dépendre de l'éclairage de son ampoule.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

10.5 Appareils de commande rotatifs

Les appareils ayant une partie rotative tels que les potentiomètres et les commutateurs doivent disposer de moyens pour empêcher la rotation de la partie fixe. La friction seule ne doit pas être considérée comme suffisante.

10.6 Appareils de mise en marche

Les organes de commande utilisés pour provoquer une fonction de démarrage ou le mouvement d'éléments de l'équipement de fabrication (par exemple les coulisseaux, les broches, les chariots) doivent être choisis et montés de façon à minimiser les manœuvres fortuites. Cependant, des organes de commande du type champignon peuvent être utilisés pour la commande bimanuelle (voir aussi l'ISO 13851).

10.7 Appareils de coupure d'urgence

Les appareils de coupure d'urgence doivent:

a) avoir un organe de commande muni d'une tête du type coup de poing ou champignon de couleur rouge;

b) permettre l'activation par la paume de la main;

c) avoir un fond jaune;

d) porter les indications claires suivantes: « Coupure d'urgence » ou « EMO », qui doivent être clairement lisibles depuis l'emplacement d'observation;

e) être localisés ou protégés pour réduire une activation accidentelle. Si une protection est utilisée, elle doit toujours permettre l'activation par la paume de la main;

f) être à blocage automatique;

g) être facilement accessibles depuis les emplacements de fonctionnement de l'équipement de fabrication, les emplacements de maintenance régulièrement programmée de l'équipement de fabrication, et les emplacements de réparations raisonnablement prévisibles de l'équipement de fabrication;

h) être situés sur l'équipement de fabrication à chaque emplacement de fonctionnement et à moins de 3 m (10 pieds) de tout emplacement de maintenance régulièrement programmée;

i) avoir des contacts à ouverture directe.

10.8 Appareils d'arrêt d'urgence

Dans certaines applications, il peut être nécessaire de prévoir un arrêt d'urgence pour les mouvements, en plus de la coupure d'urgence. Dans ce cas, l'organe de commande d'arrêt d'urgence doit être différencié de l'appareil de coupure d'urgence (EMO), par exemple par la mention « Arrêt d'urgence ».

NOTE Les exigences concernant la fonction d'arrêt d'urgence sont données dans l'ISO 13850.

10.9 Dispositif de commande de validation

Si un dispositif de commande de validation est fourni en tant que partie d'un système, il doit signaler la commande de validation pour autoriser la manœuvre uniquement quand il est actionné dans une certaine position. Dans toute autre position, la manœuvre doit être arrêtée ou empêchée.

Les dispositifs de commande de validation doivent être choisis et disposés de façon à minimiser la possibilité de neutralisation.

Les dispositifs de commande de validation doivent être choisis avec les caractéristiques suivantes:

- pour un type à deux positions:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

  - position 1: mise hors tension de l'interrupteur (l'organe de commande n'est pas manœuvré);
  - position 2: fonction de validation (l'organe de commande est manœuvré);
- pour un type à trois positions:
  - position 1: mise hors tension de l'interrupteur (l'organe de commande n'est pas manœuvré);
  - position 2: fonction de validation (l'organe de commande est manœuvré en position milieu);
  - position 3: mise hors tension (l'organe de commande est manœuvré au-delà de sa position milieu);
  - lors du retour de la position 3 à la position 2, la fonction de validation n'est pas activée.

NOTE La fonction de commande de validation est décrite en 9.3.4.3.

NOTE 2 L'utilisation de dispositifs de commande de validation de type à deux positions peut se révéler inappropriée dans certaines applications (par exemple, commande manuelle d'un robot).

11 Appareillage de commande: emplacement, montage et enveloppes

11.1 Exigences 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 l'équipement de fabrication.

NOTE Cet article ne prend pas en compte l'aptitude de l'équipement à supporter l'activation de systèmes extérieurs d'extinction des incendies.

11.2 Emplacement et montage

11.2.1 Accessibilité et maintenance

11.2.1.1 Généralités

Tous les éléments de l'appareillage de commande qui sont prévus pour pouvoir être remplacés sur site doivent être placés et orientés de telle sorte qu'ils puissent être identifiés sans qu'il faille les déplacer ou déplacer le câblage, ou démonter l'équipement électrique ou des parties de l'équipement de fabrication.

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 électriques ou parties de l'équipement de fabrication (à l'exception de l'ouverture des portes ou de l'enlèvement de capots, barrières ou obstacles). 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 son fonctionnement et sa maintenance. Si un outil spécial est nécessaire pour régler, entretenir ou démonter un appareil, un tel outil doit être fourni.

Quand un accès est nécessaire pour la maintenance ou le réglage habituel, il est recommandé que les appareils appropriés soient 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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.2.1.2 Montage sur des portes ou des panneaux pivotants

Il convient que les dispositifs autres que les dispositifs d'interface humaine et les dispositifs de refroidissement, ne soient pas montés sur les portes ou sur les couvercles d'accès normalement démontables des enveloppes.

Lorsque des composants qui supportent des tensions dangereuses et des puissances dangereuses sont montés sur des panneaux pivotants ou des portes, ces panneaux pivotants ou ces portes avec les composants montés sur eux doivent pivoter en s'ouvrant de manière adéquate pour permettre l'accès. Le câblage qui se plie lors de l'ouverture du panneau pivotant ou de la porte doit subir l'essai de flexion décrit en 18.13, ou doit être pourvu d'une protection mécanique supplémentaire contre les dommages provoqués par la flexion à tous les endroits où il subit des flexions.

11.2.1.3 Ensembles fiche-prise

Quand des appareils de commande sont connectés par des systèmes embrochables, on doit rendre leur association évidente par le type (forme) ou par le marquage. Les appareils embrochables qui sont manipulés en fonctionnement normal ou lors de la maintenance doivent être équipés de détrompeurs, si l'absence de détrompeur peut conduire à un risque inacceptable.

11.2.1.4 Points de contrôle

Les points de contrôle pour le raccordement des appareils de mesure, s'ils existent, doivent être:

- montés de telle sorte que leur accès soit dégagé;
- clairement identifiés, de façon à correspondre à la documentation (voir 17.3);
- convenablement isolés;
- suffisamment espacés.

11.2.2 Séparation physique et groupage

Il est recommandé que les bornes qui sont alimentées par une tension dangereuse soient groupées et séparées de celles qui ne sont pas alimentées par une tension dangereuse.

Les lignes de fuite et les distances d'isolement doivent satisfaire aux critères de l'isolation principale entre les conducteurs alimentés par une tension dangereuse et l'enveloppe électrique mise à la terre pour les tensions de service concernées (voir Tableau C.8).

11.2.3 Effets de la chaleur

Les composants générateurs de chaleur (par exemple les puits de chaleur, les résistances de puissance) doivent être installés de telle manière que la température de chaque composant situé à proximité reste dans ses limites admises.

Cela peut être vérifié par un essai en température (voir 18.9).

11.3 Degrés de protection

L'appareillage électrique doit être correctement protégé contre la pénétration des objets solides étrangers et des substances présentes dans l'environnement dans lequel l'appareillage électrique est prévu d'être utilisé.

NOTE 1 Les exigences pour la protection contre les chocs électriques sont données à l'Article 6.

NOTE 2 Les degrés de protection contre la pénétration de corps solides étrangers et d'eau sont spécifiés dans la CEI 60529. Des dispositions complémentaires peuvent être nécessaires contre la pénétration d'autres liquides.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.4 Enveloppes pour équipement électrique

11.4.1 Généralités

Les enveloppes doivent être réalisées en vue d'être aptes à résister aux contraintes mécaniques, électriques, chimiques et thermiques ainsi qu'aux effets de l'humidité et des autres facteurs environnementaux susceptibles d'être rencontrés en conditions normales.

11.4.2 Fermetures

Il convient que les fermetures utilisées pour les portes et couvercles soient du type captif.

11.4.3 Fenêtres

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.

11.4.4 Portes

Il est recommandé que la largeur des portes des enveloppes ne dépasse pas 0,9 m et qu'elles soient munies de charnières verticales, avec un angle d'ouverture d'au moins 95°.

11.4.5 Ouvertures

Lorsqu'il existe des ouvertures ménagées dans les enveloppes (par exemple, pour l'accès des câbles), y compris celles vers le sol ou l'assise, ou vers d'autres parties de l'équipement de fabrication, des moyens doivent être fournis pour assurer que ces ouvertures ne compromettent pas le degré de protection spécifié pour l'équipement électrique. Les ouvertures destinées aux passages des câbles doivent pouvoir être facilement réouvertes sur le site.

Lorsque des trous sont prévus dans une enveloppe en vue de sa fixation, il peut être nécessaire de prévoir des moyens pour assurer qu'après montage, les trous ne réduisent pas le degré de protection exigé.

11.4.6 Températures de surface élevées

Un équipement électrique pouvant atteindre, en service normal ou non, une température de surface suffisante pour entraîner un risque d'incendie ou un dommage 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 11.2.3); ou
- être protégé par un écran en matériau apte à résister, sans risque d'incendie ou de dommage, à la chaleur émise par le matériel.

NOTE Une étiquette d'avertissement conforme à 16.2 peut se révéler nécessaire.

11.4.7 Confinement de matériaux en fusion ou d'isolants en combustion

Les enveloppes électriques doivent empêcher l'émission de matériaux en fusion ou d'isolants en combustion, dans des conditions de défaut, y compris depuis la partie inférieure de l'enveloppe. La pose de chicanes ou des techniques de construction équivalentes peuvent être utilisées pour satisfaire à cette exigence.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11.4.8 Enveloppes dans lesquelles il est possible de pénétrer complètement

Les enveloppes qui permettent facilement l'entrée complète d'une personne doivent être équipées de moyens autorisant sa sortie, par exemple des fermetures anti-panique sur l'intérieur des portes. Les enveloppes prévues pour de tels accès, par exemple pour une réinitialisation, un réglage ou un entretien, doivent avoir une largeur libre d'au moins 0,7 m et une hauteur libre d'au moins 2,1 m.

11.4.9 Distance pour l'accès à l'équipement électrique

Dans les cas où:

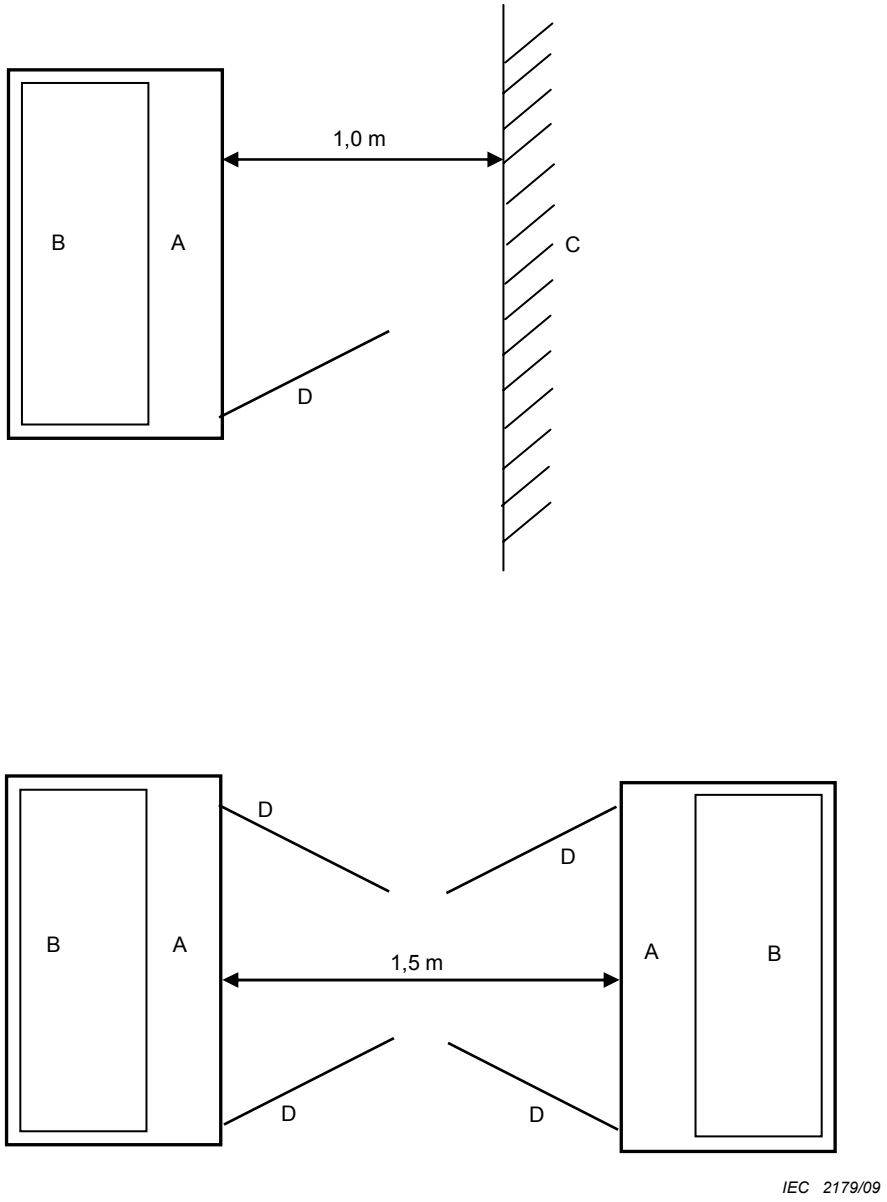
- l'équipement électrique est susceptible d'être sous tension durant l'accès; et
- des parties sous tension sont exposées alors que l'enveloppe est ouverte,

il doit exister un espace libre de toute obstruction de 1,0 m sur le devant de l'enveloppe. Dans les cas où de telles parties sont présentes sur les deux côtés à la fois du chemin d'accès, l'espace libre de toute obstruction doit être d'au moins 1,5 m. Voir Figure 2.

NOTE 1 Ces dimensions sont dérivées de la série ISO 14122.

NOTE 2 Dans certaines applications, il peut être nécessaire de fournir des moyens destinés à empêcher la fermeture fortuite de la porte.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Légende

A enveloppe pour équipement électrique

B équipement électrique dans l'enveloppe

C mur ou autre obstruction

D porte de l'enveloppe

Figure 2 – Distance pour l'accès sur le devant des enveloppes

12 Conducteurs et câbles

12.1 Exigences générales

Les conducteurs et câbles doivent être choisis de telle sorte qu'ils conviennent aux conditions d'utilisation (par exemple la tension, le courant, la protection contre les chocs électriques, le groupement de câbles) et aux influences externes (par exemple la température ambiante, la présence d'eau ou de substances corrosives, les contraintes mécaniques (y compris les contraintes lors de l'installation), le risque d'incendie) qui peuvent exister.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Des informations complémentaires sont données dans le document CENELEC HD 516 S2.

Tous les conducteurs doivent être construits en matériaux compatibles avec les matériaux et les caractéristiques assignées des appareils auxquels ils seront reliés et avec l'environnement dans lequel ils seront utilisés.

Il convient que les conducteurs soient construits en cuivre.

Il est recommandé que les applications des conducteurs soient conformes à l'Annexe C.

12.2 Isolation

12.2.1 Généralités

L'isolation de chaque conducteur doit être adaptée à l'application, en prenant en considération:

a) la tension et les courants;
b) la résistance mécanique;
c) les caractéristiques thermiques;
d) l'environnement le plus défavorable;
e) la présence de produits chimiques;
f) les rayonnements;
g) la résistance à la propagation des flammes;
h) les dommages pouvant provenir d'une utilisation normale;
i) le mauvais usage raisonnablement prévisible;
j) les dispositifs de protection pour éliminer les défauts;
k) les pratiques de câblage (voir Article 13).

Il est essentiel d'apporter une attention particulière à l'intégrité d'un circuit présentant une fonction relative à la sécurité.

Le caoutchouc naturel et les matériaux contenant de l'amiante ne doivent pas être utilisés comme isolants.

12.2.2 Propagation du feu et émission de fumées

Si l'isolant des conducteurs et des câbles (par exemple le PVC) peut constituer un danger dû à la propagation d'un incendie ou à l'émission de fumées toxiques ou corrosives, il convient de fournir une protection supplémentaire ou de rechercher un autre isolant.

12.2.3 Cartes de circuits imprimés

Les cartes de circuits imprimés doivent être réalisées avec un matériau non propagateur de flamme ayant des caractéristiques d'inflammabilité de V-1 ou plus (voir la CEI 60695-11-10).

NOTE La CEI 60695-11-10 est dérivée de l'UL 94.

12.3 Courant admissible

Les conducteurs doivent satisfaire aux exigences suivantes:

a) être appliqués conformément à leurs caractéristiques assignées et aux instructions du fournisseur;
b) avoir des dimensions conformes à l'Annexe C, sauf pour les conducteurs dont on a démontré qu'ils sont adaptés à leur application, en les soumettant aux essais, conformément à la norme CEI applicable.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

12.4 Chute de tension dans les câbles et conducteurs

Il est recommandé que la chute de tension entre le point d'alimentation et la charge ne dépasse pas 5 % de la tension nominale dans les conditions normales de fonctionnement. Afin de satisfaire à cette recommandation, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des conducteurs de section supérieure à celle déduite de l'Annexe C.

12.5 Câbles souples

12.5.1 Généralités

Les câbles soumis à des conditions de service sévères doivent être appropriés pour être protégés contre:

- tout dommage dû à une flexion excessive;
- l'abrasion due à des manipulations 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, quand ils sont enroulés et réenroulés sur des tambours de câbles.

NOTE 1 Les câbles utilisés dans ces conditions sont spécifiés dans les normes nationales correspondantes.

NOTE 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 se juxtaposent.

NOTE 3 Voir 17.2, j) 3).

12.5.2 Câbles souples à l'intérieur des enveloppes ou des canalisations

Les câbles souples et les cordons-connecteurs d'alimentation qui satisfont à toutes les exigences de 12.5.1 sont autorisés à l'intérieur des enveloppes électriques pour le câblage interne:

a) lorsqu'ils sont munis d'une fiche de branchement et alimentés à partir d'un socle d'embase à l'intérieur de l'enveloppe électrique, pour relier un ou plusieurs ensembles à l'alimentation primaire à l'intérieur de l'enveloppe; et

b) lorsque l'isolation des conducteurs individuels du câble souple est adaptée à l'application, sans dépendre de l'isolation de la gaine extérieure; et

c) lorsque le câble souple, le cordon-connecteur d'alimentation, les embases et le connecteur sont tous utilisés conformément à leurs caractéristiques assignées; et

d) lorsque le type de câble est approprié à sa méthode d'installation.

12.5.3 Caractéristique mécanique du système de manœuvre du câble

Le système de manœuvre du câble de l'équipement électrique doit être conçu pour maintenir les contraintes de traction des conducteurs aussi faibles que possible durant le fonctionnement. Si des conducteurs en cuivre sont utilisés, la contrainte de traction appliquée aux conducteurs ne doit pas dépasser 15 N/mm^2 par rapport à la section droite du cuivre. Si les sollicitations de l'application dépassent la limite de contrainte de traction de 15 N/mm^2, il convient d'utiliser des câbles ayant des caractéristiques de construction spéciales et que la contrainte maximale admissible soit approuvée par le fabricant du câble.

La contrainte maximale appliquée aux conducteurs des câbles souples en matériau autre que le cuivre doit entrer dans la spécification du fabricant du câble.

NOTE Les conditions suivantes influent sur la contrainte de traction des conducteurs:

– les forces d'accélération;

– la vitesse du mouvement;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– le poids mort des câbles;

– la méthode de guidage;

– la conception du tambour de câbles.

13 Pratiques du câblage

13.1 Raccordement et cheminement

13.1.1 Exigences générales

13.1.1.1 Généralités

Tous les raccordements, en particulier ceux du circuit de protection, doivent être protégés contre un desserrage accidentel.

Les moyens de raccordement doivent être adaptés à la section et aux propriétés des conducteurs à raccorder.

13.1.1.2 Conducteurs multiples

Le raccordement de deux conducteurs ou plus à une borne de raccordement n'est admis que si la borne est déclarée par le fabricant appropriée à cet effet. Cependant, un seul conducteur de protection doit être raccordé à une borne de raccordement.

13.1.1.3 Connexions soudées

Les connexions soudées ne doivent être admises que sur les bornes prévues à cet effet. Le conducteur doit être fixé de sorte que la fiabilité de sa fixation ne dépende pas uniquement de la soudure pour maintenir le conducteur en position.

13.1.1.4 Bornes sur blocs de jonction

Les bornes sur les blocs de jonction doivent être clairement repérées ou étiquetées afin de correspondre aux indications des schémas.

Lorsqu'un raccordement électrique incorrect (par exemple suite au remplacement de certains appareils) peut constituer une source de danger, il convient de réduire autant que possible l'éventualité d'un raccordement incorrect par des mesures de conception en sus des dispositions d'identification des conducteurs et/ou des bornes conformément à 13.4.

13.1.1.5 Conduits souples et câbles souples

L'installation de conduits souples et de câbles souples doit être telle que les liquides s'écouleront à l'extérieur à partir des accessoires.

13.1.1.6 Moyens de rétention des brins

Des moyens de rétention des brins de conducteurs et des blindages 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.

13.1.1.7 Blocs de jonction

Les blocs de jonction doivent être raccordés et montés de telle façon que les câblages internes et externes ne dépassent pas les bornes.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.1.1.8 Intégration des conducteurs

L'intégration des conducteurs dans l'équipement de fabrication doit être telle que leurs courants admissibles ne soient pas diminués de façon excessive par des influences mécaniques, chimiques, thermiques ou toute autre influence.

NOTE Une réduction du conducteur peut être nécessaire.

13.1.2 Cheminement des conducteurs et des câbles

Les conducteurs et les câbles doivent cheminer d'une borne à l'autre sans épissures ni raccordements. Les connexions utilisant des ensembles fiche-prise avec une protection adaptée contre les déconnexions accidentelles ne sont pas considérées comme des connexions dans le cadre de ce paragraphe.

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 disposer d'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.

13.1.3 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 un conduit, un système de goulottes) ou du même câble multiconducteur, lorsque ces dispositions ne sont pas de nature à nuire au fonctionnement sûr des circuits respectifs.

Lorsque ces circuits fonctionnent sous des tensions différentes, les conducteurs doivent être séparés par des barrières adéquates ou isolés pour la tension la plus élevée à laquelle est prévu d'être soumis n'importe quel conducteur de la canalisation, par exemple la tension entre phases pour les systèmes non mis à la terre et la tension phase-terre pour les systèmes mis à la terre.

13.1.4 Conducteurs inférieurs à 50 mm^2

Les conducteurs inférieurs à 50 mm^2 ne doivent pas être reliés en parallèle aux mêmes bornes pour atteindre le courant admissible nécessaire.

13.1.5 Exposition à la température des conducteurs

Les conducteurs et leurs isolants ne doivent pas être exposés à des températures supérieures à leurs caractéristiques de température pour des conditions de fonctionnement normal et des conditions de défaut.

13.1.6 Températures aux bornes

Si une borne de composant a une caractéristique de température inférieure à celle du conducteur relié à ce dernier, il convient alors que le conducteur soit dimensionné en conséquence et muni d'une protection contre les surintensités, afin d'assurer que sa température ne dépasse pas celle aux bornes.

13.2 Ensembles à plusieurs prises

Les ensembles à plusieurs prises sont admis, sous réserve qu'ils satisfassent à tous les critères suivants:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

a) être installés de façon permanente;

b) être fabriqués pour un usage industriel;

c) disposer d'une enveloppe qui subira avec succès l'essai de 18.11;

d) disposer d'une enveloppe métallique, plastique de caractéristique V-0 (voir la CEI 60695-11-10), ou équivalente;

e) chaque embase doit avoir un branchement de conducteur de protection individuel qui passera avec succès l'essai de 18.3.

NOTE Il convient de ne pas procéder au raccordement en série du conducteur de protection d'une embase à une autre embase (voir la CEI 60364-5-54).

13.3 Ensembles fiche-prise

Lorsque des ensembles fiche-prise sont prévus, ils doivent satisfaire aux exigences suivantes.

a) Lorsqu'un ensemble fiche-prise a un contact de protection, il doit s'agir d'un contact premier fermé dernier ouvert.

b) Le composant qui reste sous tension après le débranchement doit fournir un degré de protection d'au moins IP2X ou IPXXB, en prenant en compte les distances d'isolement et lignes de fuite exigées. Les circuits TBTP ne sont pas concernés par cette exigence.

NOTE Cela signifie généralement qu'il convient d'utiliser uniquement des connecteurs de câbles femelles pour fournir l'alimentation, afin d'empêcher l'accès aux contacts électriques qui sont alimentés par une tension dangereuse.

c) Les enveloppes métalliques des ensembles fiche-prise doivent être raccordées au circuit de protection. Les ensembles fiche-prise ne comportant que des circuits TBTP ne sont pas concernés par cette exigence.

d) Lorsque plusieurs ensembles fiche-prise sont prévus dans le même équipement électrique, les combinaisons associées doivent être clairement identifiables. Si un mauvais branchement est raisonnablement prévisible et peut entraîner une situation dangereuse, ces ensembles fiche-prise ne doivent alors pas pouvoir être physiquement mal branchés. Dans tous les cas, il est recommandé d'utiliser un détrompage mécanique afin d'éviter une insertion incorrecte.

e) Il convient que les ensembles fiche-prise soient assignés pour au moins 125 % de la charge (courant) de conception assignée maximale destinée au circuit.

13.4 Identification des conducteurs

13.4.1 Exigences générales

Chaque conducteur doit être identifiable à chacune de ses extrémités, conformément à la documentation technique (voir Article 17).

Il est recommandé (par exemple pour faciliter la maintenance) que les conducteurs soient identifiés par un chiffre, un caractère alphanumérique, une couleur (pleine ou avec une ou plusieurs bandes), ou une combinaison de couleurs et de chiffres ou de caractères alphanumériques. Si des chiffres sont utilisés, ils doivent être arabes; les lettres doivent être romaines (qu'elles soient majuscules ou minuscules).

13.4.2 Identification du conducteur de protection

Le conducteur de protection doit pouvoir être facilement distingué par sa forme, son emplacement, son marquage, sa construction ou sa couleur. Lorsque seule l'identification par la couleur est utilisée, la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE 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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Lorsque le conducteur de protection peut être aisément identifié par sa forme, son emplacement ou sa construction (par exemple un conducteur tressé, un conducteur câblé nu), ou lorsque le conducteur isolé n'est pas normalement accessible, le codage par la couleur sur toute la longueur n'est pas nécessaire, mais au moins les extrémités doivent être clairement repérées par le symbole graphique CEI 60417-5019 (2002-10) ou par la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

NOTE Ceci signifie, par exemple, qu'un conducteur de protection peut être vert, s'il est identifié par certains moyens supplémentaires tels que le symbole CEI 60417-5019 (2002-10).

13.4.3 Identification du conducteur neutre par la couleur

Lorsque le circuit comprend un conducteur neutre, identifié par la couleur seule, la couleur utilisée pour ce conducteur doit être le BLEU. Pour éviter la confusion avec d'autres couleurs, il est recommandé qu'un bleu non saturé soit utilisé, appelé ici "bleu clair" (voir la CEI 60446). Si la couleur choisie est la seule identification du conducteur neutre, cette couleur ne doit pas être utilisée pour identifier un autre conducteur si la confusion est possible.

NOTE Ce critère signifie, par exemple, qu'un conducteur neutre peut être blanc, s'il est identifié par certains moyens autres que la couleur seule, comme par exemple par le symbole N.

Lorsque l'identification par la couleur est utilisée, les conducteurs non isolés utilisés comme conducteurs neutres doivent être soit colorés par une bande, de 15 mm à 100 mm de large dans chaque boîtier ou équipement et sur chaque emplacement accessible, soit colorés sur toute leur longueur.

13.4.4 Identification par la couleur

Si le code de couleurs est utilisé pour l'identification des conducteurs, il est recommandé d'utiliser cette couleur sur toute la longueur du conducteur, soit par la couleur de l'isolant, soit avec des marques de couleur à intervalles réguliers et aux extrémités des conducteurs ou emplacements accessibles.

Pour des raisons de sécurité, il convient 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 13.4.2).

L'identification par couleur avec des combinaisons de couleurs peut être utilisée, sous réserve qu'il n'y ait pas de possibilité de confusion avec le VERT-et-JAUNE et si le VERT ou le JAUNE ne sont pas utilisés, à l'exception de la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

Le blanc, le gris ou le bleu clair ne doivent pas être utilisés pour identifier des conducteurs autres que le conducteur neutre.

Si le code de couleurs est utilisé pour l'identification des conducteurs, les couleurs suivantes sont recommandées:

- NOIR: circuits en courant alternatif et en courant continu alimentés par une tension dangereuse.

13.4.5 Câblage à l'intérieur des enveloppes

13.4.5.1 Protection du câblage

Les conducteurs et les câbles ne doivent pas être soumis à des contraintes physiques pouvant provoquer des dommages.

Les conducteurs à l'intérieur des enveloppes 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 flamme disposant d'une caractéristique d'inflammabilité minimale de V-0.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Les caractéristiques d'inflammabilité et les essais sont donnés dans la CEI 60695-11-10.

Le câblage qui transporte une tension dangereuse, situé à l'intérieur des enveloppes, doit être acheminé afin d'éviter les dommages mécaniques au cours de la maintenance ou de la recherche de défauts, et doit être maintenu en place par des moyens appropriés.

Le câblage doit être protégé de tout contact avec des liquides qui peuvent être présents dans des conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles, à moins que le câblage ne soit assigné correctement pour résister au contact avec ces liquides.

Des guide-fils peuvent être utilisés pour le cheminement des conducteurs. Cependant, ces guides doivent être construits de façon à ne pas affecter défavorablement l'isolation des conducteurs qu'ils sécurisent.

13.4.5.2 Accès

Il est recommandé que l'équipement électrique monté à l'intérieur des enveloppes soit conçu et construit de manière à permettre l'accès au câblage à partir de la face avant de l'enveloppe électrique (voir aussi 11.2.1). Lorsque cela n'est pas possible, et lorsque les appareils de commande sont raccordés en fond d'enveloppe, des portes d'accès ou des panneaux pivotants doivent être prévus.

Les raccordements aux appareils montés sur les portes, ou sur d'autres parties amovibles doivent être réalisés avec des conducteurs souples conformes à 12.5, pour permettre un mouvement fréquent de ces éléments. Les conducteurs doivent être fixés aux parties fixes et aux parties mobiles, indépendamment des raccordements électriques (voir également 8.2.3 et 11.2.1).

13.4.5.3 Câblage s'étendant au-delà de l'enveloppe

Il convient que les blocs de jonction ou les ensembles fiche/prise soient utilisés pour le câblage de commande s'étendant au-delà de l'enveloppe.

Les câbles de puissance et les câbles des circuits de mesure peuvent être raccordés directement aux bornes des appareils pour lesquels le raccordement a été prévu.

13.5 Câblage à l'extérieur des enveloppes

13.5.1 Exigences générales

Les dispositifs prévus pour le passage de câbles ou de canalisations et leurs propres presse-étoupes, manchons, etc., à l'intérieur d'une enveloppe doivent être tels que le degré de protection exigé (degré IP) de l'enveloppe soit obtenu.

13.5.2 Ensembles fiche-prise à l'extérieur des enveloppes électriques

Lorsque des ensembles fiche-prise sont prévus à l'extérieur d'une enveloppe électrique, ils doivent satisfaire aux exigences suivantes.

a) Lorsqu'ils sont correctement installés selon e), les ensembles fiche-prise doivent être d'un type tel qu'ils empêchent à tout moment un contact fortuit avec des parties actives, y compris pendant l'insertion ou le retrait des prises mobiles. Le degré de protection doit être au moins IPXXB. Les circuits TBTP ne sont pas concernés par cette exigence.

b) Les ensembles fiche-prise destinés à être raccordés ou débranchés en charge doivent avoir un pouvoir de coupure en charge suffisant. Si l'ensemble fiche-prise est calibré pour 30 A ou plus, il doit être interverrouillé avec un appareil de connexion, de telle sorte que l'insertion ou le retrait ne soient possibles que si l'appareil de connexion est dans la position HORS TENSION.

c) Les ensembles fiche-prise calibrés pour plus de 16 A doivent être équipés de dispositifs de retenue pour empêcher un débranchement fortuit ou accidentel.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

d) Si le débranchement fortuit ou accidentel d'ensembles fiche-prise peut entraîner une situation dangereuse, ils doivent alors être équipés d'un dispositif de retenue et doivent être clairement identifiés de façon qu'ils ne soient pas prévus pour être débranchés en charge.

e) Le composant qui reste sous tension après le débranchement doit fournir un degré de protection d'au moins IP2X ou IPXXB, ou dans le cas de tensions supérieures à 1 000 en courant alternatif ou 1 500 en courant continu, IP2XH ou IPXXBH. Les ensembles fiche-prise ne comportant que des circuits TBTP ne sont pas concernés par cette exigence.

13.5.3 Câbles et conducteurs à l'extérieur des enveloppes électriques

Les câbles et conducteurs à l'extérieur de l' (des) enveloppe(s) électrique(s) doivent être soit enfermés dans des canalisations, soit être d'un type approprié à une installation sans canalisations.

13.5.4 Canalisations

Les canalisations et leurs accessoires associés doivent être adaptés à l'environnement physique anticipé dans lequel ils sont installés.

13.5.5 Postes de commande pendants

Un conduit souple ou un câble multiconducteur souple doit être utilisé s'il est nécessaire d'utiliser des raccordements souples aux postes de commande pendants. Le poids des postes de commande pendants 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.

13.5.6 Dispositif d'arrêt de traction

Les câbles ou les conducteurs qui sortent d'une enveloppe électrique doivent être munis d'un dispositif d'arrêt de traction adéquat pour s'assurer qu'une traction mécanique ne peut pas déplacer les terminaisons. La conformité est vérifiée en effectuant un essai du dispositif d'arrêt de traction, conformément à 18.6.

13.5.7 Protection des câbles souples

Les câbles souples doivent être protégés, afin d'éviter une rupture de l'isolation due à des conditions de fonctionnement normal, à des conditions de premier défaut ou à un mauvais usage prévisible. Certains des facteurs qu'il convient de prendre en compte sont les suivants:

a) les parties de la machine en mouvement,

b) les supports ou les guides-câbles,

c) l'abrasion,

d) l'exposition aux liquides et aux gaz,

e) l'exposition aux rayonnements,

f) les températures dépassant les spécifications,

g) le rayon de courbure des câbles.

13.5.8 Distances d'isolement entre les câbles et les parties mobiles

Lorsque les câbles sont soumis à des mouvements ou qu'ils sont acheminés à proximité des parties mobiles, une distance d'isolement adéquate entre les câbles et les parties mobiles doit être maintenue.

NOTE Une distance d'isolement minimale de 25 mm entre les parties mobiles et les câbles est recommandée.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.5.9 Distances d'isolement entre les conduits souples et les parties mobiles

Lorsqu'un conduit souple est adjacent à des parties mobiles, la construction et les moyens de fixation doivent satisfaire à ce qui suit:

a) éviter des dommages sur le conduit souple dans des conditions de fonctionnement normal;
b) éviter des dommages sur l'isolation des conducteurs à l'intérieur du conduit, dans des conditions de premier défaut;
c) éviter la mise en contact avec des parties mobiles ou des structures qui pourraient provoquer des dommages sur l'isolation.

13.5.10 Interconnexion de l'équipement électrique

Il convient que les conducteurs qui sont reliés entre des sous-systèmes au moment de l'installation aient un espace de courbure conforme à l'Annexe C.

Il est recommandé que les connexions entre ces sous-systèmes soient réalisées sur des bornes formant des points de contrôle intermédiaires ou des ensembles fiche/prise. Ces bornes ou ces ensembles fiche/prise doivent être placés de façon appropriée, protégés convenablement et indiqués sur les schémas correspondants.

13.5.11 Démontage pour le transport

Lorsqu'il est nécessaire de débrancher le câblage pour le transport, les bornes ou ensembles fiche-prise doivent être prévus 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 du stockage.

13.6 Canalisations, boîtes de raccordement et autres boîtiers

13.6.1 Généralités

Il convient que le taux de remplissage des canalisations ne dépasse pas 50 % de la section intérieure de la canalisation.

NOTE Il convient de tenir compte de tous les autres facteurs de limitation pour les conducteurs et les câbles. Par exemple, les limites de températures peuvent réduire le nombre de conducteurs admissibles.

Le conduit non souple et souple et les accessoires doivent être adaptés aux conditions d'utilisation anticipées. Les conduits doivent être maintenus en place de façon sûre.

Les accessoires doivent être compatibles avec le conduit et adaptés à l'application.

Les accessoires doivent être sécurisés par des dispositifs qui exigent l'utilisation d'un outil pour leur retrait.

Les courbures des conduits doivent être réalisées de façon que les conduits ne soient pas endommagés et que le diamètre interne du conduit ne soit pas diminué de façon significative.

Les boîtes de raccordement doivent assurer une protection contre l'intrusion de substances pouvant endommager l'isolation.

La taille de la boîte de raccordement doit être suffisante pour permettre une dissipation de la chaleur générée en fonctionnement normal.

Les chemins de câbles partiellement recouverts ne sont pas considérés comme des canalisations ou des systèmes de goulottes. Les câbles utilisés dans ces chemins de câbles doivent être d'un type adapté à l'installation dans les chemins de câbles.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13.6.2 Systèmes de goulottes

Les systèmes de goulottes extérieurs aux enveloppes doivent être fixés de façon rigide et éloignés de toute partie mobile, et être convenablement protégés pour l'environnement.

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 moyens convenables. Sur les systèmes de goulottes horizontaux, le couvercle ne doit pas être sur la partie inférieure, sauf si elle est conçue spécifiquement pour une telle installation.

NOTE Les exigences pour les systèmes de goulottes et de conduits-profilés pour installations électriques sont données dans la CEI 61084.

Lorsque le système de goulottes est fourni en sections, les joints entre sections doivent s'emboîter parfaitement, mais ne sont pas nécessairement étanches.

Les seules ouvertures autorisées doivent être celles nécessaires au câblage ou à l'évacuation des liquides et doivent être conformes à leur degré IP. Les systèmes de goulottes ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées.

13.6.3 Compartiments de l'équipement de fabrication et systèmes de goulottes

L'utilisation de compartiments ou de systèmes de goulottes à l'intérieur d'un équipement de fabrication pour envelopper les conducteurs est admise, à condition que les compartiments, ou les systèmes de goulottes, soient entièrement fermés et soient isolés des raccords de tuyauterie ou des réservoirs contenant des fluides. Le cheminement des conducteurs dans les compartiments fermés et dans les systèmes de goulottes doit être protégé et arrangé de façon telle que les conducteurs ne soient pas soumis à des détériorations.

13.6.4 Boîtes de raccordement et autres boîtiers

Les boîtes de raccordement et autres boîtiers utilisés pour le câblage doivent être facilement accessibles pour la maintenance. Ces boîtes doivent assurer une protection contre la pénétration des corps solides et des liquides, en tenant compte des influences externes dans lesquelles l'équipement électrique est prévu pour fonctionner (voir 11.3).

Ces boîtes ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées ni aucune autre ouverture et doivent être conçues pour exclure les liquides et les solides.

14 Moteurs électriques et équipements associés

14.1 Exigences générales

Ce paragraphe s'applique aux moteurs en courant alternatif et en courant continu assignés pour 240 VA et plus.

Le matériel d'entraînement du moteur, comme les courroies et les poulies, doit être protégé correctement, de telle sorte que l'entretien et la réparation puissent être réalisés sans exposer le personnel à des risques de blessures, en prenant en compte l'éventuel besoin d'entretien et de réparation des équipements à proximité.

Si cela est exigé pour l'entretien ou la réparation, les moteurs et les matériels d'entraînement des moteurs doivent être accessibles pour la lubrification, l'entretien et le remplacement.

Si le fonctionnement d'un frein mécanique augmente la possibilité d'écrasement ou de situations dangereuses, il convient de fournir une méthode de desserrage des freins.

Lorsque des substances pouvant entraîner un risque accru de choc électrique, d'incendie ou de dommages sur le moteur peuvent être présentes dans des conditions de défaut

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

raisonnablement prévisibles, les moteurs et leurs terminaisons doivent être protégés contre la pénétration de substances de ce type.

Le moteur et/ou sa charge doit être marqué(e) par des flèches indicatrices, si un sens incorrect de rotation peut entraîner un risque accru.

Les moteurs doivent comporter des marquages indiquant le nom du fabricant et le numéro de pièce ainsi que les caractéristiques assignées de tension, de courant et de fréquence d'alimentation.

EXCEPTION: Les caractéristiques assignées de tension, de courant et de fréquence d'alimentation peuvent être fournies dans la documentation afférente si elles peuvent être retrouvées à partir du nom du fabricant et du numéro de pièce sur le moteur.

14.2 Moteurs installés à distance

Les moteurs installés à distance (moteurs qui ne sont pas intégrés à l'équipement de fabrication) doivent avoir un moyen de sectionnement de tous les conducteurs non reliés à la terre dans le champ visuel du moteur, et à une distance de moins de 3 m de ce dernier.

14.3 Dimensions des moteurs

Autant que possible, il convient que les dimensions des moteurs satisfassent à celles indiquées dans les normes de la série CEI 60072.

14.4 Montage des moteurs et compartiments moteurs

Chaque moteur et ses accouplements, courroies, poulies, ou chaînes associés, doivent être montés de façon à être correctement protégés et à être accessibles si nécessaire pour le contrôle, l'entretien, 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 sorte qu'un refroidissement correct puisse être réalisé.

NOTE 1 Les classes thermiques sont définies dans la CEI 60034-1.

NOTE 2 Il convient que la ventilation relative à l'extraction de la chaleur soit raccordée directement à l'extérieur de l'équipement de fabrication.

15 Accessoires et éclairage

15.1 Accessoires

Lorsque l'équipement de fabrication est pourvu de socles destinés à être utilisés avec du matériel accessoire (par exemple l'outillage électroportatif, le matériel d'essai), ils doivent satisfaire à toutes les exigences suivantes:

- les socles accessibles sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil doivent être protégés par un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) à un niveau approprié pour la protection du personnel;
- les socles doivent porter un marquage clair des caractéristiques assignées de tension et de courant;
- la continuité du circuit de protection doit être assurée au niveau des socles, sauf dans le cas où la protection est assurée par la TBTP;
- tous les conducteurs non reliés à la terre et raccordés au socle doivent être protégés contre les surintensités conformément aux dispositions de l'Article 7.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

15.2 Eclairage local de l'équipement de fabrication

15.2.1 Généralités

Les liaisons avec le circuit de protection doivent être conformes à 8.2.2.

L'éclairage local ne doit pas contenir d'interrupteurs ni d'embases, tels qu'une exposition aux liquides ou à d'autres substances puisse augmenter le risque de chocs électriques.

15.2.2 Alimentation

La tension nominale du circuit d'éclairage local ne doit pas dépasser 250 V entre conducteurs. Une tension ne dépassant pas 50 V entre conducteurs est recommandée.

Les circuits d'éclairage doivent être alimentés par l'une des sources suivantes (voir également 7.2.5):

- un transformateur d'isolement dédié raccordé en aval de l'appareil de sectionnement de l'alimentation. Une protection contre les surintensités doit être prévue dans le circuit secondaire;
- un transformateur d'isolement dédié raccordé en amont de l'appareil 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 dans le circuit secondaire (voir aussi 5.3.5 et 13.1.3);
- un circuit de l'équipement de fabrication ayant une protection dédiée contre les surintensités;
- un transformateur d'isolement raccordé en amont de l'appareil de sectionnement de l'alimentation, équipé d'un moyen dédié de sectionnement sur le primaire (voir 5.3.5) et d'un dispositif de protection contre les surintensités sur le secondaire, et monté dans l'armoire de commande placée à côté des appareils de sectionnement de l'alimentation (voir aussi 13.1.3);
- un circuit d'éclairage alimenté de l'extérieur (par exemple l'alimentation de l'éclairage d'une usine). Cela doit être admis seulement dans les armoires, et pour l'éclairage de travail des équipements de fabrication, si la puissance assignée totale ne dépasse pas 3 kW (voir aussi 7.2.9).

EXCEPTION: si les luminaires fixes sont situés hors de portée des personnes pendant le fonctionnement normal, les règles de ce paragraphe ne s'appliquent pas.

15.2.3 Protection

Les circuits d'éclairage local doivent être protégés, conformément à 7.2.5.

15.2.4 Accessoires

Les accessoires réglables des luminaires doivent être adaptés aux conditions d'environnement et l'exposition aux liquides ou à d'autres substances ne doit pas augmenter le risque de chocs électriques ou d'incendie.

Lorsque les accessoires réglables sont à portée des personnes pendant le fonctionnement normal, le réflecteur doit être supporté par des moyens mécaniques autres que la douille.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

16 Marquages, signaux d'avertissement et désignations de référence

16.1 Généralités

Les signaux d'avertissement, plaques signalétiques, marquages et plaques d'identification doivent être de durabilité suffisante pour supporter les conditions d'environnement prévues.

16.2 Signaux d'avertissement de danger de choc électrique

Les enveloppes qui contiennent des tensions dangereuses doivent être marquées avec le symbole graphique CEI 60417-5036 (2002-10).

Le signal d'avertissement doit être complètement visible sur la porte ou sur le couvercle de l'enveloppe.

NOTE 1 Il convient de porter attention à l'étiquetage supplémentaire à ou aux emplacement(s) du danger électrique.

NOTE 2 Des exigences supplémentaires pour les étiquettes de sécurité utilisées dans l'industrie de fabrication des semi-conducteurs sont données dans le document SEMI S1.

16.3 Identification fonctionnelle

Les dispositifs de commande d'interface humaine, les indicateurs et les afficheurs (particulièrement ceux relatifs à des fonctions de sécurité) doivent être clairement et durablement identifiés ou marqués suivant leurs fonctions, soit sur eux-mêmes soit à proximité.

16.4 Plaque signalétique de l'équipement

Il convient de fixer une plaque signalétique permanente sur l'enveloppe électrique principale de l'équipement de fabrication, à un endroit où elle est facilement visible après installation. Cette plaque signalétique doit comprendre les informations suivantes:

a) le nom et l'adresse du fabricant,

b) le nom, le modèle et le numéro de série de l'équipement,

c) la tension d'alimentation,

d) le nombre de phases,

e) le nombre de conducteurs,

f) la fréquence,

g) le courant de pleine charge,

h) le courant assigné du moteur ou de la charge le (la) plus grand(e),

i) le pouvoir de coupure en court-circuit de l'équipement électrique associé à chaque source d'alimentation,

j) le courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités de l'alimentation, lorsqu'il est fourni comme partie de l'équipement électrique, et

k) le ou les numéros du schéma électrique ou le numéro de l'indice correspondant aux schémas électriques (facture des matériaux).

Le courant de pleine charge indiqué sur la plaque signalétique ne doit pas être inférieur aux courants combinés de tous les moteurs et des autres équipements électriques qui peuvent être en service au même instant dans les conditions normales d'utilisation.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

16.5 Désignations de référence

Toutes les enveloppes, ensembles, appareils et composants doivent être totalement identifiés avec la même désignation de référence que celle donnée dans la documentation technique.

Les composants doivent être identifiés sur la surface de montage adjacente au composant, de sorte que le composant puisse être identifié à partir de la documentation décrite à l'Article 17, à moins que la documentation technique ne fournisse un schéma de l'enveloppe électrique avec l'identification des composants.

17 Documentation technique

17.1 Généralités

Les informations nécessaires pour l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement électrique doivent être fournies sous la forme de dessins, schémas, diagrammes, tableaux et instructions. Les informations prévues peuvent varier suivant la complexité de l'équipement électrique. Pour un équipement électrique 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.

NOTE 1 La documentation technique fournie avec les éléments d'équipement électrique peut constituer une partie de la documentation de l'équipement de fabrication.

NOTE 2 Dans certains pays, l'exigence d'utilisation d'une (de) langue(s) particulière(s) est couverte par les exigences légales.

17.2 Informations à fournir

Les informations à fournir avec l'équipement électrique doivent comprendre:

a) une liste des documents fournis;

b) une description claire et complète de l'équipement électrique, de son installation et de son montage, et de son raccordement au(x) réseau(x) électrique(s) d'alimentation, y compris son raccordement au conducteur de protection externe;

c) les exigences de la ou des alimentations électriques au point de raccordement de l'équipement, y compris les tolérances et les variations de tension de courte durée admises (voir 4.3);

d) le domaine de températures de l'air ambiant;

e) les limitations relatives à l'altitude de l'installation;

f) l'humidité de l'installation de fonctionnement;

g) les informations relatives à d'autres aspects de l'environnement physique (par exemple: l'éclairage, les vibrations, les niveaux de bruit, les polluants atmosphériques) le cas échéant;

h) le ou les schémas d'ensemble (fonctionnels), s'il y a lieu;

i) le ou les schémas des circuits;

j) les informations (s'il y a lieu) concernant:

   1) la programmation, si nécessaire pour l'utilisation de l'équipement électrique;

   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, la recherche de défauts et la réparation de l'équipement, particulièrement ceux relatifs aux appareils et circuits de protection; et

   6) la liste recommandée des pièces de rechange;

   7) la liste des outils fournis;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8) lorsqu'une alimentation sans interruption (ASI) est utilisée, sa fonction et son câblage doivent être décrits de manière claire dans la documentation du fabricant;

k) une description fonctionnelle des circuits de verrouillage de protection et autres moyens de protection, qui comprend des détails suffisants pour expliquer leur fonctionnement, leur étalonnage et leurs essais;

l) une description de la protection et des moyens prévus lorsqu'il est nécessaire de neutraliser cette protection (par exemple le réglage ou la maintenance), aussi bien que les mesures destinées à réduire les risques si la protection est neutralisée (voir 9.1.6);

m) les instructions sur les procédures de mise en sécurité de l'équipement de fabrication pour une maintenance en sécurité, par exemple le déverrouillage des appareils de sectionnement de l'alimentation; (voir aussi 17.8);

n) les informations sur la manutention, le transport et le stockage;

o) les informations relatives aux courants de charge, aux courants d'appel au démarrage, selon le cas;

p) les informations sur les risques résiduels résultant des mesures de protection adoptées, l'indication de la nécessité de toute formation particulière et les spécifications de tous les équipements nécessaires de protection du personnel;

q) les explications de tous les symboles utilisés sur les dispositifs d'interface humaine si leur identification repose l'usage de tels symboles.

17.3 Exigences applicables à toute documentation

Un tableau identifiant les désignations de référence (référence clé) doit être fourni. Il convient que le système de désignation de référence des documents soit conforme à la série CEI 61346.

17.4 Documents d'installation

17.4.1 Généralités

Les instructions d'installation doivent donner toutes les informations nécessaires à l'installation complète et au démarrage sûr du système.

17.4.2 Câbles d'alimentation

La position recommandée, le type et les sections des câbles d'alimentation à installer sur le site doivent être clairement indiqués.

17.4.3 Dispositifs de protection contre les surintensités

Les données nécessaires pour choisir le type, les caractéristiques, les courants assignés et les réglages du ou des dispositifs de protection contre les surintensités pour les câbles d'alimentation de l'équipement électrique doivent être définies (voir 7.2.2).

17.4.4 Canalisations, chemins de câbles ou supports de câbles

La taille, l'usage et l'emplacement de toutes les canalisations que l'utilisateur devra fournir, doivent être documentés.

La taille, le type et l'usage des canalisations, chemins et supports de câbles, entre les sous-systèmes de l'équipement de fabrication, que l'utilisateur devra fournir, doivent être documentés.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

17.4.5 Schémas

Si nécessaire, le schéma doit indiquer si un emplacement est exigé pour la dépose, la recherche de défauts ou la maintenance de l'équipement électrique.

NOTE 1 Des exemples de schémas d'installation peuvent être trouvés dans la CEI 61082-1.

De plus, s'il y a lieu, un schéma (montrant les raccordements des interfaces) 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 plusieurs sources alternatives d'alimentation électrique (par exemple de tensions différentes), 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 schémas/tableaux de raccordement peuvent être trouvés dans la CEI 61082-1.

17.5 Schémas d'ensemble et schémas fonctionnels

Lorsque cela est nécessaire pour faciliter la compréhension des principes de fonctionnement, un schéma d'ensemble doit être fourni. Un schéma d'ensemble représente symboliquement l'équipement électrique ainsi que ses relations fonctionnelles, sans nécessairement décrire tous les raccordements.

NOTE 1 Des exemples de schémas d'ensemble peuvent être trouvés dans la CEI 61082-1.

Des schémas fonctionnels peuvent être prévus soit comme parties du schéma d'ensemble, soit en complément à celui-ci.

NOTE 2 Des exemples de schémas fonctionnels peuvent être trouvés dans la CEI 61082-1.

17.6 Schémas des circuits

Un ou plusieurs schémas des circuits doivent être fournis. Ce ou ces schémas doivent montrer les circuits électriques sur l'équipement de fabrication et son équipement électrique associé, et attirer l'attention sur les circuits de verrouillage de protection et le circuit de coupure d'urgence. Tout symbole graphique ne figurant pas dans la CEI 60617 doit être séparément indiqué et décrit sur les schémas ou documents associés. Il convient que les symboles et l'identification des composants et appareils soient cohérents pour tous les documents et sur l'équipement électrique.

S'il y a lieu, un schéma montrant les bornes pour les raccordements d'interface (schéma d'interconnexion) doit être fourni. Ce schéma peut être utilisé en conjonction avec le ou les schémas des circuits pour simplification. Il convient que le schéma contienne une référence au schéma des circuits documenté de chaque unité prévue pour être mise en fonction, entretenue, ou réparée dans l'activité.

NOTE Les symboles des appareils de coupure figurent généralement sur les schémas électromécaniques avec toutes les alimentations au repos (par exemple l'alimentation électrique, l'air, l'eau, le lubrifiant).

Les conducteurs doivent être identifiés conformément à 13.4.

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.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

17.7 Documentation relative au fonctionnement

La documentation technique doit comporter des instructions de fonctionnement détaillant toutes les procédures adéquates pour le démarrage et l'utilisation de l'équipement électrique. Il convient de porter une attention particulière aux mesures de sécurité prévues.

17.8 Documentation relative à la maintenance

17.8.1 Généralités

La documentation technique doit comporter des instructions détaillant les procédures appropriées pour le réglage, le nettoyage, la maintenance et le contrôle préventif, le remplacement et la réparation. Il convient de prêter attention à la façon dont ces procédures peuvent être effectuées en toute sécurité. Il convient d'inclure dans ces instructions des recommandations sur la périodicité et l'enregistrement de la maintenance. Lorsque des méthodes pour la vérification du fonctionnement approprié sont prévues (par exemple les programmes d'essai de logiciel), l'usage de telles méthodes doit être détaillé.

NOTE Il convient d'identifier les activités de maintenance pour lesquelles l'utilisateur n'a pas l'autorisation du fabricant dans les instructions de maintenance. Les instructions de maintenance spécifiques à ces activités ne sont pas exigées par ce paragraphe.

17.8.2 Identification des pièces de rechange

Il convient que les pièces prévues pour être remplacées par l'utilisateur (les consommables programmés et toutes les autres pièces susceptibles d'être remplacées dans une mesure raisonnable au cours de la durée de vie prévue de l'équipement) soient identifiées dans les instructions utilisateur avec des informations suffisantes relatives à leur identification, leur acquisition et leur remplacement correct.

18 Essais

18.1 Généralités

18.1.1 Programme d'essais

La vérification de la conformité aux exigences de la présente norme comprend les éléments suivants:

a) vérification de la conformité de l'équipement électrique avec la documentation technique;
b) essai de continuité de terre et de continuité du circuit de protection;
c) essai diélectrique;
d) essai de courant d'entrée;
e) essai en température;
f) essai fonctionnel du verrouillage de protection;
g) essai fonctionnel du circuit de coupure d'urgence.

Les autres essais du présent article sont requis le cas échéant.

18.1.2 Conditions d'essai

Les essais décrits dans cet article doivent être réalisés par des personnes qualifiées ou averties, connaissant les techniques et les appareillages d'essai décrits ici. Il convient que tous les matériels d'essai soient correctement étalonnés.

Sauf spécification contraire dans la présente norme, l'équipement électrique doit être soumis aux essais dans les conditions figurant dans les limites des spécifications de fonctionnement

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

du fabricant, qui sont les moins favorables à ces essais. Les paramètres à modifier peuvent comprendre, de façon non limitative, ce qui suit:

a) la tension d'alimentation,

b) la fréquence d'alimentation,

c) le mode de fonctionnement (par exemple, toutes les conditions de température, moteurs en fonctionnement), et

d) le réglage des thermostats, des dispositifs de régulation ou des appareils de commande similaires situés dans des zones accessibles par l'opérateur.

Les essais de continuité de terre et de courants de fuite identifiés en18.2 et 18.3 doivent être réalisés sur l'équipement entièrement assemblé. Ces essais n'ont pas besoin d'être réalisés individuellement sur des composants non assemblés ou des sous-ensembles.

Les essais peuvent être réalisés sur des sous-ensembles indépendants de l'équipement de fabrication complet, à condition que les essais simulent les conditions les moins favorables prévues pour le fonctionnement réel des sous-ensembles, lorsqu'ils sont installés dans l'équipement de fabrication.

18.2 Essai de continuité de terre et de continuité du circuit de protection

18.2.1 Généralités

L'une ou l'autre des procédures spécifiées en 18.2.3 ou 18.2.4 peut être effectuée.

Bien que les éléments conducteurs étrangers faisant partie de l'équipement de fabrication mais pas de l'équipement électrique soient raccordés aux circuits de protection, il n'est pas opportun en cours d'essai dans certains cas ni préférable dans d'autres cas que l'équipement électrique soit raccordé aux éléments conducteurs étrangers.

Il est particulièrement important que les éléments conducteurs étrangers ne soient pas raccordés pendant l'essai de courant de fuite et les essais de continuité de terre.

L'existence de chemins de retour parallèles supplémentaires étant possible par le raccordement du circuit de protection aux éléments conducteurs étrangers pourrait, au cours d'un essai de continuité de terre, masquer des circuits de conducteurs de protection et des connexions défaillants, lesquels sont indispensables pour obtenir un chemin retour de défaut avec une faible impédance efficace.

18.2.2 Matériels d'essai

Pour la Procédure 1, un ohmmètre à faible gamme avec une gamme apte à mesurer 0,10 Ω avec une précision de ± 1,0 %.

Pour la procédure 2, une source de courant à basse tension pouvant atteindre 10 A, un ampèremètre pour mesurer 10 A avec une précision de ± 1 %, et un voltmètre avec une gamme apte à mesurer 0,01 V et une précision de ± 1 %.

18.2.3 Procédure 1

Déconnecter l'équipement électrique de la source d'alimentation. Pour les équipements électriques équipés d'un câblage fixe, déconnecter le conducteur de terre de protection de la borne du conducteur de terre de protection. Mesurer la résistance entre la borne de terre de protection et chaque partie conductrice (poignée, moniteur, portes, etc.) reliée au circuit de protection sur l'équipement, à l'aide d'un ohmmètre à faible gamme. A l'issue de l'essai, relier à nouveau le conducteur de terre de protection à la borne du conducteur de terre de protection.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.2.4 Procédure 2

Déconnecter l'équipement électrique de la source d'alimentation électrique. Pour les équipements électriques installés avec des méthodes de câblage fixe, déconnecter le conducteur de terre de protection de la borne du conducteur de terre de protection. Relier la source de courant à basse tension entre la borne du conducteur de terre de protection et la partie conductrice (poignée, moniteur, portes, etc.) reliée au circuit de protection sur le châssis ou le couvercle de l'équipement électrique. Avec un courant injecté de 10 A, mesurer la chute de tension entre chaque partie métallique accessible et la borne du conducteur de terre de protection. Calculer la résistance en divisant la tension mesurée par le courant injecté. A l'issue de l'essai, relier à nouveau le conducteur de terre de protection à la borne du conducteur de terre de protection.

NOTE Certaines normes (par exemple, la CEI 61010-1) spécifient que cet essai doit être réalisé à l'aide d'une méthode d'injection de courant utilisant plus de 10 A.

18.2.5 Résultats acceptables

La résistance entre la borne du conducteur de terre de protection et chaque partie conductrice (poignée, moniteur, portes, etc.) reliée au circuit de protection ne doit pas dépasser 0,1 Ω.

18.3 Essai de courant de fuite des équipements électriques raccordés par câble et fiche

18.3.1 Application

Cet essai n'est exigé que sur les équipements électriques raccordés par câble et fiche.

EXCEPTION: Cet essai n'est pas nécessaire sur les équipements raccordés par câble et fiche situés dans une enveloppe à l'intérieur de l'équipement de fabrication des semi-conducteurs et qui ne sont pas destinés à être débranchés pendant le fonctionnement normal, y compris la maintenance.

18.3.2 Matériels d'essai

Voltmètre à valeur efficace vraie avec une précision de ± 1 %.

Un réseau à impédance comprenant une résistance de 1 500 Ω dérivée par un condensateur de 0,15 μF.

18.3.3 Procédure

Pour les équipements reliés à la source d'alimentation avec un ensemble fiche-prise (câble et fiche), s'assurer que l'équipement est isolé (par exemple, en plaçant l'équipement sur une surface en bois ou sur une autre surface non conductrice). Relier l'équipement à sa source d'alimentation assignée, le ou les conducteurs de terre de protection étant déconnectés, et le faire fonctionner dans les conditions les moins favorables spécifiées par le fabricant. Relier le réseau d'impédance entre chaque partie métallique accessible et le conducteur de terre de protection de l'alimentation.

NOTE Le réseau d'impédance peut être un ensemble séparé ou intégré à un appareil de mesure du courant de fuite.

Mesurer la chute de tension à travers le réseau d'impédance. Calculer le courant de fuite à l'aide de la formule:

$$I_{\text{leakage}} = \frac{\text{Voltage}_{\text{measured}}}{1\,500\ \Omega}$$

18.3.4 Résultats acceptables

Le courant de fuite calculé maximal issu de la tension mesurée ne doit pas dépasser 3,5 mA pour les équipements raccordés par câble et fiche.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.4 Essai diélectrique

18.4.1 Matériels d'essai

Une minuterie avec une précision de ± 5 s. Un diélectrimètre avec une sortie de 1 500 V en courant alternatif ou 2 121 V en courant continu, à une précision de ± 1 %, des dispositifs d'indication du potentiel d'essai, ainsi qu'un indicateur sonore ou visuel du claquage diélectrique, ou une caractéristique de rejet automatique de tout élément inacceptable. Dans un essai en courant alternatif, il convient que le matériel d'essai comprenne un transformateur ayant une sortie sinusoïdale. Il convient que ce transformateur ait des caractéristiques assignées de 500 VA ou plus, à moins qu'il ne soit muni d'un voltmètre qui mesure directement le potentiel de sortie appliqué.

18.4.2 Procédure

L'équipement étant déconnecté de sa source d'alimentation électrique, appliquer un potentiel de tenue diélectrique de 1 500 V en courant alternatif ou 2 121 V en courant continu entre les parties métalliques mises sous tension du ou des circuits primaires et les parties métalliques hors tension. Les composants et dispositifs de suppression des surtensions et les composants électroniques qui peuvent être endommagés peuvent être déconnectés du circuit pour cet essai sous réserve qu'ils aient été soumis à essai sous tension conformément à leur norme de produit. Pour cet essai, les conditions suivantes doivent être établies:

a) l'équipement électrique doit être à sa température maximale de fonctionnement;

b) les interrupteurs doivent être en position "marche"; et

c) les circuits à travers les contacteurs doivent être réalisés en engageant manuellement les contacts ou en contournant les bornes du contacteur.

Atteindre le potentiel d'essai progressivement, en partant de zéro et en restant sur la valeur maximale pendant une durée d'1 min.

NOTE Un conducteur neutre, s'il est utilisé dans le circuit, est considéré comme un conducteur sous tension.

18.4.3 Résultats acceptables

L'équipement électrique ne présente pas de claquage diélectrique.

NOTE Le claquage est souvent indiqué par une diminution brutale ou une avance de tension non linéaire, lorsque la tension est augmentée. De même, un claquage est souvent indiqué par une augmentation brutale du courant. Les phénomènes de décharges partielles (en couronne) et phénomènes similaires ne sont pas pris en compte au cours de l'application de la tension d'essai.

18.5 Essai du dispositif d'arrêt de traction

18.5.1 Généralités

Cet essai est destiné à vérifier que, pour les équipements raccordés par câble et fiche, un dispositif d'arrêt de traction est prévu pour empêcher les contraintes mécaniques telles que la traction ou la torsion transmises aux bornes ou au câblage intérieur.

La procédure 1 ou la procédure 2 peut être utilisée pour démontrer la conformité à cet essai.

18.5.2 Matériels d'essai

Une minuterie avec une précision de ± 5 s. Un instrument de mesure de force étalonné pour appliquer une force de 156 N ± 1,56 N. Une surface support sur laquelle fixer l'équipement.

18.5.3 Procédure 1

Maintenir l'équipement sur une surface, de telle sorte qu'il ne bouge pas lorsque la force est appliquée au câble. Appliquer une traction directe de 156 N sur le câble d'alimentation de

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

l'équipement, à partir de l'angle le moins favorable. Si nécessaire, utiliser des poulies ou d'autres moyens pour ajuster l'angle de la force appliquée au dispositif d'arrêt de traction. Appliquer la force progressivement et maintenir la force appliquée pendant 1 min.

18.5.4 Résultats acceptables pour la procédure 1

Le câble d'alimentation ne doit pas se déplacer dans une proportion telle que des contraintes pourraient être appliquées aux connexions internes.

18.5.5 Procédure 2

Maintenir l'équipement sur une surface, de telle sorte qu'il ne bouge pas lorsque la force est appliquée au câble. Déconnecter les connexions internes pour le câble. Marquer la partie externe du câble avec une bande, lorsqu'il correspond à l'arrêt de traction. Appliquer une traction directe de 156 N sur le câble d'alimentation, à partir de l'angle le moins favorable. Si nécessaire, utiliser des poulies ou d'autres moyens pour ajuster l'angle de la force appliquée au dispositif d'arrêt de traction sur l'équipement. Appliquer la force progressivement et maintenir la force appliquée pendant 1 min.

18.5.6 Résultats acceptables pour la procédure 2

La bande ne doit pas être déplacée.

18.6 Essai de court-circuit de sortie de l'alimentation

18.6.1 Matériel d'essai

Une connexion capable de court-circuiter la sortie de chaque alimentation.

18.6.2 Procédure

Commencer avec l'alimentation sous tension mais déchargée. Court-circuiter chaque sortie d'alimentation, une par une.

EXCEPTION: Une alimentation qui a été évaluée et soumise aux essais conformément à une norme appropriée conformément à 4.2 n'a pas besoin d'être soumise à cet essai.

18.6.3 Résultats acceptables

Une condition dangereuse ne doit pas exister dans les 8 h qui suivent le début de l'essai, ou le danger de court-circuit de sortie doit être éliminé par l'activation d'un circuit ou d'un dispositif de protection.

18.7 Essai fonctionnel du circuit de verrouillage de protection

18.7.1 Procédure

Chaque verrouillage de protection est activé pour effectuer sa fonction de sécurité en produisant ou en simulant, selon le cas, les conditions dans lesquelles il est conçu pour détecter une condition potentielle d'insécurité.

18.7.2 Résultats acceptables

Les éléments suivants doivent être confirmés:

a) les verrouillages de protection, lors de l'activation, mettent automatiquement l'équipement de fabrication ou les parties correspondantes de l'équipement de fabrication en condition de sécurité;

b) lors de l'activation des verrouillages de protection, une notification de l'opérateur est fournie;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

EXCEPTION: Si un verrouillage de protection déclenche le circuit de coupure d'urgence (EMO) ou coupe autrement la puissance sur l'interface utilisateur, l'indication de l'activation n'est pas obligatoire.

c) le rétablissement du fonctionnement normal de l'équipement est empêché jusqu'à ce qu'une réinitialisation manuelle du circuit de verrouillage ait été effectuée.

18.8 Essai de décharge d'énergie accumulée dans un condensateur (voir 6.2.4)

18.8.1 Matériels d'essai

Une minuterie avec une précision de ± 1 s ou supérieure. Un voltmètre à courant continu avec une précision de ± 1,0 % de la tension à travers chaque condensateur à soumettre aux essais.

18.8.2 Procédure

Soumettre aux essais chaque condensateur qui emmagasine une énergie dangereuse (20 J ou plus). Contrôler la tension aux bornes du condensateur de manière continue. Déconnecter l'équipement électrique de l'alimentation. Enregistrer la tension aux bornes du condensateur après 10 s.

18.8.3 Résultats acceptables

Le condensateur est déchargé à moins de 60 V et 20 J dans les 10 s qui suivent la déconnexion de l'équipement électrique de l'alimentation.

NOTE La formule suivante est fournie pour calculer l'énergie:

$$J = 1/2\ CV^2$$

où J est l'énergie, en joules;

C est la capacité, en farads;

V est la tension.

18.9 Essai en température

18.9.1 Matériels d'essai

Une minuterie avec une précision de ± 5 s. Un thermomètre avec une gamme complète de résolutions et une précision de ± 0,1 °C.

18.9.2 Procédure

L'équipement doit être mis en fonctionnement à la charge de conception maximale du fabricant pendant 8 h ou jusqu'à obtention de l'équilibre thermique (selon ce qui se produit en premier). Mesurer et enregistrer la température ambiante. Mesurer et enregistrer les températures des divers composants et dispositifs, afin de les comparer avec celles du Tableau 6. Soustraire la température ambiante mesurée de 40 °C ou la température ambiante maximale spécifiée dans la documentation du fabricant, selon la plus grande valeur. Ajouter cette différence à chacune des températures mesurées. Comparer les résultats avec le Tableau 6.

18.9.3 Résultats acceptables

Les résultats ne doivent pas dépasser ceux du Tableau 6.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 6 – Température acceptable pour les parties de l'équipement électrique

Parties de l'équipement électrique	Limite de température °C
Couteau à cran d'arrêt et mâchoires de contact	55
Fusible et mâchoire	110
Conducteurs isolés	Voir Note 1 ci-dessous
Bornes de câblage de proximité	Voir Note 1 ci-dessous
Equipement électrique marqué pour des conducteurs d'alimentation de 60 °C ou 60/75 °C	60
Equipement électrique marqué pour des conducteurs d'alimentation de 75 °C	75
Bus et barrettes ou barres de connexion	125
Condensateurs	Voir Note 2 ci-dessous
Semi-conducteurs à commutation de puissance	Voir Note 3 ci-dessous
Cartes de circuits imprimés	Voir Note 4 ci-dessous
Moteurs et transformateurs	Voir Note 5 ci-dessous
NOTE 1 La température marquée sur le conducteur, ou la température assignée désignée par le fabricant du conducteur. NOTE 2 La température marquée sur le condensateur, ou la température assignée désignée par le fabricant du conducteur. NOTE 3 La température du boîtier pour la dissipation de puissance appliquée recommandée par le fabricant du semi-conducteur. NOTE 4 La température de fonctionnement de la carte, telle que spécifiée par le fabricant de la carte. NOTE 5 La température assignée du moteur ou du transformateur, telle que spécifiée par le fabricant, si elle est fournie. Si elle n'est pas fournie, utiliser des normes appropriées, telles que la CEI 61010-1, à titre de guide.	

18.10 Essai de résistance des enveloppes électriques; essai de force constante de 30 N

18.10.1 Généralités

Cet essai vérifie la protection procurée par les enveloppes contre les contacts avec des parties dangereuses sous tension.

18.10.2 Matériels d'essai

Un instrument de mesure de force. Des doigts d'essai (voir l'Annexe D).

18.10.3 Procédure

Les parois et les couvercles de l'enveloppe doivent être soumis à une force constante de 30 N ± 3 N pendant une durée de 5 s, appliquée au moyen d'un doigt d'essai droit non articulé sur la partie, sur ou à l'intérieur de l'équipement électrique complet, ou sur un sous-ensemble séparé.

18.10.4 Résultats acceptables

Si le doigt d'essai droit non articulé pénètre dans le matériau ou l'ouverture, il ne doit pas être possible de toucher toute partie sous tension dangereuse à l'intérieur de l'enveloppe avec le doigt d'essai articulé ou non articulé.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.11 Essai de résistance des enveloppes électriques; essai de force constante de 250 N

18.11.1 Généralités

Cet essai vérifie la résistance à la déviation des panneaux d'une enveloppe électrique.

Les équipements électriques couverts par le domaine d'application de la CEI 60950-1 peuvent à la place satisfaire aux exigences d'essai du 4.2.4 de la CEI 60950-1.

18.11.2 Matériel d'essai

Un instrument de mesure de force.

18.11.3 Procédure

Le panneau est soumis à une force constante de 250 N ± 10 N pendant une durée de 5 s, appliquée sur l'enveloppe de l'équipement électrique au moyen d'un outil d'essai adapté permettant le contact sur une surface plane circulaire de 30 mm de diamètre.

18.11.4 Résultats acceptables

Si la flexion du panneau de l'enveloppe se produit, elle ne doit pas provoquer de court-circuit ni de réduction d'une distance d'isolement à une valeur inférieure à celle stipulée entre l'enveloppe et les parties dangereuses sous tension à l'intérieur.

18.12 Calibres d'accessibilité

18.12.1 Généralités

Il n'est pas nécessaire que cet essai soit effectué sur un équipement électrique ayant satisfait aux exigences d'essai de 6.2.1 de la CEI 61010-1.

18.12.2 Matériels d'essai

Des calibres d'accessibilité de la CEI (voir l'Annexe D).

18.12.3 Procédure

Le doigt d'essai articulé est appliqué sans force dans toutes les positions possibles à toutes les surfaces extérieures, y compris le fond. Tous les panneaux de l'enveloppe qui ne sont pas sécurisés par un moyen exigeant l'utilisation d'un outil pour leur ouverture, sont ouverts et le calibre d'accessibilité est appliqué.

18.12.4 Résultats acceptables

Si le calibre d'accessibilité ne peut pas toucher toute partie conductrice mise sous tension avec une tension dangereuse dans les conditions de fonctionnement normal, il s'agit alors d'un résultat acceptable.

18.13 Essai de flexion du conducteur

Cet essai s'applique au câblage alimenté par une tension ou une puissance dangereuse, qui va d'un panneau fixe à un panneau ou une porte pivotant(e), et qui subit une flexion lors de son ouverture, et n'ayant pas de dispositifs de protection supplémentaires au-delà de l'isolation principale.

Le panneau ou la porte pivotant(e) est ouvert(e) jusqu'à sa position totalement ouverte prévue, puis fermé(e) 500 fois. A la fin de cette procédure, un essai diélectrique est réalisé, conformément à 18.4. Si l'examen du conducteur après les essais ne révèle aucun dommage

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

physique et qu'il subit avec succès l'essai diélectrique décrit, il satisfait alors à cette exigence d'essai.

18.14 Essais de résistance d'isolement

Si les essais de résistance d'isolement sont effectués, la résistance d'isolement mesurée à 500 V en courant continu, entre les conducteurs du circuit de puissance et le circuit de protection, ne doit pas être inférieure à 1 MΩ. L'essai peut être effectué sur des sections individuelles de l'installation électrique dans sa totalité.

EXCEPTION: pour certaines parties de l'équipement électrique, par exemple comportant des jeux de barres, des ensembles de conducteurs ou des systèmes de barres conductrices ou des assemblages glissants, une valeur minimale plus faible est admise, mais cette valeur ne doit pas être inférieure à 50 kΩ.

18.15 Essai fonctionnel de coupure d'urgence

18.15.1 Généralités

Un essai fonctionnel du système de coupure d'urgence doit être effectué. L'essai suivant doit être réalisé séparément pour chaque bouton de coupure d'urgence.

18.15.2 Activation

Actionner le bouton de coupure d'urgence. Après avoir actionné le bouton, vérifier que le dispositif utilisé pour déconnecter l'énergie électrique au cours de l'activation de la coupure d'urgence (par exemple, contacteur, relais) s'est ouvert et qu'il a effectivement déconnecté l'alimentation électrique du système.

18.15.3 Réinitialisation du bouton de coupure d'urgence

Après avoir vérifié la déconnexion, le bouton de coupure d'urgence doit être réinitialisé, et il doit être vérifié que le dispositif utilisé pour la coupure de l'énergie électrique au cours de l'activation de la coupure d'urgence (par exemple, contacteur, relais) ne se ferme pas et ne réalimente pas l'équipement.

18.15.4 Réinitialisation du circuit de coupure d'urgence

Le dispositif de commande de réinitialisation doit être activé, afin de démontrer qu'il ferme le dispositif utilisé pour la coupure de l'énergie électrique au cours de l'activation de la coupure d'urgence et qu'il fournit de l'énergie électrique à l'équipement.

18.16 Essai de courant d'entrée

18.16.1 Matériel d'essai

Un appareil de mesure du courant efficace vrai avec une précision de ± 3,0 %.

18.16.2 Procédure

Mesurer le courant d'entrée dans l'équipement électrique avec la charge maximale en fonctionnement normal.

18.16.3 Résultats acceptables

Le courant mesuré ne doit pas dépasser 110 % de la valeur assignée du courant à pleine charge, spécifiée sur la plaque signalétique de l'équipement.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.17 Autres essais de circuits de sécurité

Des essais fonctionnels doivent être réalisés sur les circuits de sécurité qui ne sont pas des circuits de verrouillage de protection ou des circuits de coupure d'urgence afin de s'assurer qu'ils remplissent leur fonction prévue.

18.18 Essai température moteur

18.18.1 Application

Cet essai n'est pas prévu pour être appliqué aux moteurs qui sont:

a) une combinaison moteur/organe de commande conformément à 4.2, ou

b) un moteur équipé d'un dispositif de protection contre les surcharges conformément à 4.2 et à 7.3.2, ou

c) un moteur disposant d'une protection intrinsèque (par exemple une protection thermique ou une protection par impédance) conformément à 4.2.

18.18.2 Matériel d'essai

Une minuterie ou une montre avec une précision de ± 1 min.

18.18.3 Procédure

Le moteur doit soit être arrêté alors qu'il est sous tension ou son démarrage interdit. L'alimentation du moteur doit être maintenue soit:

a) dans le cas d'une protection contre les surcharges ou les températures excessives avec réarmement manuel, jusqu'à ce que la fonction de protection fonctionne, ou

b) dans le cas d'une protection contre les surcharges ou les températures excessives avec réarmement automatique, jusqu'à ce que 8 h se soient écoulées, ou

c) en l'absence de protection contre les surcharges ou les températures excessives jusqu'à ce que 8 h se soient écoulées.

On doit ensuite réaliser un essai diélectrique selon 18.4.

18.18.4 Résultats acceptables

Un essai diélectrique est réalisé. Aucun claquage en tension ne doit être détecté et il ne doit y avoir aucun signe visible de dommage ou de surchauffe.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe A
(normative)

Protection principale contre les contacts indirects dans les schémas TN (Dérivée de la CEI 60364-4-41:2005 et de la CEI 60364-6-61:2001)

A.1 Temps de coupure

A.1.1 Généralités

La protection principale contre les contacts indirects doit être assurée par un dispositif de protection contre les surintensités qui coupe automatiquement l'alimentation du circuit ou de l'équipement électrique en cas de défaut entre une partie active et une masse ou un élément conducteur étranger ou un conducteur de protection dans l'équipement de fabrication, dans un temps de coupure suffisamment court. Un temps de coupure ne dépassant pas 5 s est considéré suffisamment court pour l'équipement de fabrication qui n'est ni un équipement portatif ni un équipement mobile.

EXCEPTION: Lorsque ce temps de coupure ne peut être assuré, des mesures doivent être prises (par exemple une liaison de protection supplémentaire) pour empêcher une possible tension de contact de dépasser 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lisse entre des parties conductrices simultanément accessibles. Voir Article A.3.

A.1.2 Circuits alimentant des matériels portatifs et des matériels mobiles de classe 1

Pour les circuits qui alimentent à travers des socles ou directement sans socles des matériels portatifs ou des matériels mobiles de classe 1 (par exemple les socles sur un équipement de fabrication pour les matériels accessoires, voir 15.1), le Tableau A.1 indique le temps de coupure maximal qui est considéré suffisamment court.

Tableau A.1 – Temps de coupure maximal en schémas TN

U_o[a] V	Temps de coupure s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
NOTE 1 Pour les tensions qui sont comprises dans la gamme de tolérances donnée dans la CEI 60038, le temps de coupure approprié pour la tension nominale s'applique. NOTE 2 Pour les valeurs intermédiaires de tension, la valeur immédiatement supérieure dans le tableau ci-dessus doit être utilisée.	
[a] U_o est la tension efficace nominale en courant alternatif par rapport à la terre.	

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.2 Conditions pour la protection par coupure automatique de l'alimentation par des dispositifs de protection contre les surintensités

Les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surintensités et les impédances de circuits doivent être telles que l'apparition d'un défaut d'impédance négligeable quelque part dans un équipement électrique entre un conducteur de phase et un conducteur de protection ou une masse, provoquera la coupure automatique de l'alimentation dans un temps spécifié (c'est-à-dire ≤ 5 s ou ≤ valeurs selon le Tableau A.1). La condition suivante satisfait à cette exigence:

$$Z_{\mathbf{s}} \times I_{\mathbf{a}} \leq U_{\mathbf{0}}$$

où

Z_s est l'impédance de la boucle de défaut comprenant la source, le conducteur actif jusqu'au point de défaut et le conducteur de protection entre le point de défaut et la source;

I_a est le courant provoquant le fonctionnement automatique de l'appareil de coupure dans le temps spécifié;

U_o est la tension nominale en courant alternatif par rapport à la terre.

L'accroissement de la résistance des conducteurs avec l'augmentation de la température due à un courant de défaut doit être pris en compte (voir A.4.3).

NOTE Les informations concernant le calcul des courants de court-circuit peuvent être trouvées, par exemple, dans la série de normes CEI 60909, ou fournies par les fournisseurs des dispositifs de protection contre les courts-circuits.

A.3 Condition pour la protection par diminution de la tension de contact en dessous de 50 V

Si les exigences de l'Article A.2 ne peuvent être assurées et qu'une isolation supplémentaire est choisie comme moyen pour assurer la protection contre les tensions de contact dangereuses, cette protection est soumise à la condition que la tension de contact soit réduite en dessous de 50 V et qu'elle soit réalisée si l'impédance du circuit de protection (Z_{PE}) ne dépasse pas:

$$Z_{\mathbf{PE}} \leq \frac{50}{U_{\mathbf{0}}} \times Z_{\mathbf{S}}$$

où Z_{PE} est l'impédance du circuit de protection, mesurée entre n'importe quel point de l'équipement de fabrication et la borne PE au niveau de l'alimentation de l'équipement de fabrication (voir 5.2 et la Figure 1) ou entre les masses simultanément accessibles et/ou les éléments conducteurs étrangers.

La confirmation de cette condition peut être réalisée en utilisant la méthode de la procédure 1 de 18.2.2 pour mesurer la résistance R_{PE}. La condition pour la protection est réalisée si la valeur mesurée de R_{PE} ne dépasse pas:

$$R_{\mathbf{PE}} \leq \frac{50}{I_{\mathbf{a(5s)}}}$$

où

$I_{a(5s)}$ est le courant de fonctionnement après 5 s du dispositif de protection;

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

R_{PE} est la résistance du circuit de protection entre la borne PE (voir 5.2 et Figure 1) et tout point sur le circuit de protection de l'équipement de fabrication, ou entre les masses simultanément accessibles et/ou les éléments conducteurs étrangers.

NOTE 1 La liaison de protection supplémentaire est considérée comme un complément à la protection contre les contacts indirects.

NOTE 2 La liaison de protection supplémentaire peut associer toute l'installation, une partie de l'installation, un élément d'un appareil ou un emplacement.

A.4 Vérification des conditions pour la protection par coupure automatique de l'alimentation

A.4.1 Généralités

L'efficacité des mesures de protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation en conformité avec l'Article A.2 est vérifiée comme suit:

– vérification des caractéristiques de l'appareil de protection associé par examen visuel du réglage du courant nominal pour les disjoncteurs et du courant assigné pour les fusibles, et

– mesure de l'impédance de boucle de défaut (Z_s).

EXCEPTION: Si les calculs de l'impédance de la boucle de défaut ou de la résistance des conducteurs de protection sont disponibles et si la disposition des installations permet la vérification des longueurs et sections des conducteurs, la vérification de la continuité des conducteurs de protection peut remplacer la mesure.

A.4.2 Mesure de l'impédance de boucle de défaut

La mesure de l'impédance de la boucle de défaut doit être réalisée avec un matériel de mesure conforme à la CEI 61557-3. Les informations relatives à la précision des résultats des mesures ainsi que les procédures à respecter indiquées dans la documentation du matériel de mesure doivent être prises en compte.

La mesure doit être réalisée avec l'équipement de fabrication raccordé à une alimentation de même fréquence que la fréquence nominale de l'alimentation de l'installation prévue.

NOTE La Figure A.1 illustre une disposition typique pour la mesure de l'impédance de boucle de défaut sur une machine. S'il n'est pas commode de conserver le moteur raccordé pendant l'essai, les deux conducteurs de phase non utilisés au cours de l'essai peuvent être ouverts, par exemple, en retirant les fusibles.

La valeur mesurée de l'impédance de boucle de défaut doit être conforme à l'Article A.2.

A.4.3 Prise en compte de la différence entre la valeur mesurée de la résistance des conducteurs et la valeur réelle sous conditions de défaut

NOTE Les mesures étant effectuées à température ambiante avec de faibles courants, il est nécessaire de prendre en compte l'augmentation de la résistance des conducteurs avec l'accroissement de la température dans des conditions de défaut, afin de vérifier la conformité de la valeur mesurée de l'impédance de la boucle de défaut aux exigences de l'Article A.2.

L'augmentation de la résistance des conducteurs avec l'accroissement de la température résultant du courant de défaut est prise en compte dans l'équation suivante:

$$Z_{s\,(m)} \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

où Z_s(m) est la valeur mesurée de Z_s.

Si la valeur mesurée de l'impédance de la boucle de défaut dépasse $2U_n/3I_a$, une estimation plus précise peut être effectuée conformément à la procédure décrite en E.612.6.3 de la CEI 60364-6.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

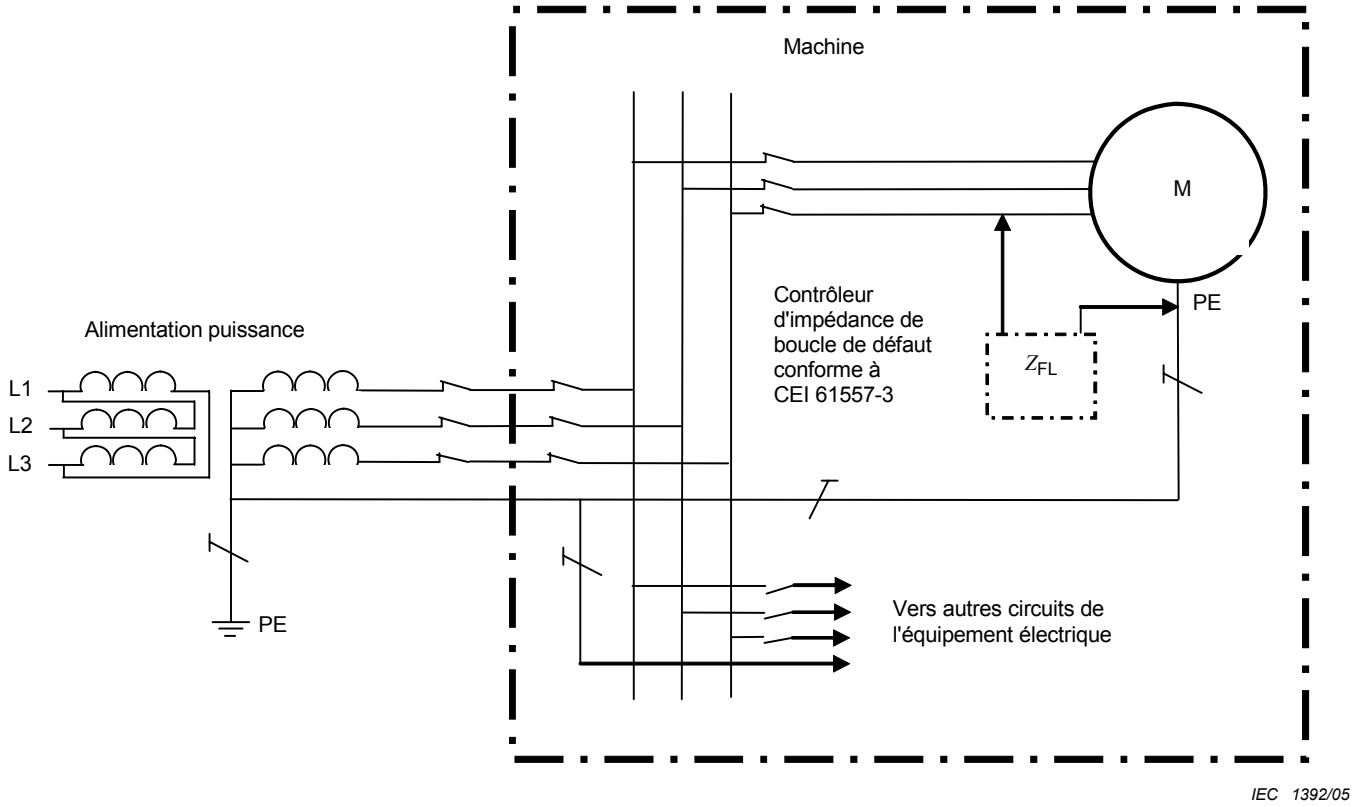


Figure A.1 – Configuration typique pour la mesure de l'impédance de boucle de défaut

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe B
(normative)

Protection contre les contacts indirects dans les schémas TT (dérivé de la CEI 60364-4-41:2005 et de la CEI 60364-6:2006)

B.1 Exigences relatives aux schémas TT

B.1.1 Liaison à la terre

Toutes les masses et tous les éléments conducteurs étrangers susceptibles d'être touchés doivent être reliés au conducteur de protection ou directement à la borne PE. La borne PE doit être reliée à une ou plusieurs électrodes de terre si nécessaire pour obtenir une résistance de l'électrode de terre suffisamment faible. Si un circuit séparé de mise à la terre fonctionnelle est prévu pour la connexion commune de l'équipement sensible, la borne de terre fonctionnelle doit être reliée à la ou aux électrodes de terre. Le point neutre ou le point milieu du système d'alimentation doit être relié à la terre. Si un point neutre ou un point milieu n'est pas disponible ou pas accessible, un conducteur de ligne doit être relié à la terre.

B.1.2 Protection contre les contacts indirects pour les schémas TT

B.1.2.1 Généralités

Dans les schémas TT en général, des DDR doivent être utilisés pour assurer la protection contre les défauts. Des dispositifs de protection contre les surintensités peuvent également être utilisés pour assurer la protection contre les défauts à condition de garantir de manière permanente et fiable une valeur suffisamment faible de Zs.

B.1.2.2 Dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR)

Lorsqu'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR) est utilisé pour la protection contre les défauts, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

a) le temps de coupure doit être conforme au Tableau B.1,

EXCEPTION: un temps de coupure ne dépassant pas 1 s est autorisé pour les circuits de distribution et les circuits non couverts par le Tableau B.1, et

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

où:

R_A est la somme de la résistance en Ω de l'électrode de terre et du conducteur de protection pour les masses,

$I_{\Delta n}$ est le courant de fonctionnement résiduel assigné du DDR.

NOTE 1 Dans ce cas, la protection contre les défauts est également assurée si l'impédance de défaut n'est pas négligeable.

NOTE 2 Lorsqu'il est nécessaire de différencier les DDR, voir 535.3 de la CEI 60364-5-53.

NOTE 3 Lorsque R_A n'est pas connu, il peut être remplacé par Z_S.

NOTE 4 Les temps de coupure spécifiés au Tableau B.1 font référence à des courants de défaut résiduels présumés significativement supérieurs au courant de fonctionnement résiduel assigné du DDR (généralement 5 $I_{\Delta n}$).

NOTE 5 Au Japon, la valeur maximale admissible de R_A est régulée (c'est-à-dire Uo > 300 V, R_A est inférieur à 10 Ω).

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.1.2.3 Protection par un dispositif de protection contre les surintensités

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

$$Zs \cdot \times \ /a \leq Uo$$

où:

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

- la source;
- le conducteur de ligne jusqu'au point du défaut;
- le conducteur de protection des masses;
- le conducteur de mise à la terre;
- l'électrode de terre de l'installation; et l'électrode de terre de la source.

*I*a est le courant en ampères provoquant le fonctionnement automatique de l'appareil de coupure dans le temps spécifié dans le Tableau B.1.

EXCEPTION: un temps de coupure ne dépassant pas 1 s est autorisé pour les circuits de distribution et les circuits non couverts par le Tableau B.1;

U_o est la tension nominale en courant alternatif ou en courant continu par rapport à la terre.

Tableau B.1 – Temps de coupure maximaux

Schéma	50 V < *U*o ≤ 120 V s		120 V < *U*o ≤ 230 V s		230 V < *U*o ≤ 400 V s		*U*o > 400 V s	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	Note	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Note	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
Lorsque, dans les schémas TT, la coupure est obtenue par un dispositif de protection contre les surintensités et que la liaison équipotentielle de protection est reliée à tous les éléments conducteurs étrangers à l'intérieur de l'équipement de fabrication, les temps de coupure maximaux applicables aux schémas TN peuvent être utilisés. *U*o est la tension nominale alternative ou continue entre phase et terre.								
NOTE La coupure peut être exigée pour des raisons autres que la protection contre les chocs électriques.								

B.1.3 Vérification de la protection par coupure automatique de l'alimentation à l'aide d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel

La protection contre les contacts indirects dans un schéma TT par coupure automatique de l'alimentation à l'aide d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel doit être vérifiée par l'essai suivant, par examen et par des mesures. Examen du courant résiduel assigné pour le déclenchement, et du temps de coupure du dispositif de protection à courant différentiel-résiduel, vérification que le dispositif de protection à courant différentiel-résiduel a été soumis aux essais conformément à une norme CEI correspondante, et examen des connexions au dispositif de protection à courant différentiel-résiduel et au circuit de protection, et mesure de l'impédance de boucle de défaut du circuit de protection relié aux masses de l'équipement de fabrication des semi-conducteurs. La résistance de terre doit être inférieure à 100 Ω.

NOTE Pour la vérification des performances d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel et la mesure de l'impédance de boucle de défaut à la terre, voir la CEI 60364-6.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe C
(normative)

Courant admissible, distances d'isolement et lignes de fuite

C.1 Informations relatives à l'utilisation des Tableaux C.1 à C.6

Les tailles de conducteurs doivent être choisies de sorte que les caractéristiques assignées du courant admissible des Tableaux C.1 à C.6 ne soient pas dépassées. Les caractéristiques assignées du courant admissible sont données pour les conducteurs en cuivre fonctionnant de 0 V à 2 000 V.

En application, le courant admissible d'un conducteur est limité à son courant admissible au niveau de la température du conducteur marquée sur le dispositif à raccorder. Voir 13.1.6.

Les colonnes du courant admissible à 90 ˚C et 105 ˚C sont fournies pour permettre aux conducteurs en faisceaux de fonctionner à une température plus élevée que ceux avec des caractéristiques assignées de 60 ˚C ou 75 ˚C et ainsi, lorsqu'ils sont utilisés à des températures moins élevées, d'avoir un courant admissible plus utilisable. Les Tableaux de réduction, C.4 à C.7, reflètent les limites d'application des conducteurs.

Les dispositifs sont en principe assignés pour des températures de conducteurs de 60 ˚C ou 75 ˚C.

Tableau C.1 – Courant admissible pour conducteurs AWG 30 à 4, température ambiante de 30 ˚C

Dimension du conducteur		Section	Réduit de 0 % 1 à 3 conducteurs actifs				Espace de courbure du conducteur unifilaire		Dimension du conducteur de protection		Section du conducteur de protection
			Courant admissible selon les caractéristiques assignées d'isolation du conducteur								
Désignation métrique	AWG	mm²	60 ºC	75 ºC	90 ºC	105 ºC	mm	Pouces	Métrique	AWG	mm²
	30	0,050	-	0,5	0,8	1	6,4	0,25		30	0,050
	28	0,079	-	0,8	1	2	6,4	0,25		28	0,079
	26	0,128	-	1	2	3	6,4	0,25		26	0,126
	24	0,201	2	2	3	4	6,4	0,25		24	0,201
	22	0,324	3	3	5	7	13	0,5		22	0,318
0,50		0,500	5	5	9	11	13	0,5	0,50		0,500
	20	0,519	5	5	9	11	13	0,5		20	0,509
0,75		0,75	6	6	12	16	13	0,5	0,75		0,75
	18	0,823	7	7	14	18	13	0,5		18	0,823
1,00		1,0	8	8	15	19	19	0,75	1,00		1,0
	16	1,31	10	10	18	22	20	0,75		16	1,31
1,50		1,5	11	11	20	24	19	0,75	1,50		1,5
	14	2,08	15	15	25	30	20	0,75		14	2,08
2,50		2,5	17	17	27	32	25	1,0	2,50		2,5
	12	3,31	20	20	30	35	26	1,0		12	3,31

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Dimension du conducteur		Section	Réduit de 0 % 1 à 3 conducteurs actifs				Espace de courbure du conducteur unifilaire		Dimension du conducteur de protection		Section du conducteur de protection
			Courant admissible selon les caractéristiques assignées d'isolation du conducteur								
Désignation métrique	AWG	mm²	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C	mm	Pouces	Métrique	AWG	mm²
4,00		4,0	24	24	34	39	25	1,0	4,00		4,0
	10	5,26	30	30	40	45	26	1,0		10	5,26
6,00		6,0	32	35	44	49	38	1,5	6,00		6,0
	8	8,37	40	50	55	60	39	1,5		10	5,26
10,00		10,0	45	55	62	68	51	2	6,00		6,0
	6	13,30	55	65	75	85	51	2		10	5,26
16,00		16,0	60	72	82	92	76	3	10,00		10,0
	4	21,15	70	85	95	105	76	3		8	8,37

Tableau C.2 – Courant admissible pour conducteurs de 25 mm² à 600 kcmil, température ambiante de 30 °C

Dimension du conducteur		Section	Réduit de 0 % 1 à 3 conducteurs actifs				Espace de courbure du conducteur unifilaire		Dimension du conducteur de protection		Section du conducteur de protection
			Courant admissible selon les caractéristiques assignées d'isolation du conducteur								
Métrique	AWG	mm²	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C	mm	Pouces	Métrique	AWG	mm²
25,00		25,0	80	95	105	115	76	3	10,00		10,00
	3	26,67	85	100	110	120	76	3		8	8,37
	2	33,62	95	115	130	145	89	3,5		6	13,30
35,00		35,0	97	117	133	149	115	4,5	16,00		16,00
	1	42,41	110	130	150	170	115	4,5		6	13,30
50,00		50,0	120	144	164	180	140	5,5	16,00		16,00
	1/0	53,49	125	150	170	185	140	5,5		6	13,30
	2/0	67,43	145	175	195	205	152,4	6		6	13,30
70,00		70,0	148	179	199	210	165	6,5	16,00		16,00
	3/0	85,01	165	200	225	240	166	6,5		6	13,30
95,0		95,0	179	214	241	260	178	7	16,00		16,00
	4/0	107,2	195	230	260	285	178	7		4	21,15
120,0		120,0	208	246	280	308	216	8,5	25,00		25,00
	(250)	126,7	215	255	290	320	216	8,5		4	21,15
150,0		150,0	238	282	317	347	254	10	25,00		25,00
	(300)	152,0	240	285	320	350	254	10		4	21,15
	(350)	177,4	260	310	350	385	305	12		3	26,67
185,0		185,0	266	317	359	395	305	12	35,00		35,00
	(400)	202,7	280	335	380	420	331	13		3	26,67
240,0		240,0	309	367	416	456	331	13	35,00		35,00
	(500)	253,4	320	380	430	470	356	14		3	26,67

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Dimension du conducteur		Section	Réduit de 0 % 1 à 3 conducteurs actifs				Espace de courbure du conducteur unifilaire		Dimension du conducteur de protection		Section du conducteur de protection
			Courant admissible selon les caractéristiques assignées d'isolation du conducteur								
Métrique	AWG	mm²	60 ºC	75 ºC	90 ºC	105 ºC	mm	Pouces	Métrique	AWG	mm²
300,0		300,0	352	416	471	516	381	15	35,00		35,00
	(600)	304,0	355	420	475	520	381	15		2	33,62

Tableau C.3 – Courant admissible réduit (d'après les Tableaux C.1 et C.2) pour les conducteurs de 0,050 mm² à 4,00 mm²

Facteur de réduction du nombre de conducteurs dans une canalisation, un faisceau de câbles ou un câble.

Nombre de conducteurs	Pourcentage des valeurs des Tableaux C.1 et C.2
1-3	100
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 et plus	35

C.2 Facteurs de correction de température ambiante

Les facteurs de correction de température ambiante pour les Tableaux C.1 à C.3 sont donnés dans le Tableau C.4.

Tableau C.4 – Facteurs de correction de température ambiante

Température ambiante ºC	60 °C Isolant	75 °C Isolant	90 °C /105 °C Isolant
21–25	1,08	1,05	1,04
26–30	1,00	1,00	1,00
31–35	0,91	0,94	0,96
36–40	0,82	0,88	0,91
41–45	0,71	0,82	0,87
46–50	0,58	0,75	0,82
51–55	0,41	0,67	0,76
56–60	-	0,58	0,71
61–70	-	0,33	0,58
71–80	-	-	0,41

C.3 Dimensions des jeux de barres non isolés

Les jeux de barres non isolés doivent avoir des dimensions conformes au Tableau C.5.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau C.5 – Dimensions des jeux de barres non isolés

NOTE Les lignes de fuite et les distances d'isolement entre les jeux de barres non isolés sont spécifiées à l'Article C.4.

Epaisseur	Epaisseur	Largeur	Largeur	Surface	Surface	Courant admissible
mm	Pouces	mm	Pouces	mm^2	$Pouces^2$	A
1,59	0,063	12,7	0,50	20,0	0,031	31
		19,1	0,75	30,3	0,047	47
		25,4	1,00	40,6	0,063	63
		38,1	1,50	60,6	0,094	94
		50,8	2,00	80,6	0,125	125
		76,2	3,00	121,3	0,188	188
3,18	0,125	12,7	0,50	40,6	0,063	63
		19,1	0,75	60,6	0,094	94
		25,4	1,00	80,6	0,125	125
		38,1	1,50	121,3	0,188	188
		50,8	2,00	161,3	0,250	250
		63,5	2,50	201,9	0,313	313
		76,2	3,00	241,9	0,375	375
		101,6	4,00	322,6	0,500	500
6,35	0,250	12,7	0,50	80,6	0,125	125
		19,1	0,75	121,3	0,188	188
		25,4	1,00	161,3	0,250	250
		38,1	1,50	241,9	0,375	375
		50,8	2,00	322,6	0,500	500
		63,5	2,50	403,2	0,625	625
		76,2	3,00	483,9	0,750	750
		88,9	3,50	564,5	0,875	875
		101,6	4,00	645,2	1,00	1 000
		127,0	5,00	806,5	1,25	1 250
		152,4	6,00	967,7	1,50	1 500
9,53	0,375	12,7	0,50	121,3	0,188	188
		19,1	0,75	181,3	0,281	281
		25,4	1,00	241,9	0,375	375
		38,1	1,50	363,2	0,563	563
		50,8	2,00	483,9	0,750	750
		63,5	2,50	605,2	0,938	938
		76,2	3,00	725,8	1,125	1 125
		88,9	3,50	847,1	1,313	1 313
		101,6	4,00	967,7	1,500	1 500
12,7	0,500	19,1	0,75	241,9	0,375	375
		25,4	1,00	322,6	0,500	500
		38,1	1,50	483,9	0,750	750
		50,8	2,00	645,2	1,00	1 000
		76,2	3,00	967,7	1,50	1 500
		101,6	4,00	1 290,3	2,00	2 000

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.4 Lignes de fuite et distances d'isolement

Les lignes de fuite et les distances d'isolement doivent être conformes aux Tableaux C.6 ou C.7, selon le cas.

Lorsqu'il est nécessaire d'effectuer des essais à l'aide d'une tension continue, augmenter la tension d'essai spécifiée de 1,42.

Tableau C.6 – Lignes de fuite et distances d'isolement dans une salle blanche de classe 1 000 ou inférieure

		Isolation principale/supplémentaire mm			Isolation double/renforcée mm		
Catégorie d'installation	**Tension de service**	**Distance d'isolement**	**Ligne de fuite**	**Tension d'essai V_{eff}**	**Distance d'isolement**	**Ligne de fuite**	**Tension d'essai V_{eff}**
Catégorie 1	50	0,1	0,18	230	0,10	0,35	400
	100	0,1	0,25	350	0,12	0,50	510
	150	0,1	0,30	490	0,40	0,60	740
	300	0,5	0,70	820	1,60	1,60	1 400
	600	1,5	1,70	1 350	3,30	3,40	2 300
	1 000	3,0	3,20	2 200	6,50	6,50	3 700
Catégorie 2	50	0,1	0,18	350	0,12	0,35	510
	100	0,1	0,25	490	0,40	0,50	740
	150	0,5	0,50	820	1,60	1,60	1 400
	300	1,5	1,50	1 350	3,30	3,30	2 300
	600	3,0	3,00	2 200	6,50	6,50	3 700
	1 000	5,5	5,50	3 250	11,50	11,50	5 550
Catégorie 3	50	0,1	0,18	490	0,4	0,4	740
	100	0,5	0,50	820	1,6	1,6	1 400
	150	1,5	1,50	1 350	3,3	3,3	2 300
	300	3,0	3,00	2 200	6,5	6,5	3 700
	600	5,5	5,50	3 250	11,5	11,5	5 550
	1 000	8,0	8,00	4 350	16,0	16,0	7 400

NOTE 1 Les lignes de fuite spécifiées inférieures à 0,70 mm peuvent être réduites sur les cartes de circuits imprimés sans revêtement, conformément au Tableau C.8.2.

NOTE 2 Une salle blanche de classe 1 000 ou inférieure a un degré de pollution 1; néanmoins, le degré de pollution dans une zone particulière d'une pièce d'équipement donnée peut dépasser le degré de pollution 1, même si l'équipement est installé dans une salle blanche de classe 1 000 ou inférieure.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau C.7 – Lignes de fuite des cartes de circuits imprimés (CI)

Ligne de fuite de l'équipement mm	Lignes de fuite des cartes de circuits imprimés			
	Isolation principale ou supplémentaire	Isolation double ou renforcée		
		Catégorie d'installation 1	Catégorie d'installation 2	Catégorie d'installation 3
0,18	0,1	Pas de réduction		Pas de réduction
0,25	0,1			
0,30	0,2			
0,35		0,10	0,12	
0,50	0,5	0,20	0,40	
0,60		0,45		

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau C.8 – Lignes de fuite et distances d'isolement dans une salle blanche de classe supérieure à 1 000

		Isolation principale ou supplémentaire						Isolation double ou renforcée					
Catégorie d'installation	Tension de service	Distances d'isolement	Lignes de fuite				Tension d'essai V_{eff}	Distances d'isolement	Lignes de fuite				Tension d'essai V_{eff}
			IRC > 600	IRC > 400	IRC > 100	Carte de circuit imprimé IRC > 175			IRC > 600	IRC > 400	IRC > 100	Carte de circuit imprimé IRC > 175	
Catégorie 1	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,20	230	0,2	1,2	1,7	2,4	0,4	400
	100	0,2	0,7	1,00	1,4	0,20	350	0,2	1,4	2,0	2,8	0,4	510
	150	0,2	0,8	1,10	1,6	0,35	490	0,4	1,6	2,2	3,2	0,7	740
	300	0,5	1,5	2,10	3,0	1,40	820	1,6	3,0	4,2	6,0	2,8	1 400
	600	1,5	3,0	4,30	6,0	3,00	1 350	3,3	6,0	8,5	12,0	6,0	2 300
	1 000	3,0	5,0	7,00	7,0	5,00	2 200	6,5	10,0	14,0	20,0	10,0	3 700
Catégorie 2	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,2	350	0,2	1,2	1,7	2,4	0,4	510
	100	0,2	0,7	1,00	1,4	0,2	490	0,2	1,4	2,0	2,8	0,4	740
	150	0,5	0,8	1,10	1,6	0,5	820	1,6	1,6	2,2	3,2	1,6	1 950
	300	1,5	1,5	2,10	3,0	1,5	1 350	3,3	3,3	4,2	6,0	3,3	3 250
	600	3,0	3,0	4,30	6,0	3,0	2 200	6,5	6,5	8,5	12,0	6,5	5 250
	1 000	5,5	5,5	7,00	10,0	5,5	3 250	11,5	11,5	14,0	24,0	11,5	7 850
Catégorie 3	50	0,2	0,6	0,85	1,2	0,2	490	0,4	1,2	1,7	2,4	0,4	740
	100	0,5	0,7	1,00	1,4	0,5	820	1,6	1,6	2,0	2,8	1,6	1 950
	150	1,5	1,5	1,50	1,6	1,5	1 350	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3 250
	300	3,0	3,0	3,00	3,0	3,0	2 200	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	5 250
	600	5,5	5,5	5,50	6,0	5,5	3 250	11,5	11,5	11,5	12,0	11,5	7 850
	1 000	8,0	8,0	8,00	10,0	8,0	4 350	16,0	16,0	16,0	20,0	16,0	10 450

NOTE Une salle blanche de classe supérieure à 1 000 a un degré de pollution 2; néanmoins, le degré de pollution dans une zone particulière d'une pièce d'équipement donnée peut dépasser le degré de pollution 2, même si l'équipement est installé dans une salle blanche de classe supérieure à 1 000.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

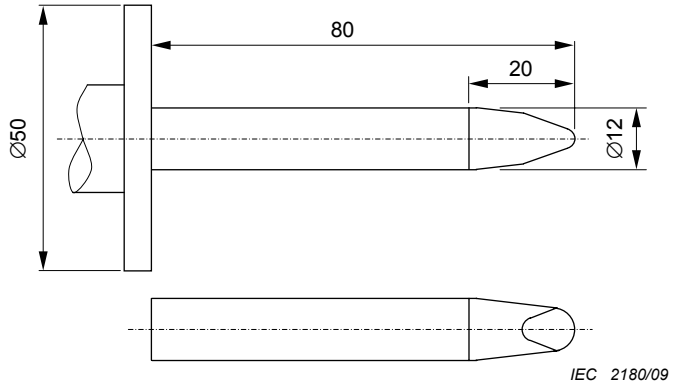
Annexe D
(normative)

Calibres d'accessibilité normalisés

Les calibres d'accessibilité normalisés à utiliser pour les essais de 18.10 et 18.12 sont détaillés sur les Figures D.1 et D.2.

NOTE 1 Dérivé de la CEI 61010-1.

Dimensions en millimètres

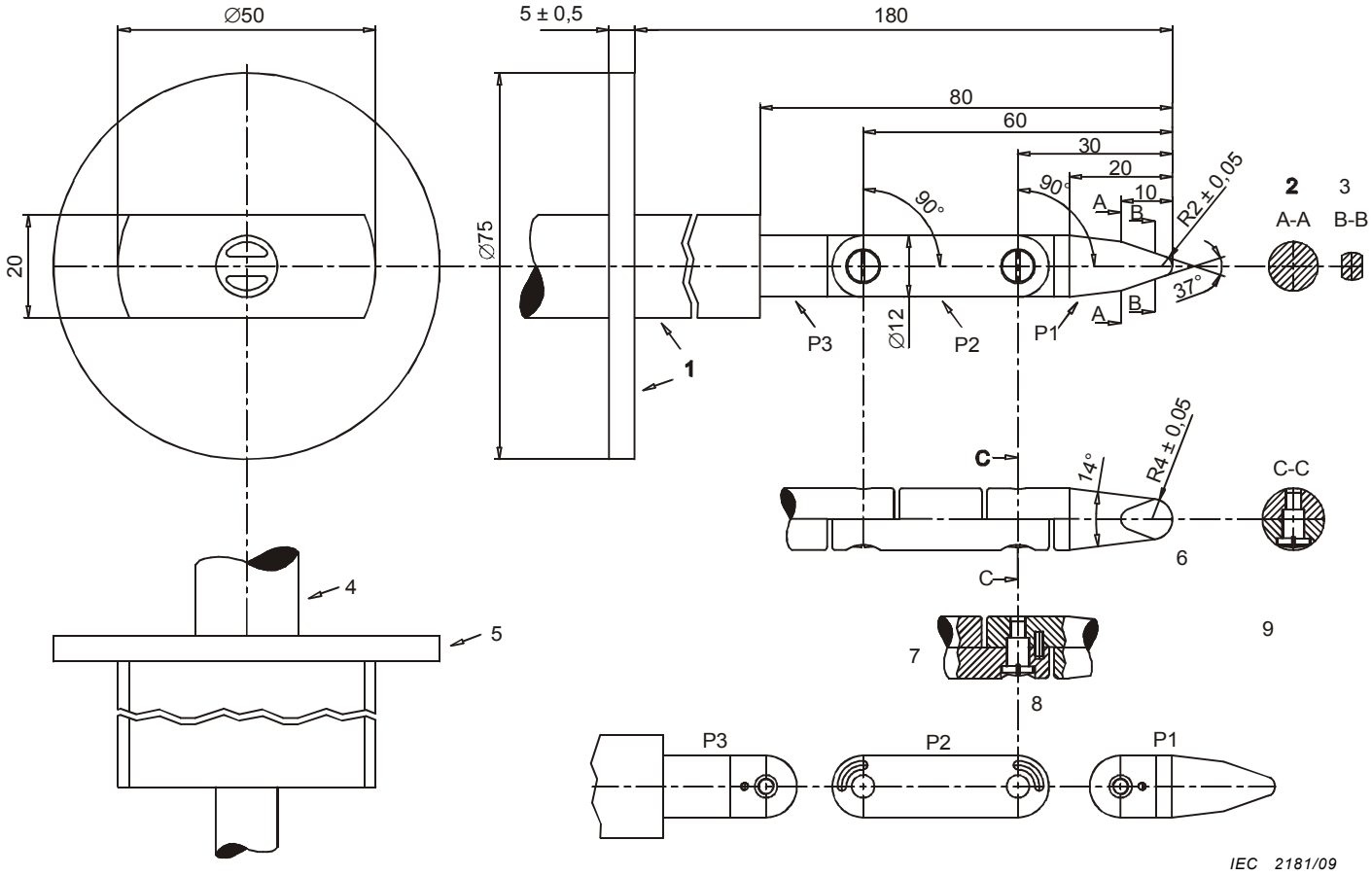


Pour les tolérances et les dimensions de l'extrémité du doigt d'essai, voir la Figure D.2.

NOTE 2 Ce doigt d'essai est identique au calibre d'essai 11 de la CEI 61032.

Figure D.1 – Doigt d'essai rigide

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Légende

1 matériau isolant
2 section AA
3 section BB
4 poignée
5 plaque d'arrêt
6 sphérique
7 détail x (exemple)
8 vue latérale
9 chanfrein sur toutes les arêtes

Dimensions en millimètres

Tolérances pour les dimensions sans tolérance spécifique:

a) sur les angles: $^{0}_{-10'}$

b) sur les dimensions linéaires: jusqu'à 25 mm $^{0}_{-0,05}$ mm

au-dessus de 25 mm + 0,2 mm

Matériau du doigt d'essai: acier trempé, etc.

Les deux articulations de ce doigt d'essai peuvent être pliées selon un angle de (90 $^{+10}_{0}$)°, mais dans la même direction uniquement.

L'emploi de la solution pointe-rainure n'est qu'une des solutions possibles pour limiter l'angle de pliage à 90°. Pour cette raison, les dimensions et tolérances de ces détails ne sont pas indiquées sur le dessin. La conception réelle doit impérativement garantir un angle de pliage de (90 $^{+10}_{0}$)°.

NOTE Ce doigt d'essai est identique au calibre d'essai B de la CEI 61032.

Figure D.2 – Doigt d'essai articulé

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe E
(informative)

Types de schémas de mise à la terre

(dérivé de la CEI 60364-1:2005)

E.1 Types de schémas de mise à la terre

E.1.1 Généralités

Les types suivants de schémas de mise à la terre sont pris en compte dans la présente norme.

NOTE 1 Les Figures E.1 à E.13 illustrent des exemples de schémas triphasés communément employés. Les Figures E.14 à E.18 illustrent des exemples de schémas courant continu communément employés.

NOTE 2 Les lignes pointillées indiquent les parties du circuit qui ne sont pas couvertes par le domaine d'application de la présente norme, tandis que les lignes pleines indiquent les parties couvertes par la présente norme.

NOTE 3 Pour les réseaux privés, la source et/ou le schéma de distribution peut être considéré comme faisant partie de l'installation dans le cadre de la présente norme. Dans ce cas, les figures peuvent être complètement illustrées en lignes pleines.

NOTE 4 Les lettres code utilisées ont la signification suivante:

Première lettre – Raccordement du réseau de puissance à la terre:

T = raccordement direct d'un point à la terre;

I = toutes les parties actives sont isolées de la terre, ou un point est raccordé à la terre au travers d'une forte impédance.

Deuxième lettre – Raccordement des masses de l'installation à la terre:

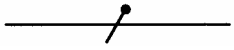
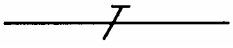
T = raccordement électrique direct des masses à la terre, indépendamment de la mise à la terre d'un point quelconque du réseau de puissance;

N = raccordement électrique direct des masses à la borne de terre du réseau de puissance (dans les réseaux à courant alternatif, la borne de terre du réseau de puissance est normalement le point de neutre ou, s'il n'existe pas, un conducteur de ligne).

lettres(s) suivante(s) (le cas échéant) – Configuration des conducteurs de protection et conducteur de neutre:

S = fonction de protection assurée par un conducteur séparé du conducteur de neutre ou du conducteur de ligne mis à la terre (ou dans les réseaux à courant alternatif la phase mise à la terre).

C = fonctions de neutre et de protection combinées dans un conducteur unique (conducteur PEN).

Explications des symboles des Figures E.1 à E.18 selon la CEI 60617	
	Conducteur neutre (N); conducteur point milieu (M)
	Conducteur de protection (PE)
	Conducteur de protection et de neutre combiné (PEN)

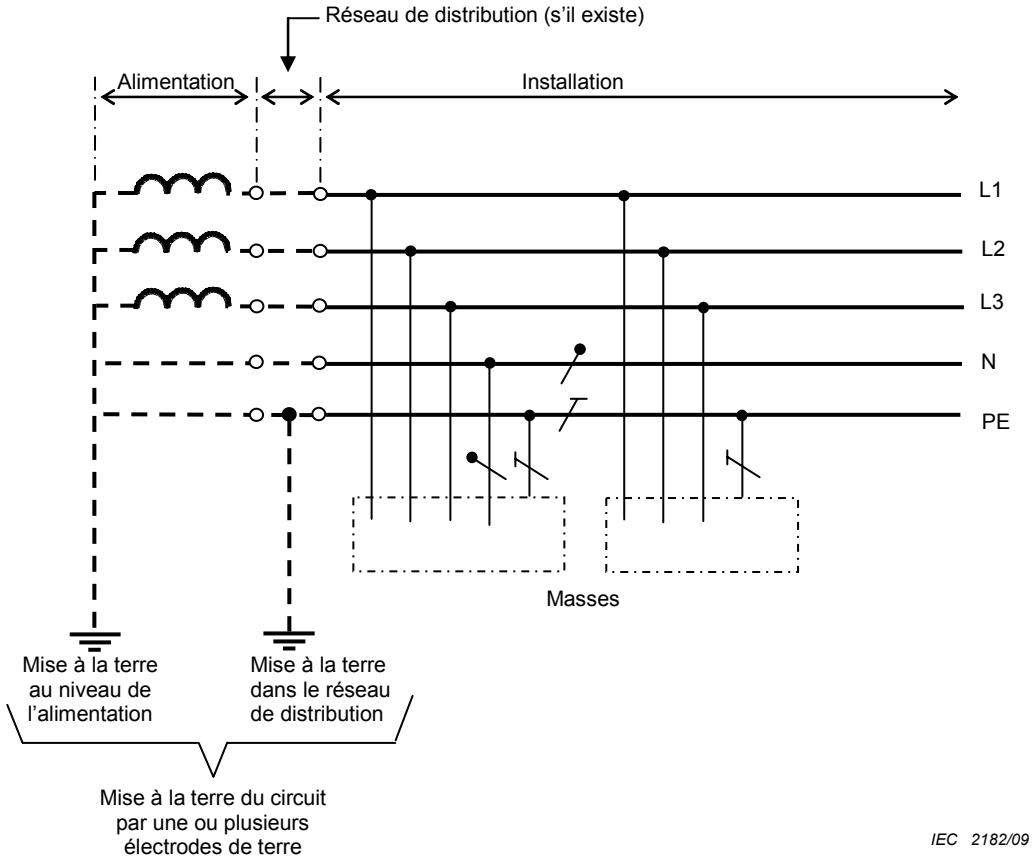
E.1.2 Schémas TN

E.1.2.1 Réseaux disposant d'une seule alimentation

Les réseaux de puissance TN disposent d'un point unique raccordé à la source, les masses de l'installation étant raccordées à ce point par les conducteurs de protection. Trois types de schémas TN sont considérés selon la configuration des conducteurs de protection et de neutre comme suit:

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

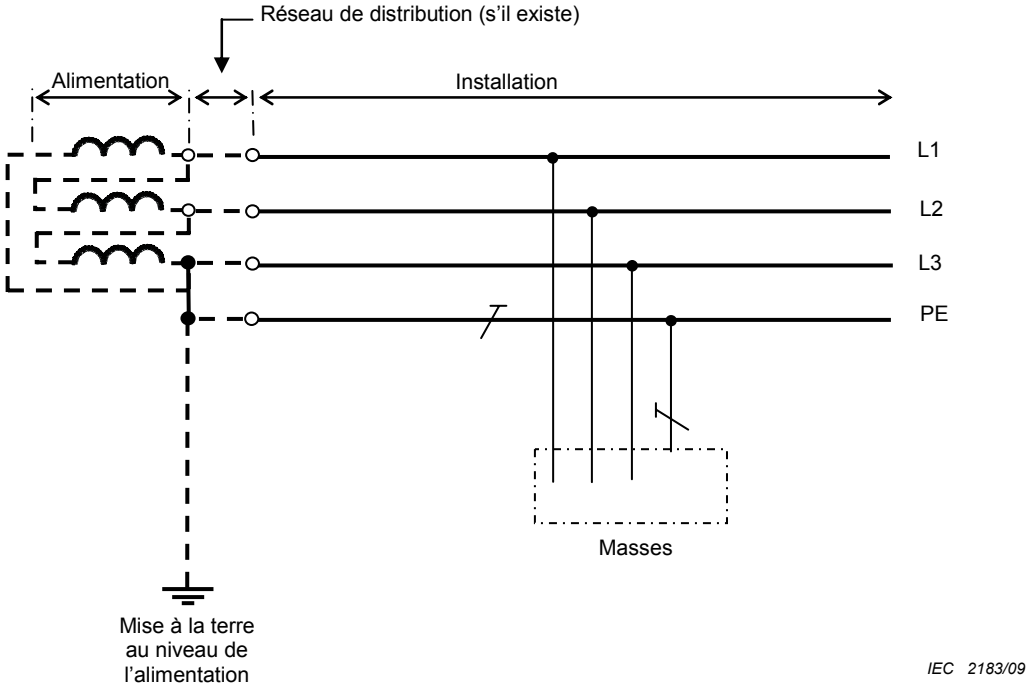
– le schéma TN-S dans lequel, à travers tout le réseau, est utilisé un conducteur de protection séparé (voir les Figures E.1, E.2 et E.3).



NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

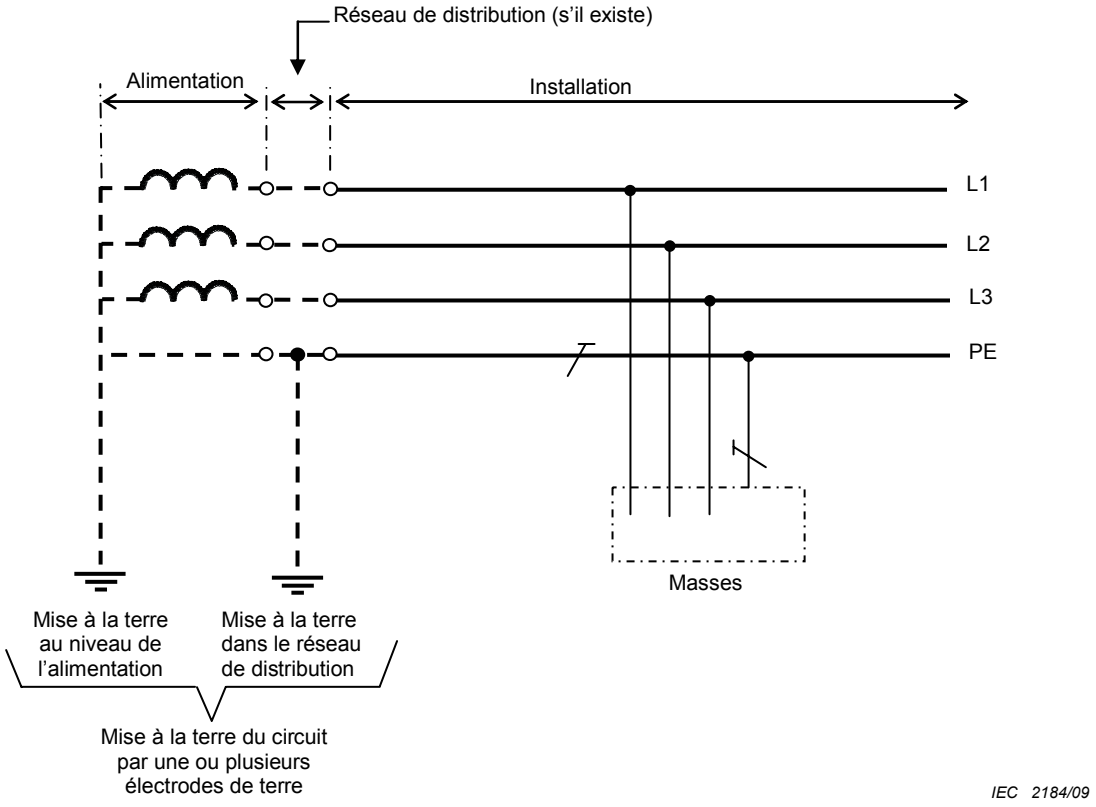
Figure E.1 – Schéma TN-S avec conducteur de neutre séparé et conducteur de protection dans tout le réseau

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans le réseau de distribution et dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.2 – Schéma TN-S avec conducteur de ligne mis à la terre séparé et conducteur de protection dans tout le réseau

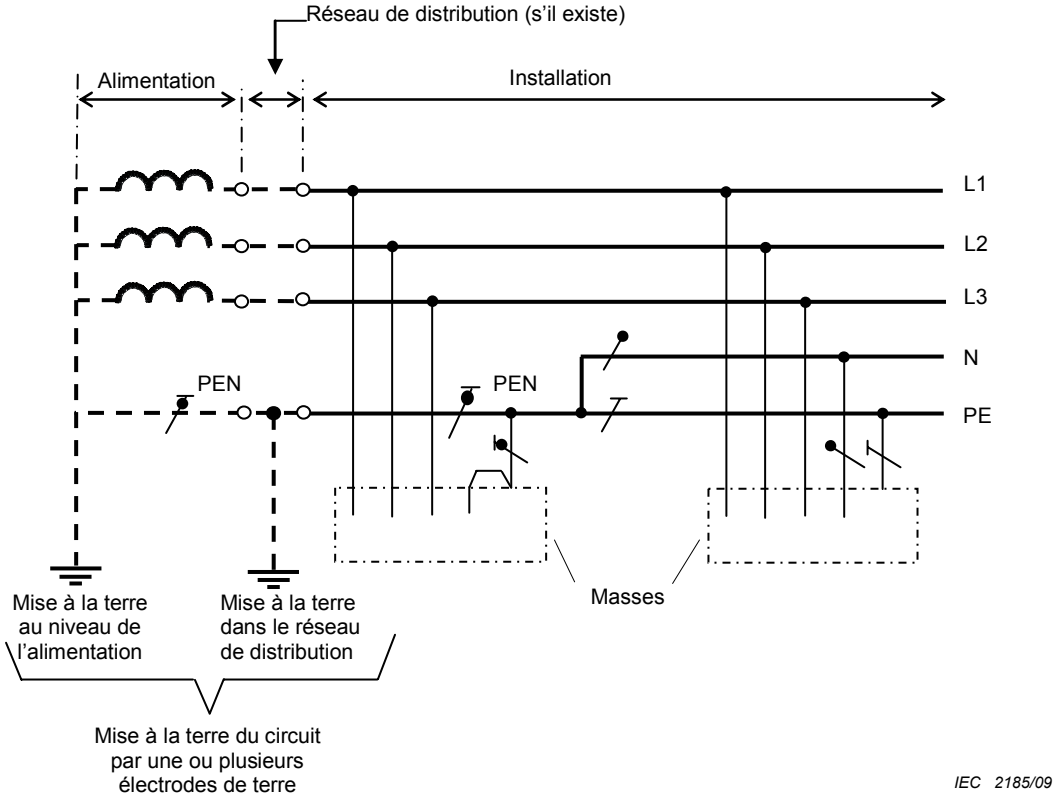


NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.3 – Schéma TN-S avec conducteur de protection mis à la terre et conducteur de neutre non distribué dans tout le réseau

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– le schéma TN-C-S dans lequel les fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre sont combinées dans un conducteur unique dans une partie du réseau (voir les Figures E.4, E.5 et E.6).

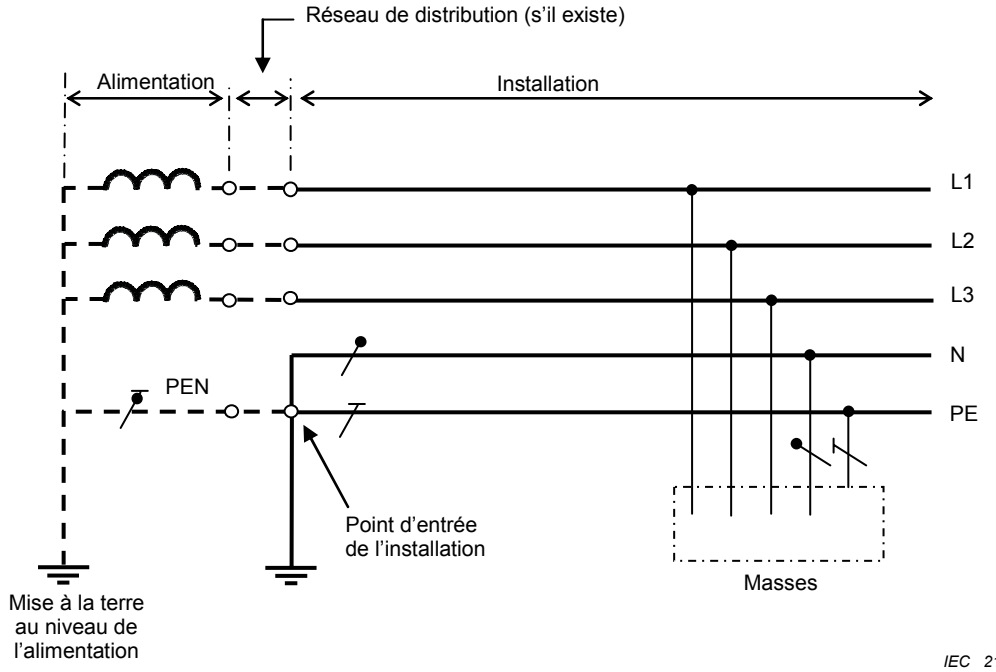


NOTE 1 Les fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre sont combinées dans un conducteur unique dans une partie du réseau.

NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEN ou du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

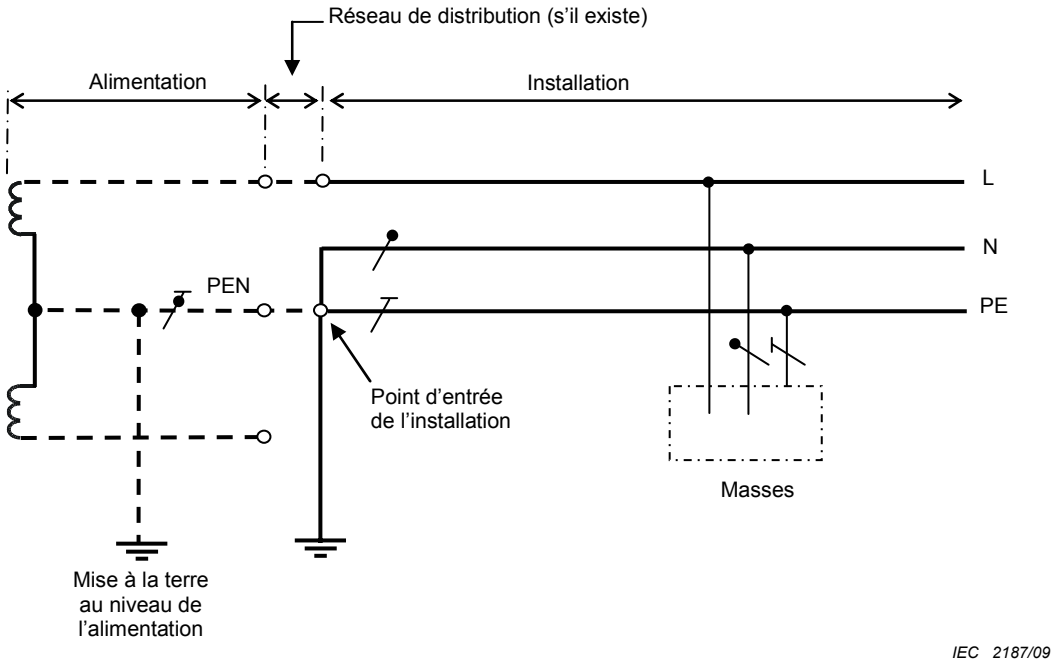
Figure E.4 – Schéma TN-C-S triphasé, 4 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N ailleurs dans l'installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEN dans le réseau de distribution et du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.5 – Schéma TN-C-S triphasé, 4 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N au point d'entrée de l'installation



NOTE 1 Les fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre sont combinées dans un conducteur unique dans une partie du réseau.

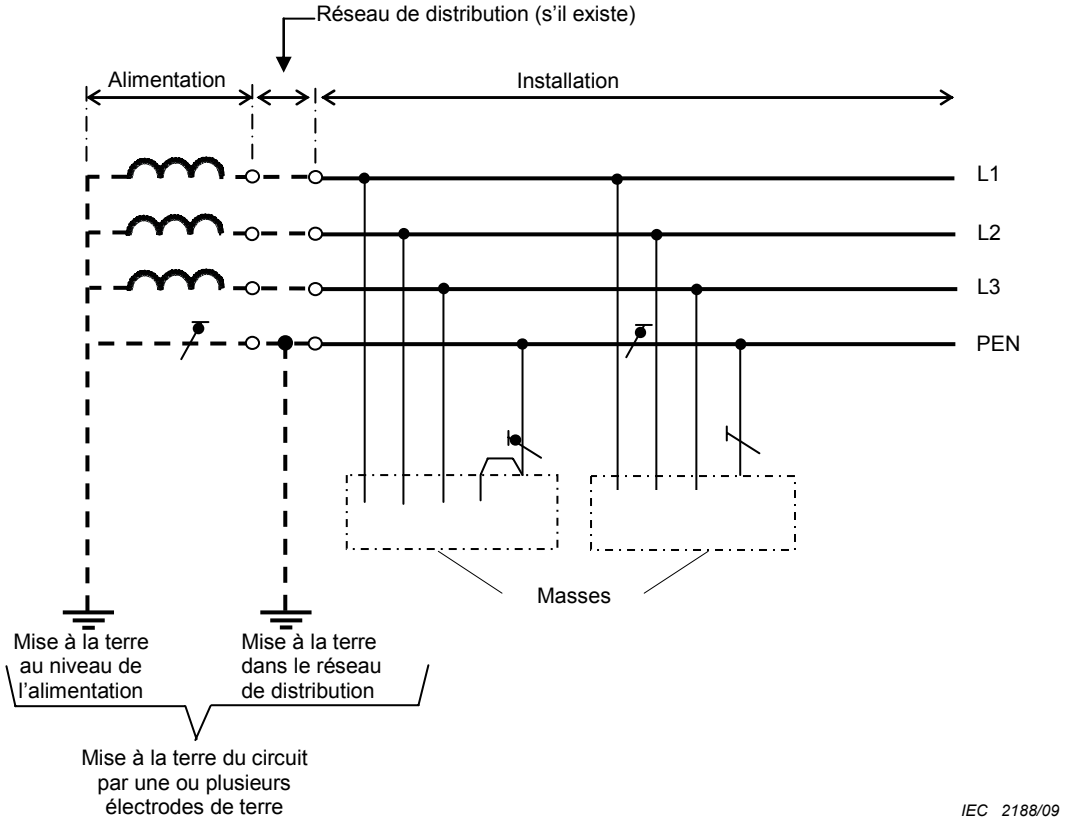
NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEN dans le réseau de distribution et du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.6 – Schéma TN-C-S monophasé, 2 conducteurs, avec conducteur PEN séparé en conducteurs PE et N au point d'entrée de l'installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– le schéma TN-C dans lequel les fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre sont combinées dans un conducteur unique dans tout le réseau (voir Figure E.7).

NOTE En ce qui concerne la symbologie, voir les explications indiquées en E.1.1.



NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEN dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.7 – Schéma TN-C avec fonctions de conducteur de protection et de conducteur de neutre combinées dans un conducteur unique dans tout le réseau

E.1.3 Réseaux disposant de plusieurs alimentations

NOTE Un réseau disposant de plusieurs alimentations est illustré dans le cas du schéma TN avec pour unique but de traiter la CEM. Le réseau disposant de plusieurs alimentations n'est pas illustré dans le cas des schémas IT et TT du fait que ces réseaux sont généralement compatibles au regard de la CEM.

Dans le cas d'une conception non appropriée de l'installation faisant partie d'un réseau TN disposant de plusieurs alimentations, certains courants de fonctionnement peuvent emprunter des chemins non désirés. Ces courants peuvent provoquer:

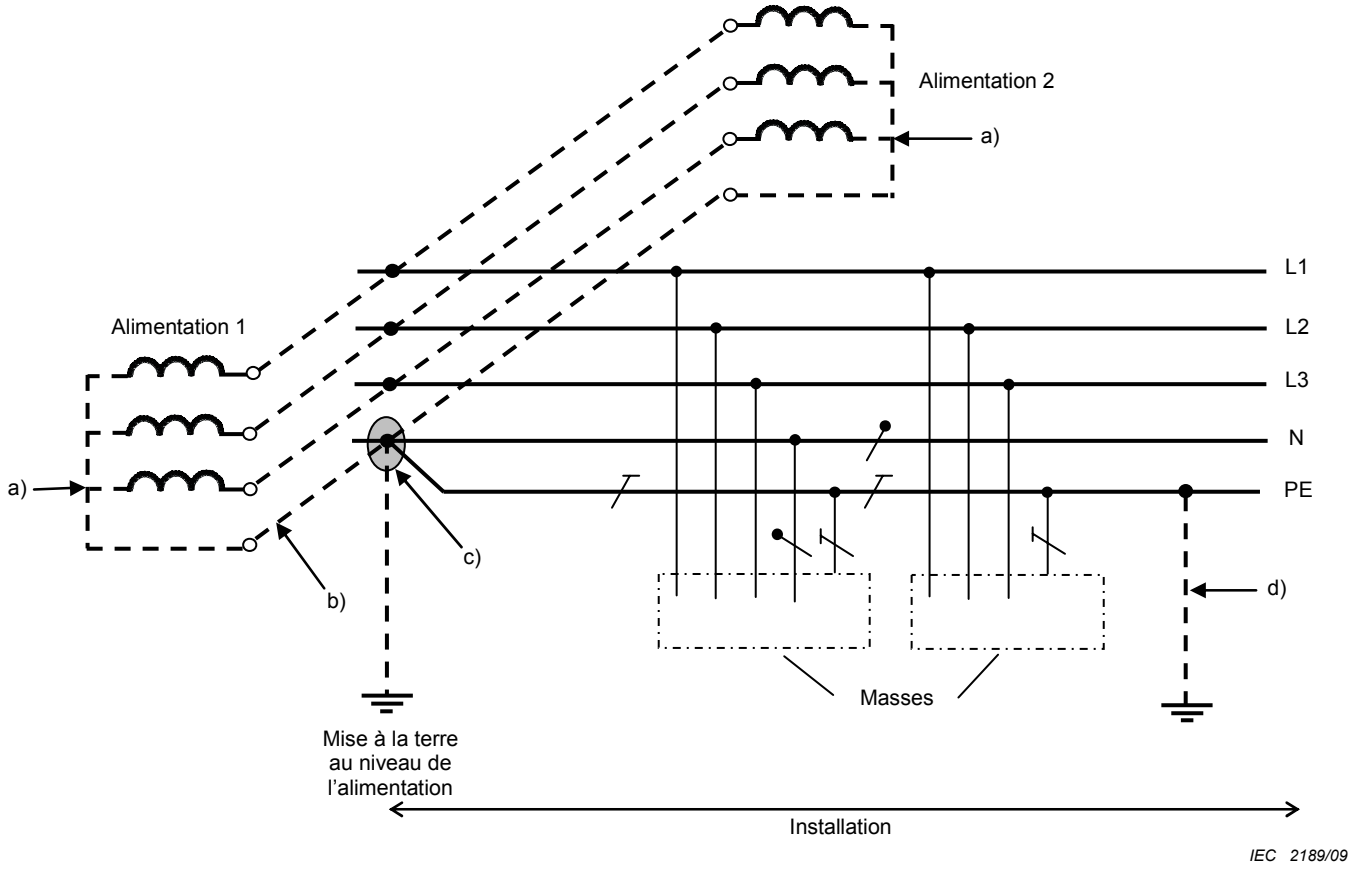
- un incendie;
- de la corrosion;
- des perturbations électromagnétiques.

Le réseau illustré à la Figure E.8 est un réseau dans lequel des portions de courants de fonctionnement circulent tels des courants au travers de chemins non prévus. Les règles essentielles de conception illustrées à la Figure E.8 de a) à d) sont indiquées dans la légende sous la Figure E.8.

Le marquage du conducteur PE doit être conforme aux exigences de la CEI 60446.

Toute extension du réseau doit être prise en compte au regard du fonctionnement correct et des mesures de protection.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Légende

a) Pas de raccordement direct à partir de soit le point de neutre du transformateur ou du générateur, le raccordement du point milieu étoile étant admis.

b) L'interconnexion du conducteur entre soit les points de neutre des transformateurs ou les points milieu étoile du générateur doit être isolée. La fonction de ce conducteur est similaire à celle d'un conducteur PEN; toutefois, il ne doit pas être raccordé à un équipement absorbant du courant.

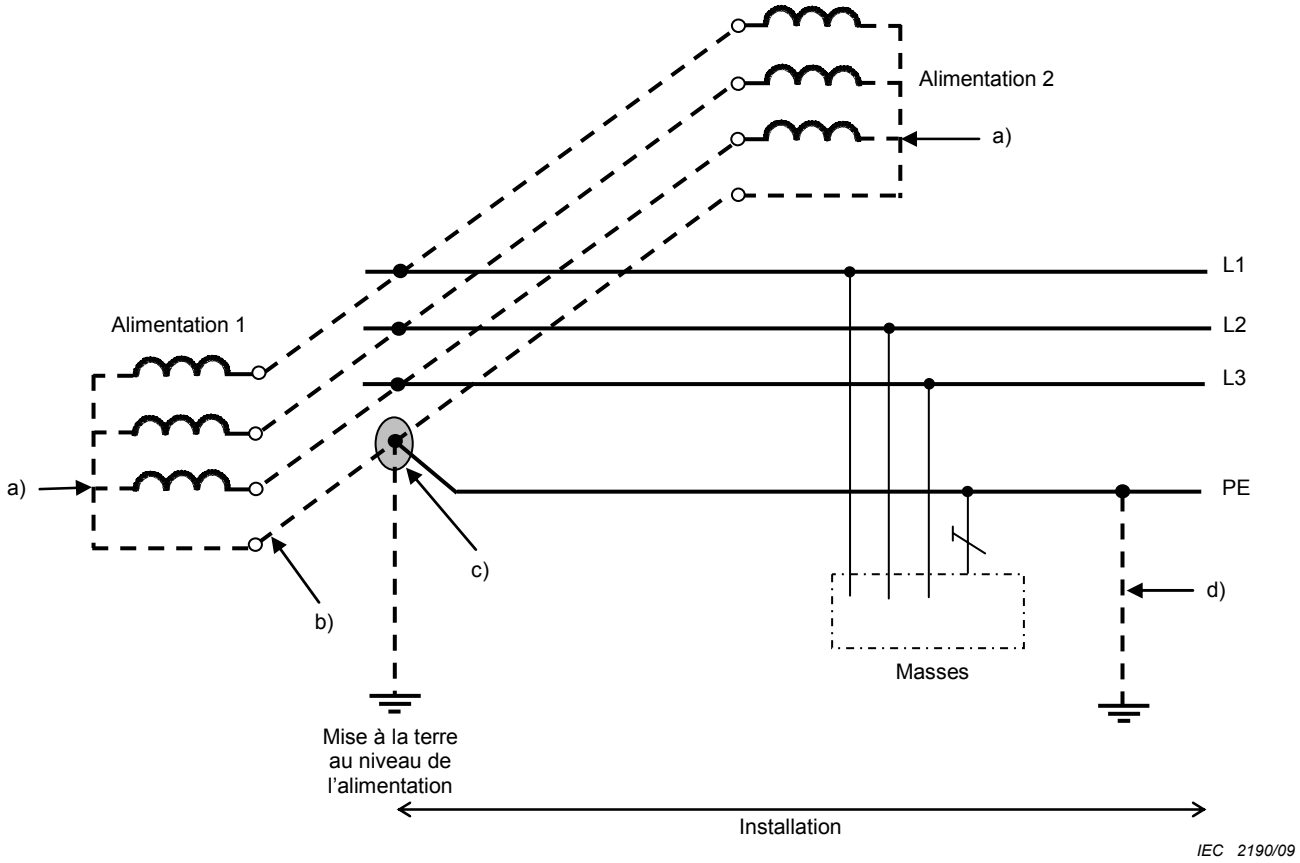
c) Il ne doit être fourni qu'un seul de point de raccordement entre les points de neutre interconnectés des alimentations et le conducteur PE. Ce raccordement doit être situé à l'intérieur du tableau principal.

d) Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.8 – Schéma TN-C-S disposant de plusieurs alimentations avec conducteur de protection et conducteur de neutre séparés de l'équipement absorbant le courant

Dans les implantations industrielles disposant uniquement de charges biphasées et triphasées entre les conducteurs de ligne, il n'est pas nécessaire de fournir un conducteur de neutre (voir Figure E.9). Dans ce cas, il convient que le conducteur de protection dispose de plusieurs points de raccordement à la terre.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Légende

a) Pas de raccordement direct à partir de soit le point de neutre du transformateur ou du générateur, le raccordement du point milieu étoile étant admis.

b) L'interconnexion du conducteur entre soit les points de neutre des transformateurs ou les points milieu étoile du générateur doit être isolée. La fonction de ce conducteur est similaire à celle d'un conducteur PEN; toutefois, il ne doit pas être raccordé à un équipement absorbant du courant.

c) Il ne doit être fourni qu'un seul de point de raccordement entre les points de neutre interconnectés des alimentations et le conducteur PE. Ce raccordement doit être situé à l'intérieur du tableau principal.

d) Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

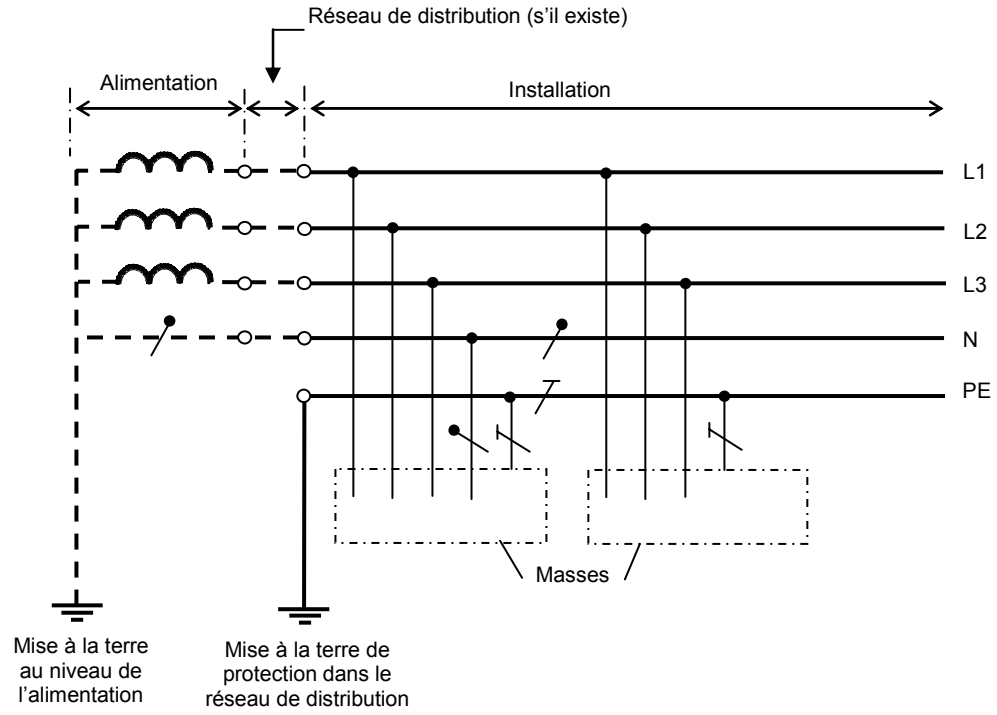
Figure E.9 – Schéma TN disposant de plusieurs alimentations avec conducteur de protection et sans conducteur de neutre dans tout le réseau pour charges biphasées et triphasées

E.2 Schéma TT

Le schéma TT dispose d'un seul point raccordé directement à la terre et les masses de l'installation sont raccordées à des électrodes de terre électriquement indépendantes de l'électrode de terre du réseau d'alimentation (voir les Figures E.10 et E.11):

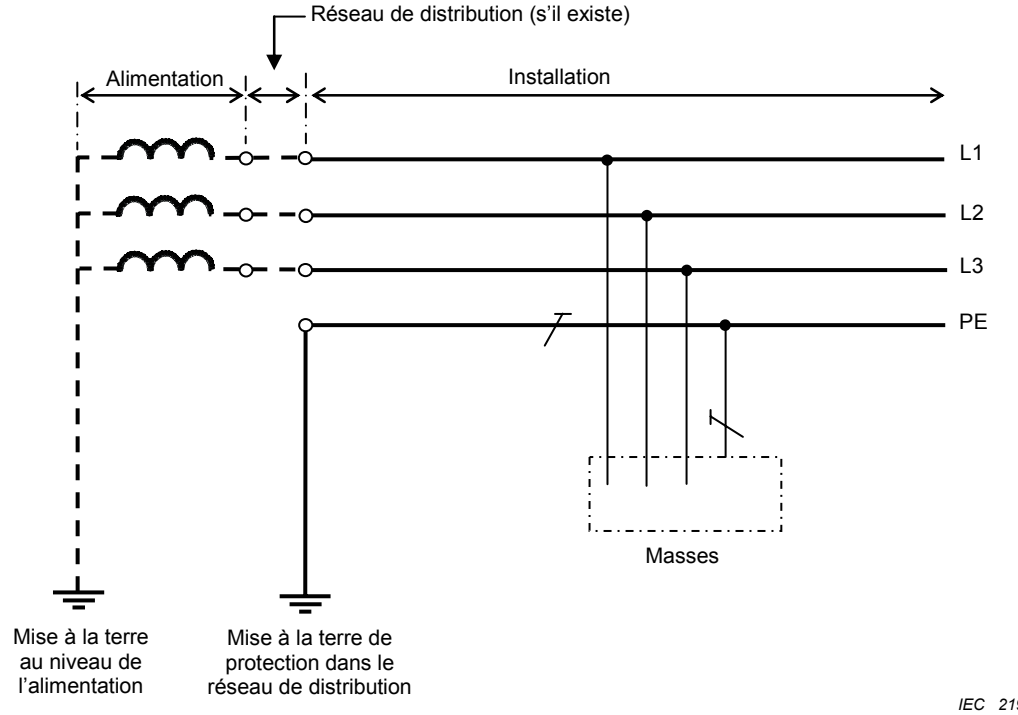
NOTE 1 En Suède, les schémas TT sont uniquement admis sous certaines conditions particulières.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.10 – Schéma TT avec conducteur de protection et conducteur de neutre séparés dans toute l'installation



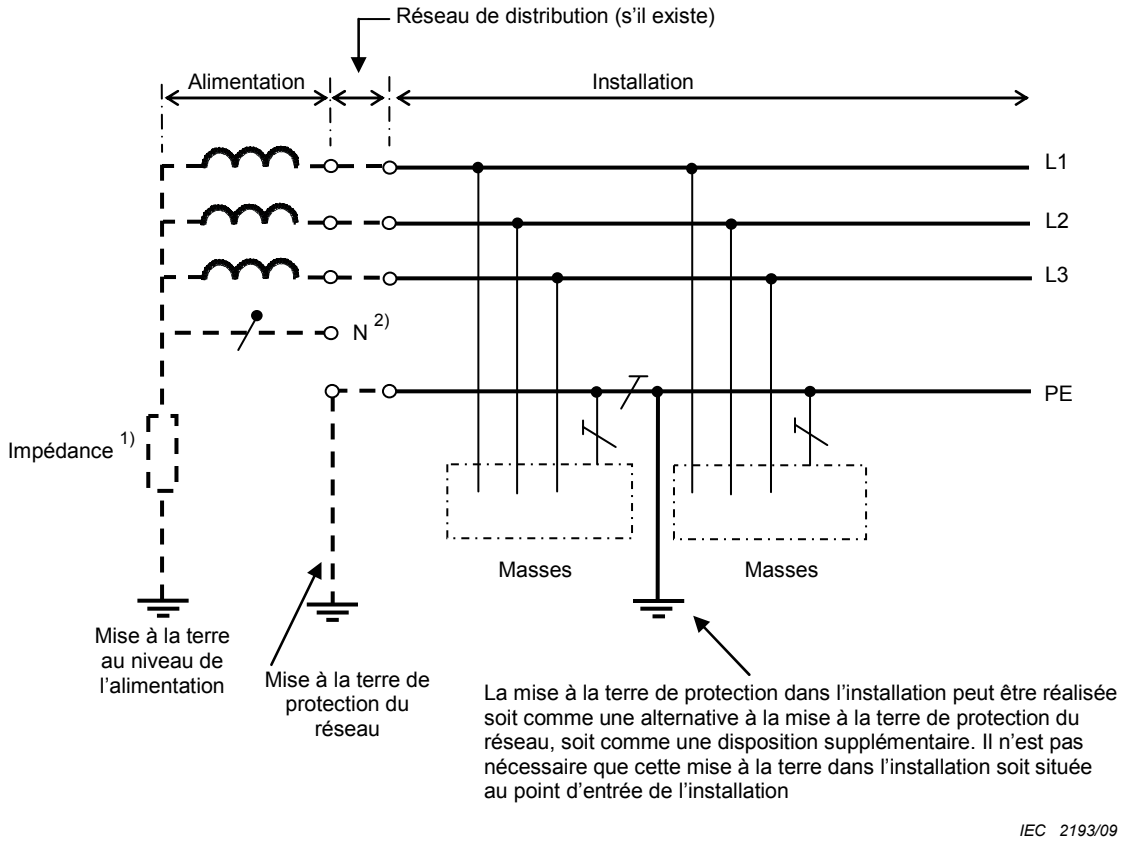
NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.11 – Schéma TT avec conducteur de protection mis à la terre et conducteur de neutre non distribué dans toute l'installation

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.3 Schéma IT

Le réseau de puissance IT a toutes ses parties actives isolées de la terre ou un point raccordé à la terre au travers d'une impédance. Les masses de l'installation électrique sont mises à la terre indépendamment ou collectivement, ou raccordées à la mise à la terre du réseau selon 411.6 de la CEI 60364-4-41 (voir les Figures E.12 et E.13):



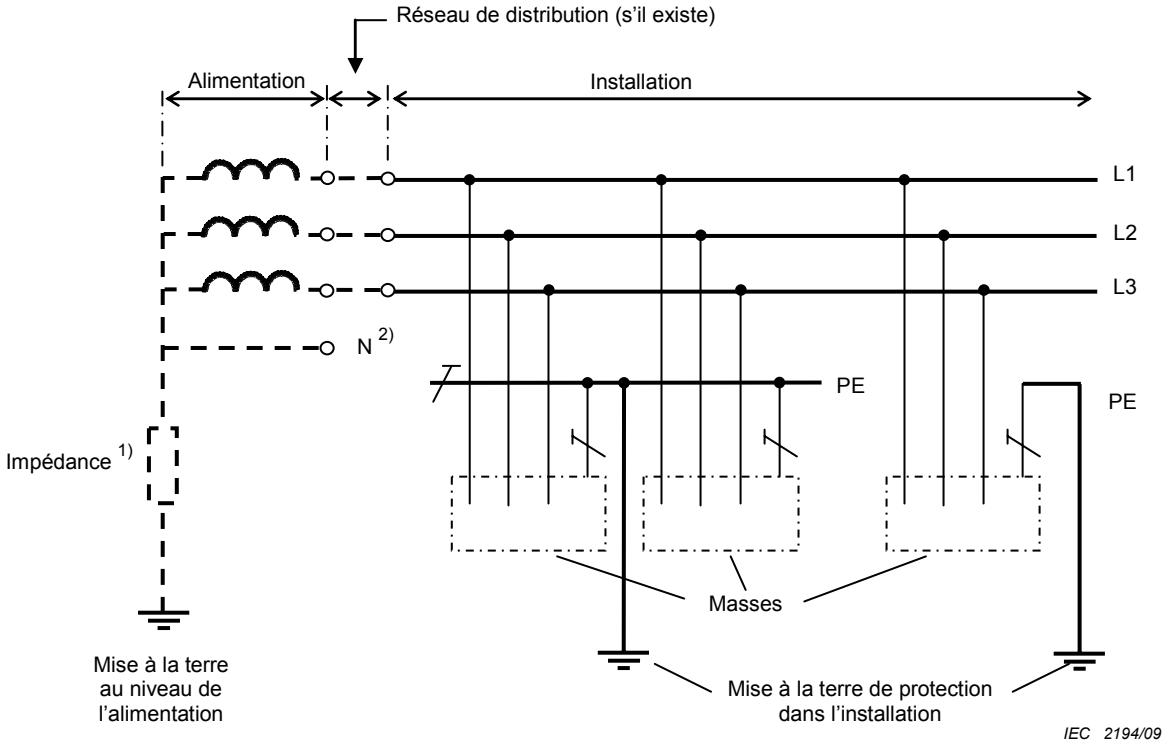
1) Le réseau peut être raccordé à la terre au travers d'une impédance suffisamment élevée. Ce raccordement peut être réalisé, par exemple, au point de neutre, au point de neutre artificiel, ou à un conducteur de ligne.

2) Le conducteur de neutre peut être distribué ou non.

NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.12 – Schéma IT avec toutes les masses interconnectées par un conducteur de protection collectivement mis à la terre

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



1) Le réseau peut être raccordé à la terre au travers d'une impédance suffisamment élevée.

2) Le conducteur de neutre peut être distribué ou non.

NOTE Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.13 – Schéma IT avec toutes les masses mises à la terre indépendamment ou collectivement

E.4 Schémas à courant continu

E.4.1 Types de schémas de mise à la terre dans les réseaux à courant continu

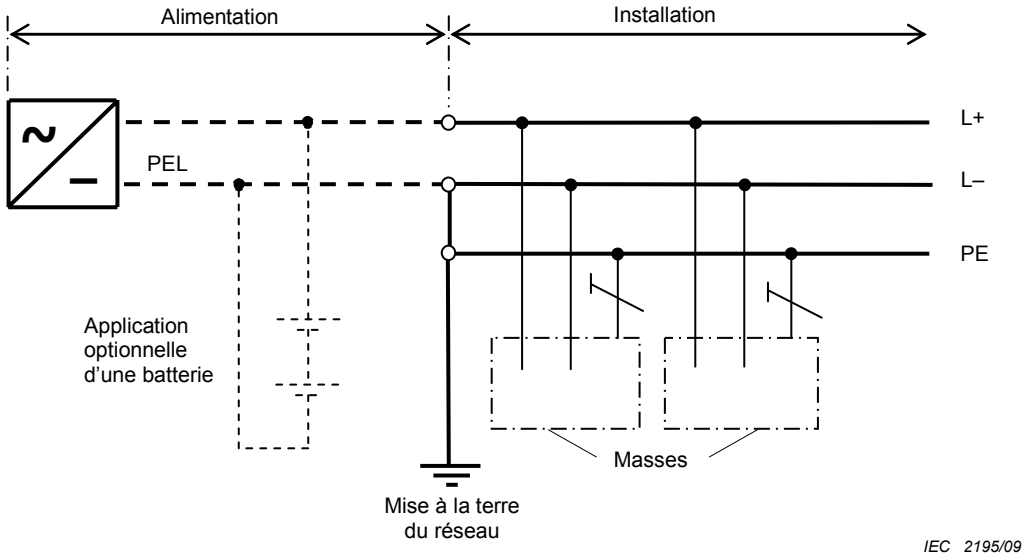
Si les Figures suivantes E.14 à E.18 illustrent la mise à la terre d'un pôle spécifique d'un réseau courant continu à deux conducteurs, la décision de mise à la terre du pôle positif ou du pôle négatif doit s'appuyer sur les caractéristiques de fonctionnement ou d'autres considérations, par exemple, la prévention des effets de corrosion sur les conducteurs de ligne et les configurations de mise à la terre.

E.4.1.1 Schéma TN-S

Le conducteur de ligne mis à la terre par exemple L dans le type a) ou le conducteur point milieu mis à la terre M dans le type b) est séparé du conducteur de protection dans toute l'installation.

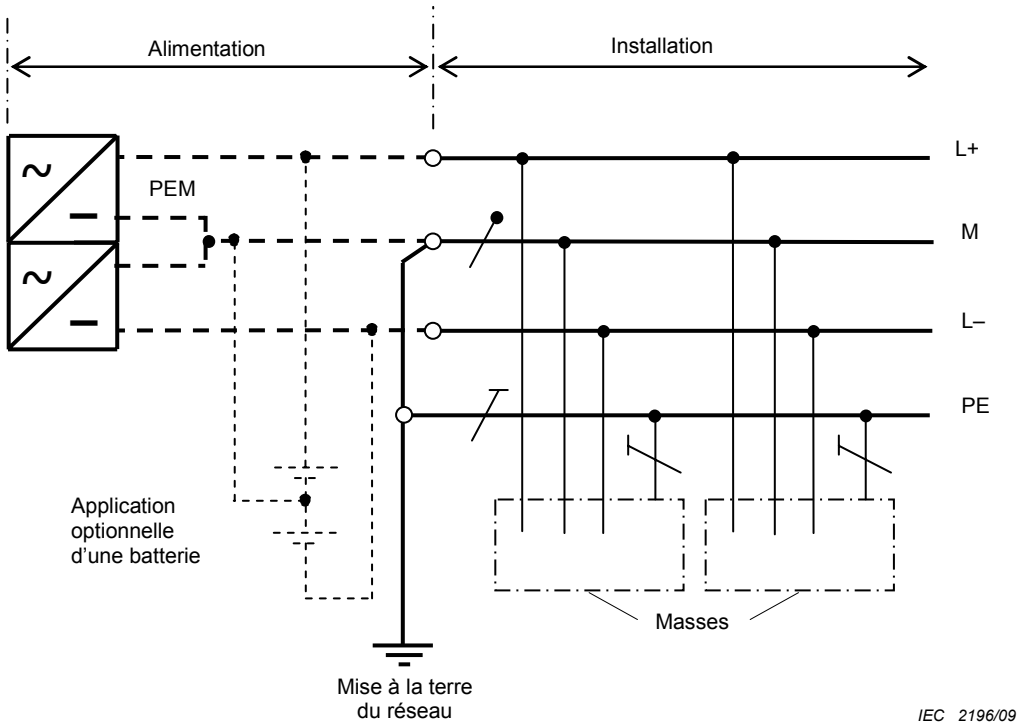
LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Type a)



NOTE 1 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Type b)



NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.14 – Schéma TN-S en courant continu

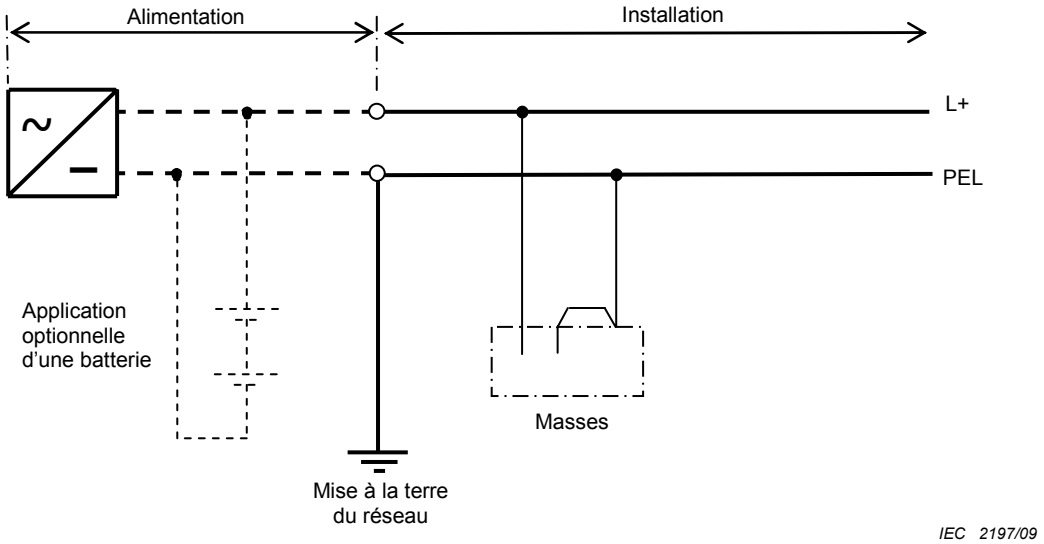
E.4.1.2 Schéma TN-C

Les fonctions du conducteur de ligne mis à la terre par exemple L– et le conducteur de protection sont du type a) combinés en un seul conducteur PEL dans toute l'installation, ou le

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

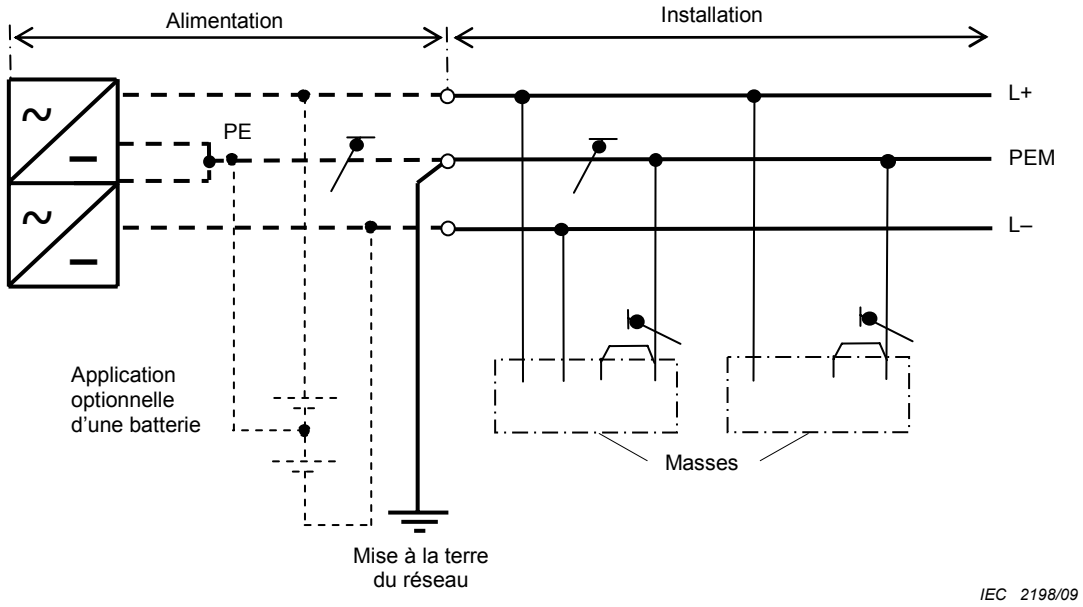
conducteur point milieu mis à la terre M et le conducteur de protection sont combinés dans le type b) en un seul conducteur PEM dans toute l'installation.

Type a)



NOTE 1 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEL dans l'installation peut être mise en place.

Type b)



NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PEM dans l'installation peut être mise en place.

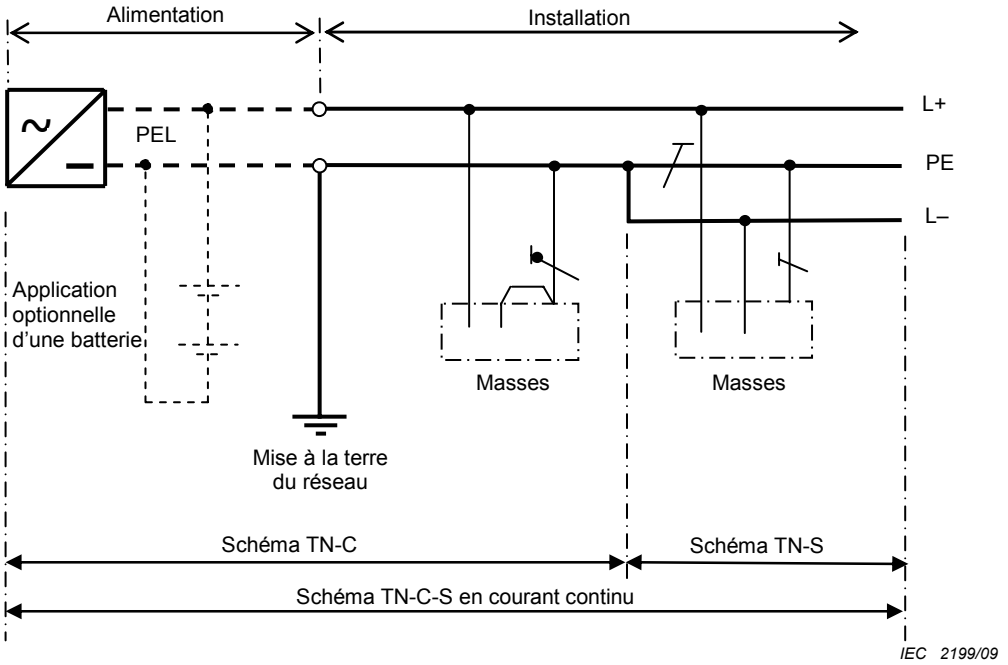
Figure E.15 – Schéma TN-C en courant continu

E.4.1.3 Schéma TN-C-S

Les fonctions du conducteur de ligne mis à la terre par exemple L– dans le type a) et du conducteur de protection sont combinées en un seul conducteur PEL dans une partie de l'installation, ou le conducteur point milieu mis à la terre M dans le type b) et le conducteur de protection sont combinés en un seul conducteur PEM dans une partie de l'installation.

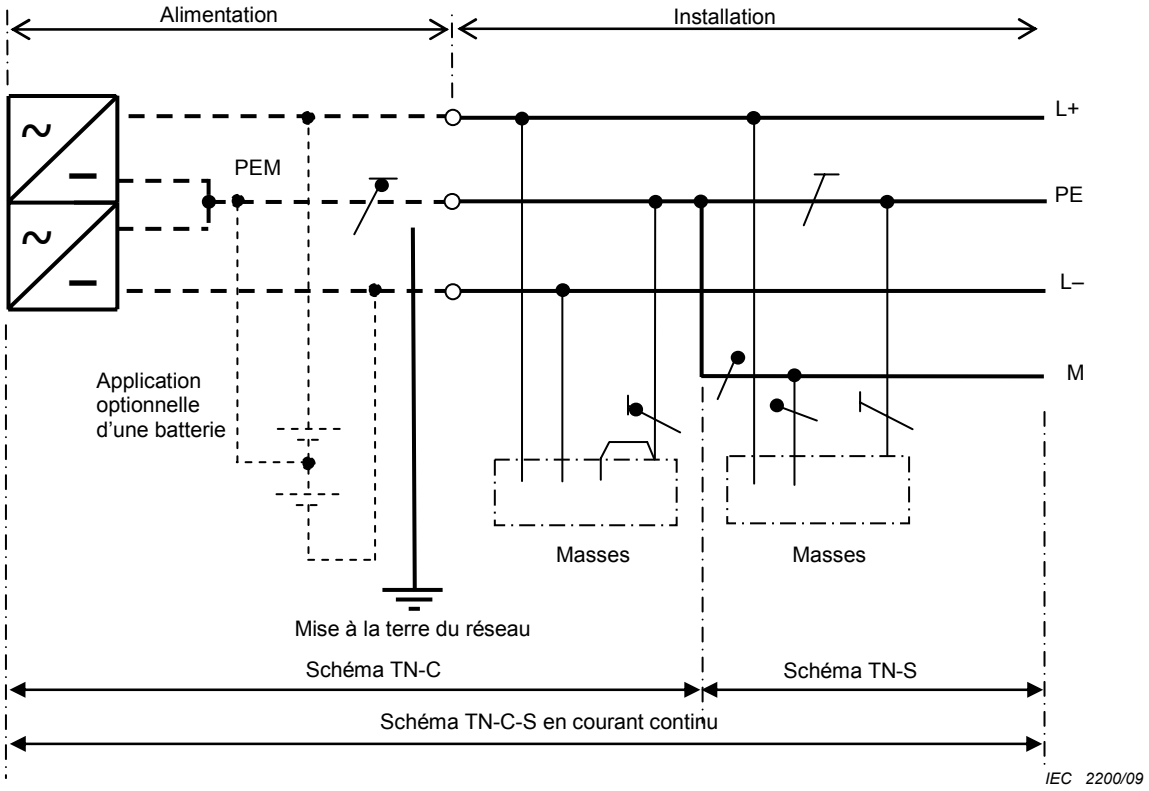
LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Type a)



NOTE 1 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Type b)



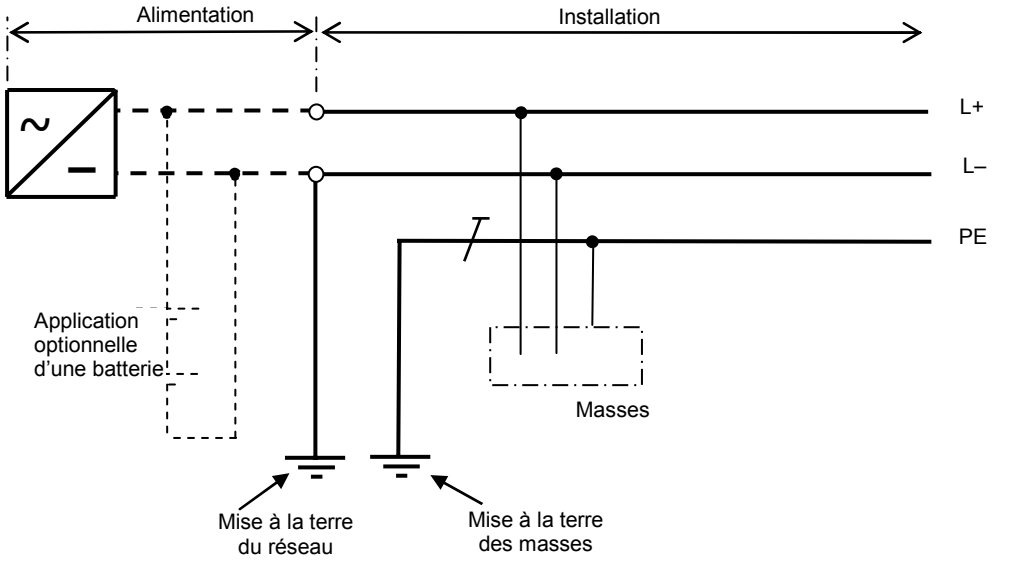
NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.16 – Schéma TN-C-S en courant continu

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

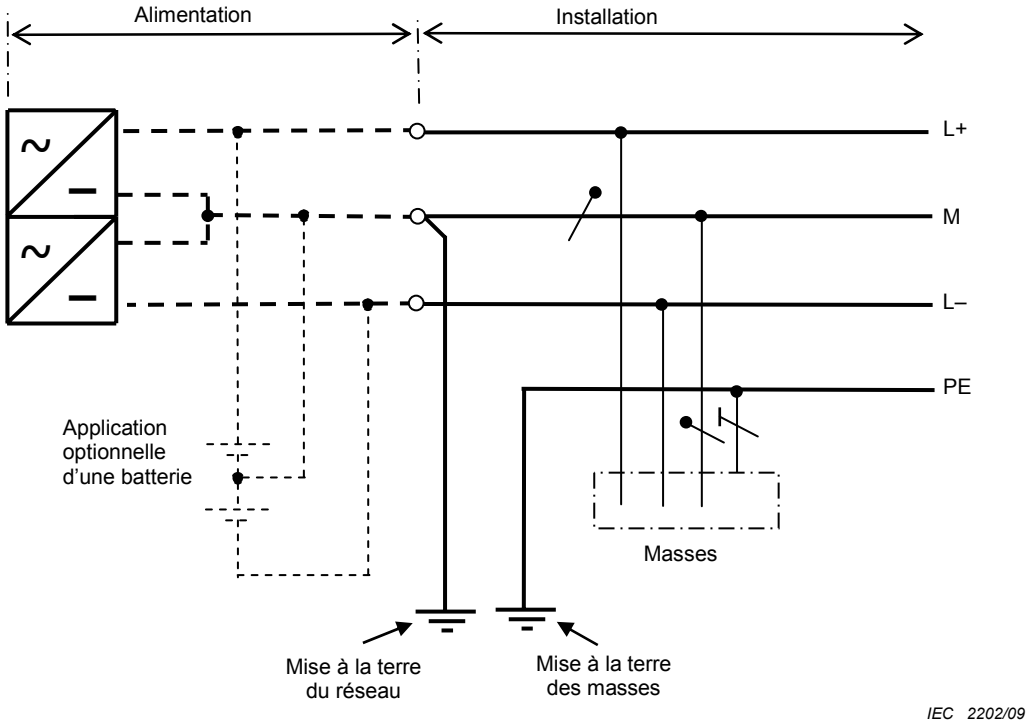
E.4.1.4 Schéma TT

Type a)



NOTE 1 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Type b)



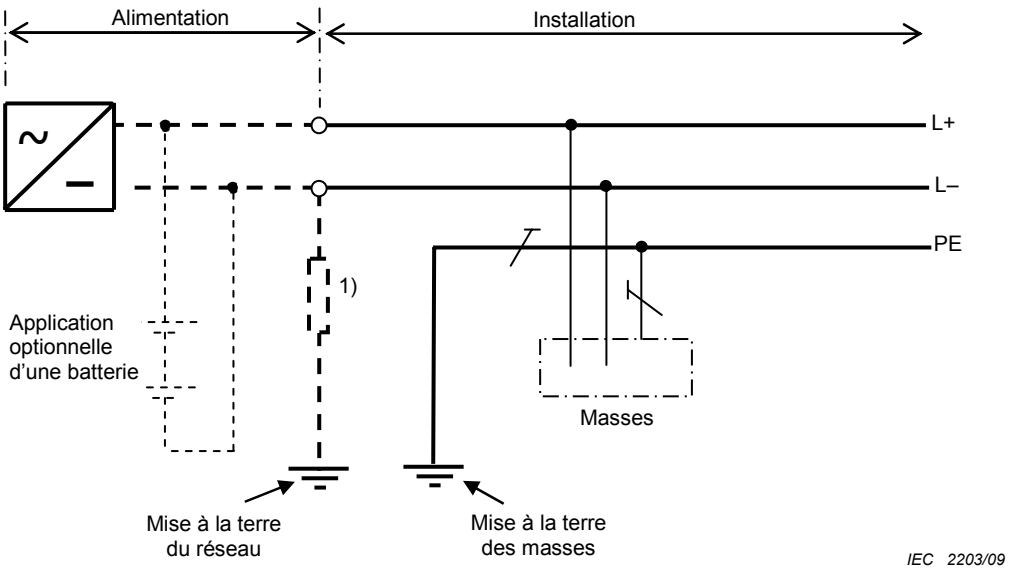
NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.17 – Schéma TT en courant continu

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.4.1.5 Schéma IT

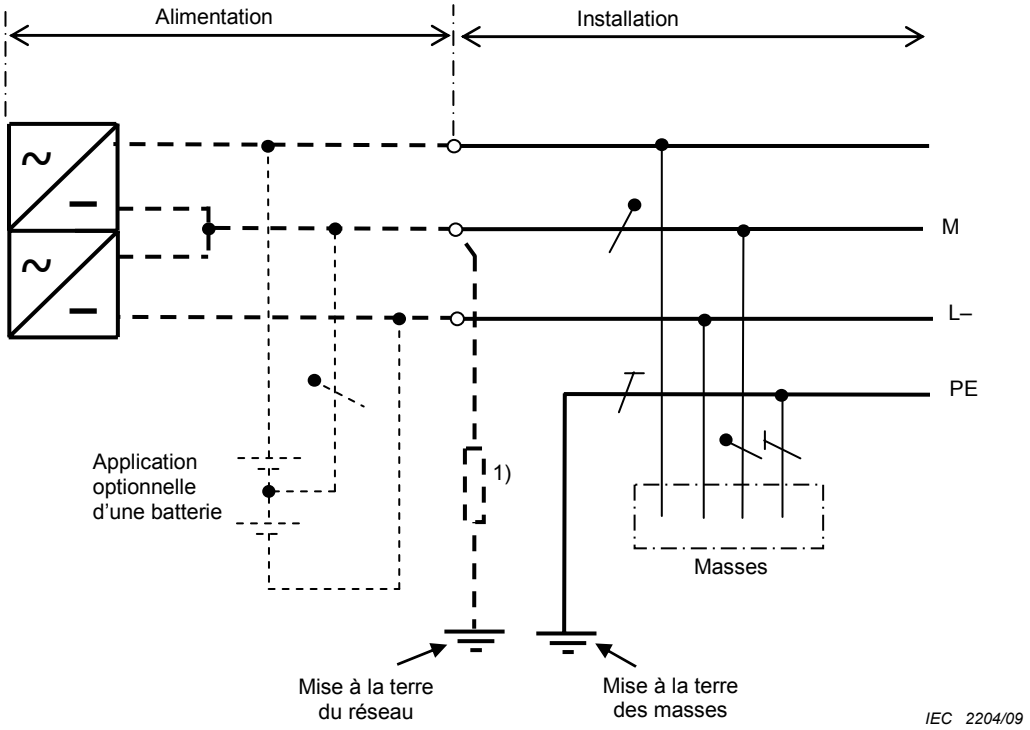
Type a)



1) Le réseau peut être raccordé à la terre au travers d'une impédance suffisamment élevée.

NOTE 1 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Type b)



1) Le réseau peut être raccordé à la terre au travers d'une impédance suffisamment élevée.

NOTE 2 Une mise à la terre supplémentaire du conducteur PE dans l'installation peut être mise en place.

Figure E.18 – Schéma IT en courant continu

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliographie

CEI 60034-1:2004, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60050-191: *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050-195: *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60050-441: *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050-442: *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 442: Petit appareillage*

CEI 60050-826: *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 826: Installations électriques*

CEI 60072 (toutes les parties): *Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes*

CEI 60204-1: *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

CEI 60204-32: *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 32: Exigences pour les appareils de levage*

CEI 60309-1:1999, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

CEI 60364 (toutes les parties): *Installations électriques à basse tension*

CEI 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60364-5-54:2002, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

CEI 60439-1:1999, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

CEI 60909 (toutes les parties): *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

CEI 60947-2:2006, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

CEI 60947-3:2008, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

CEI 60947-5-1: *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande: Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

CEI 60947-5-2: *Appareillage à basse tension – Partie 5-2: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Détecteurs de proximité*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI/TR 61000-5-2: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 2: Mise à la terre et câblage*

CEI 61000-6-1: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

CEI 61000-6-2: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Part 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 61000-6-3: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Part 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

CEI 61000-6-4: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Part 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61082-1:2006, *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique – Partie 1: Règles*

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

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61310-3:2007, *Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 3: Exigences sur la position et le fonctionnement des organes de commande*

CEI 61326 (toutes les parties): *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM*

CEI 61346 (toutes les parties): *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence*

CEI 61439-1:2009, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 61496-1: *Sécurité des machines – Equipements de protection électro-sensibles – Partie 1: Prescriptions générales et essais*

CEI 61558-2-16:2009, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2: Règles particulières pour les transformateurs pour alimentation à découpage*

CEI 61800-3: *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques*

CEI 61984:2008, *Connecteurs – Exigences de sécurité et essais*

CEI 62046:2008, *Sécurité des machines – Application des équipements de protection à la détection de la présence de personnes*

CEI/TR 62513: *Sécurité des machines – Lignes directrices pour l'usage de systèmes de communication dans les applications liées à la sécurité*

ISO 3864-1:2002, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISO 12100-1:2003, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

ISO 13850:2006, *Sécurité des machines – Arrêt d'urgence – Principes de conception*

ISO 14122 (toutes les parties): *Sécurité des machines – Moyens d'accès permanents aux machines*

CENELEC HD 516 S2: *Guide d'emploi des câbles harmonisés à basse tension*

SEMI S1: *Safety guideline for equipment safety labels*

_____

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE,
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.