IEC 61230

Edition 2.0 2008-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting

Travaux sous tension – Equipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit

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

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 61230

Edition 2.0 2008-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting

Travaux sous tension – Equipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XB

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260.99

ISBN 2-8318-9875-7

® 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 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 12
3 Terms and definitions 13
4 Requirements 17
4.1 General 17
4.2 Electrical rating 18
4.3 Cables for earthing and short-circuiting 18
4.3.1 Selection of cables 18
4.3.2 Earthing cables used on solidly earthed (neutral) systems 19
4.3.3 Earthing cables used on non-solidly earthed (neutral) systems 19
4.4 Short-circuiting bars 19
4.5 Connections of cables to rigid parts within devices 20
4.6 Clamps 20
4.7 Earthing and short-circuiting device 20
4.8 Basic safety requirements for the insulating element(s) of the insulating component 21
4.9 Marking 21
4.9.1 General 21
4.9.2 Marking on earthing and short-circuiting device 21
4.9.3 Marking on clamp 22
4.9.4 Marking on cable 22
4.9.5 Marking on other components 22
4.10 Instructions for use 22
5 Tests 23
5.1 General 23
5.2 Verification and checking 23
5.3 Tests for the selection of cables 24
5.3.1 Cables complying with IEC 61138 24
5.3.2 Cables not complying with IEC 61138 24
5.4 Fatigue and humidity penetration tests on cable with end fittings 24
5.4.1 Fatigue test 24
5.4.2 Humidity penetration test 26
5.5 Tension test on cable with end fittings 26
5.6 Test on clamps, permanent connection points and connections 27
5.6.1 Tests for tightening types 27
5.6.2 Tests for non-tightening types 27
5.7 Short-circuit current test 27
5.7.1 General 27
5.7.2 Preparation of test pieces 29
5.7.3 Test set-ups and test arrangements 33
5.7.4 Test current, Joule-integral and duration 34
5.7.5 Documentation and evaluation of the test 35
5.7.6 Alternative means to short-circuit current test for conformity assessment during production phase 36

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

5.8 Durability of marking 36
6 Conformity assessment 36
7 Modifications 36
Annex A (informative) Guidelines for portable equipment for earthing to be used on railway systems 37
Annex B (informative) Guidelines for earthing sticks 41
Annex C (informative) Guidelines for selection, use and maintenance of portable earthing or earthing and short-circuiting equipment 45
Annex D (informative) Guideline for determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short-circuit of a given duration 56
Annex E (normative) List of type tests 58
Annex F (normative) Classification of defects 59
Bibliography 60

Figure 1 – Examples of portable equipment and device for installations, network and railway systems application 9
Figure 2 – Connection diagrams of single and multi-phase earthing and short-circuiting devices for network application 11
Figure 3 – Illustration of a three-phase earthing and short-circuiting device with short-circuiting bar and earthing cable(s) for installation and network application 12
Figure 4 – Apparatus for fatigue testing with bending and twisting 25
Figure 5 – Examples of multiple combinations of clamps accommodating different shapes and sizes of connection points 29
Figure 6 – Test set-ups for testing multi-phase devices connected between rigid conductors for substations 31
Figure 7 – Test set-ups for testing multi-phase short-circuiting devices for overhead lines 32
Figure 8 – Test set-ups for testing single-phase devices for overhead lines and for open air substations 33
Figure 9 – Shape of the short-circuit current during test 35
Figure A.1 – Test set-up for testing single phase equipment for railway systems 39
Figure B.1 – Arrangement for bending tests on earthing sticks of circular cross-section 43
Figure B.2 – Arrangement for torsion tests on earthing sticks of circular cross-section 44
Figure C.1 – Curves representing the temperature heating of different nature of conductors related to the value of the Joule-integral J^2t 49
Figure C.2 – Determination of conductor temperature from heating 50
Figure C.3 – Determination of J^2t 51
Figure C.4 – Example of the usable region for a device 53
Figure D.1 – Determination of short-time current 57

Table 1 – Usual lengths of earthing and short-circuiting cables for different types of installations and different voltage levels 11
Table 2 – Minimum cross-section of earthing cables related to the cross-section of the short-circuiting cables and/or bars on non-solidly earthed (neutral) systems 19
Table 3 – Tension test force on cable with end fittings 27
Table A.1 – Short circuit values for copper cable with a maximum temperature of 450 °C 40

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

Table B.1 – Maximum deflection 43
Table C.1 – Comparison of different standard values of nominal cross-sections 47
Table C.2 – Short-circuit close to generator – Short-circuit current values in kA for copper cables with a maximum temperature of 300°C 48
Table E.1 – List of type tests referred to subclauses 58
Table F.1 – Classification of defects and associated requirements and tests 59

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIVE WORKING – PORTABLE EQUIPMENT FOR EARTHING OR EARTHING AND SHORT-CIRCUITING

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 61230 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1993. It constitutes a technical revision.

The major changes are:

– extension of the scope to cover the use of equipment on d.c. installations;
– extension of the use of aluminium to all conductive parts of the device;
– extension of the application to silicone rubber cables made by the revision of TC 20 document IEC 61138;
– possibility of using this standard for separate components of the equipment;
– general revision of requirements and tests;
– deletion of the marking requirement of the double triangle to clarify that the products covered by the standard are not appropriate for performing live working;

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

– clarification and modification to the procedure for short-circuit test:
  - change of the number of devices submitted to test,
  - change of the pre-conditioning time to 48 h,
  - clarification of the test procedure for separate components,
– application of conformity assessment for products having completed the production phase, according to IEC 61318 Ed.3;
– revision of existing annexes;
– change of normative Annexes A and C into informative Annexes C and B with a reviewed wording;
– deletion of Annex B, not applicable according to IEC 61318 Ed.3;
– deletion of Annex D, its requirements and tests being now included in the body of the standard;
– introduction of a new informative Annex A on railway application;
– introduction of a new informative Annex D giving guidelines for determination of the equivalent r.m.s. value of a short-circuit current;
– revision of the list of type tests, which now appears in normative Annex E;
– introduction of a new normative Annex F on classification of defects.

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

FDIS	Report on voting
78/741/FDIS	78/748/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.

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.

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

INTRODUCTION

This International Standard has been prepared in accordance with the requirements of IEC 61477.

An agreement may be made between manufacturer and customer for additional requirements, and tests. These additional requirements are prescribed in the customer's specification on the basis of an acceptance procedure.

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

LIVE WORKING – PORTABLE EQUIPMENT FOR EARTHING OR EARTHING AND SHORT-CIRCUITING

1 Scope

This International Standard is applicable to portable equipment, with or without matching connection points, for temporary earthing or earthing and short-circuiting of electrically isolated or de-energized a.c. and d.c. installations, distribution and transmission networks, whether they are overhead or underground or of low or high voltage.

NOTE Annex A provides guidance for application to railway systems.

This standard covers equipment comprising an earthing or a short-circuiting or an earthing and short-circuiting device and insulating component. An example is given in Figure 1a and Figure 1b.

It also covers:

– earthing or short-circuiting or earthing and short-circuiting devices intended to be installed with insulating means. An example of an earthing device is given in Figure 1c;
– separate components, such as conductive extension (see Figure 1b) or clamp or cable with end fittings.

The performance of equipment, devices and components covered by this standard is based on electro-dynamic and electro-thermal effects acting during short-circuit. The withstand capability of the devices and equipment is expressed by their rated values of current, time and peak factor. No rated voltage is given, but the geometrical dimensions of the equipment are also linked to the voltage of the installation.

Examples of connection diagrams of earthing and short-circuiting devices are given in Figures 2 and 3. Associated usual lengths of cables are given in Table 1.

Not covered in this standard are:

– insulating means, such as insulating sticks, telescopic sticks, insulating handles, insulating gloves, aerial devices with insulating booms, insulating ropes to be used to install the earthing and short-circuiting device;
– insulating components, except for basic safety requirements for the insulating element;

NOTE Basic safety recommendations for earthing sticks are given in Annex B.

– devices meant only for the draining of induced currents;
– relevant working procedures for using portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting.

NOTE The equipment complying with this standard should be used according to safe working procedures and according to local or national regulation, such as live working or dead working procedures.

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

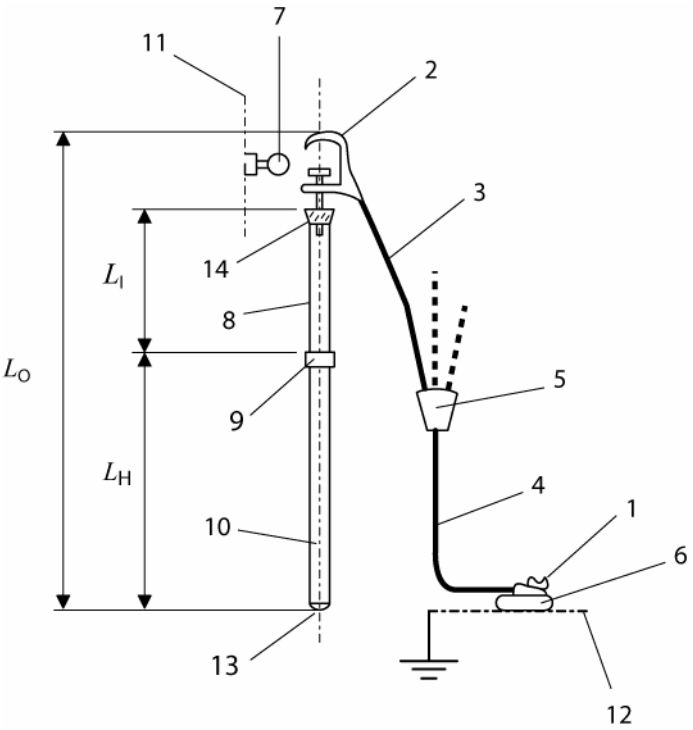


Figure 1a – Multi-phase equipment

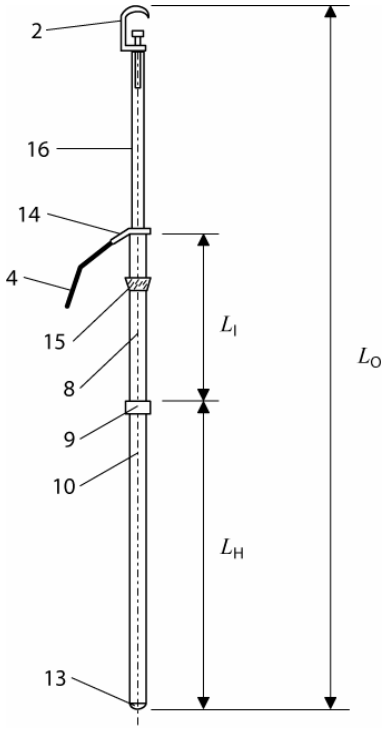
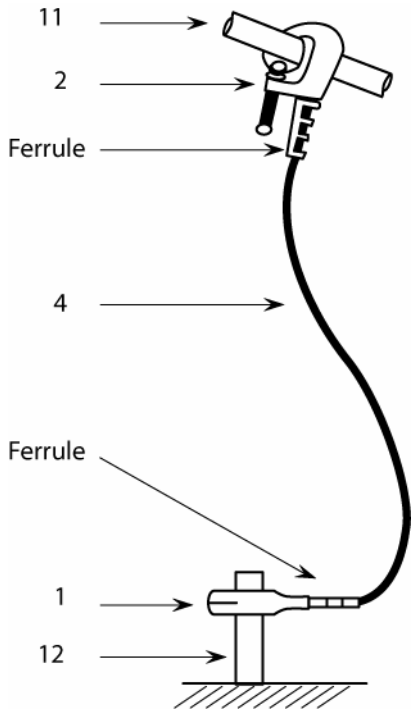


Figure 1b – Single-phase equipment with extension



NOTE The same device can also be used for short-circuiting.

Figure 1c – Earthing device

Key

1	Earth clamp or rail clamp
2	Line clamp or contact line clamp
3	Short-circuiting cable(s)
4	Earthing cable(s)
5	Connecting cluster
6	Earth permanent connection point or rail
7	Line permanent connection point or overhead contact line profile
8	Insulating element
9	Handle limit mark
10	Handle of earthing stick
11	Installation conductor or bar
12	Earthing system
13	End cap of stick
14	End fitting, permanent or detachable
15	Stick coupling, detachable for transport reasons
16	Conductive extension
L_I	Length of insulating element
L_H	Length of handle
L_O	Overall length of earthing stick and conductive extension component

NOTE 1 The earthing and short-circuiting device comprises components 1, 2, 3, 4, 5 and 16.

NOTE 2 The earthing stick comprises components 8, 9, 10, 13, 14 and 15.

NOTE 3 The earthing device comprises components 1, 2 and 4.

Figure 1 – Examples of portable equipment and device for installations, network and railway systems application

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

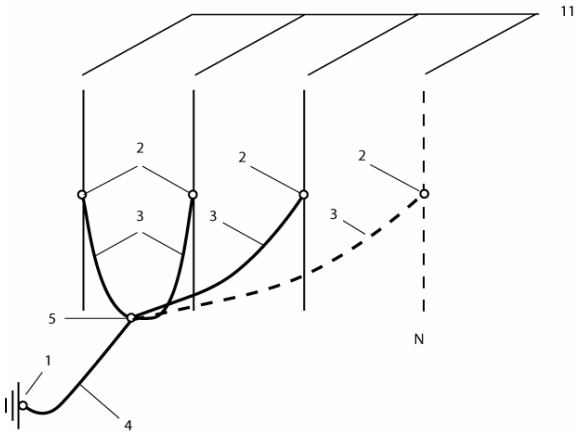


Figure 2a

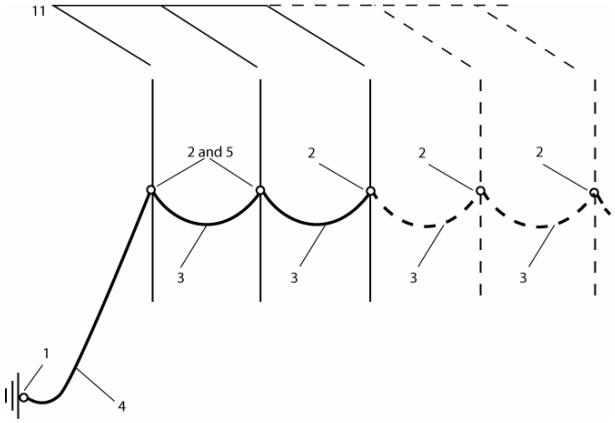


Figure 2b

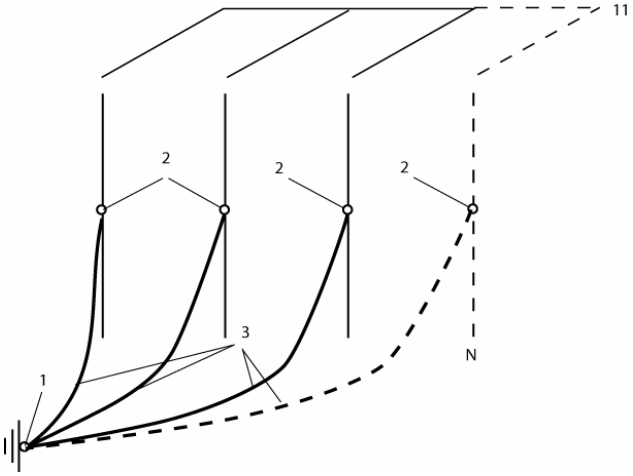


Figure 2c

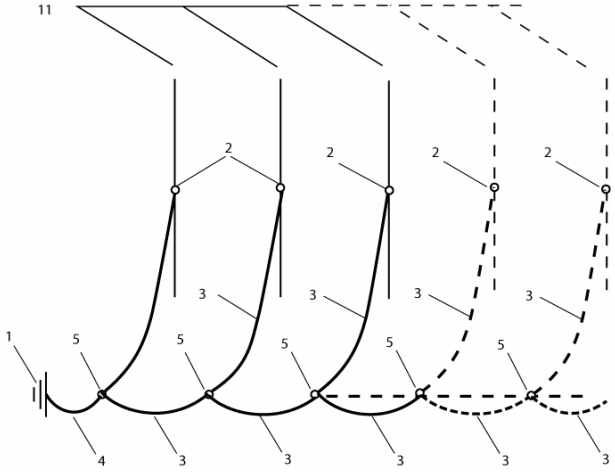
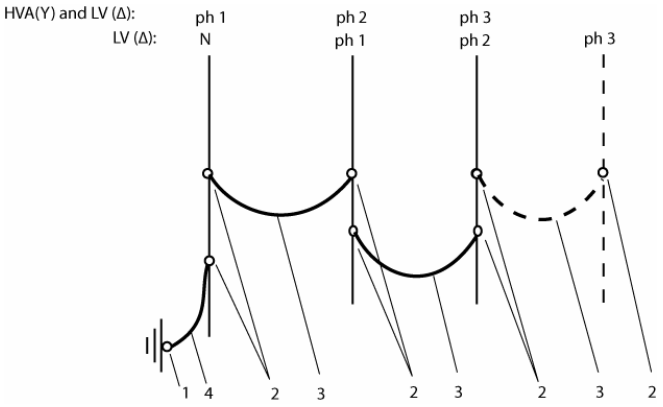


Figure 2d



HVA (Y) = High voltage distribution , Y Neutral system

LV (Δ) = Low voltage, Δ Neutral system

Figure 2e

Key

1	Earth clamp
2	Line clamp
3	Short-circuiting cable(s)
4	Earthing cable(s)
5	Connecting cluster
11	Installation conductor or bar
16	Conductive extension

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

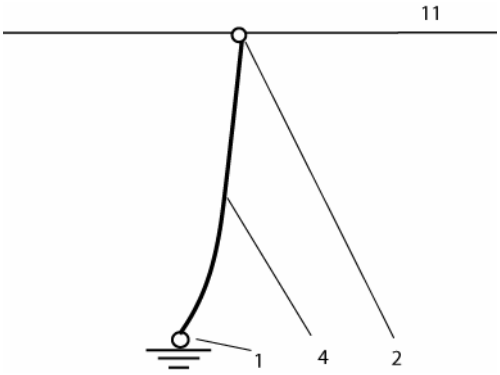


Figure 2f

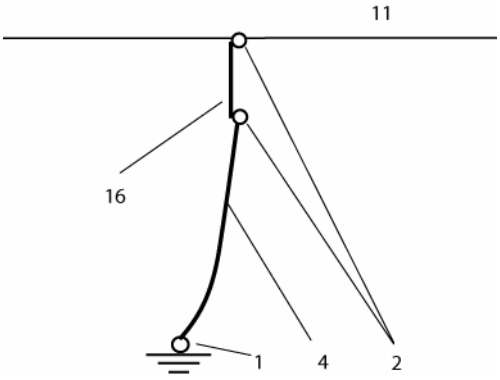


Figure 2g

Figure 2 – Connection diagrams of single and multi-phase earthing and short-circuiting devices for network application

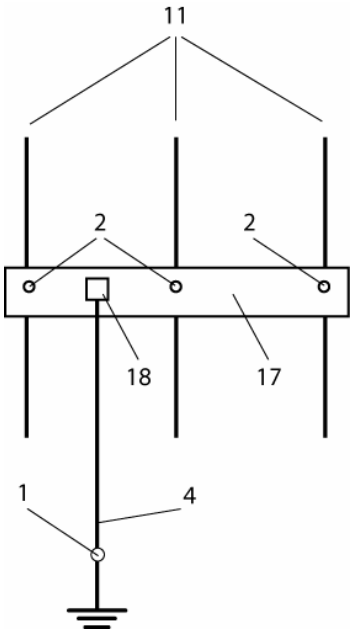
NOTE Figure 2 shows examples only of connection arrangements. Not all are suitable for all situations. It is the responsibility of the user to consider movement of connecting cables from magnetic forces. This has to be considered prior to a final connection.

Table 1 – Usual lengths of earthing and short-circuiting cables for different types of installations and different voltage levels

Classes of operating voltages	Overhead line	Open air substation	Metal enclosed or indoor substation
Low voltage [a]	Multi-phase Figures 2a, 2b, 2c, 2d key 3 = 0,5 m key 4 = 12 m to 16 m	Multi-phase Figure 2c ; key 3 = 0,5 m Figure 2a ; key 3 = 0,5 m and key 4 = 1 m to 10 m	Specific
	Single-phase Figure 2f key 4 = 0,5 m to 10 m		
Distribution [a]	Multi-phase Figures 2a, 2b, 2c, 2d key 3 = 2 m to 2,5 m key 4 = 8 m to 10 m	Multi-phase Figures 2a, 2b, 2c key 3 = 7,5m to 10 m key 4 = 2,5 m to 3 m	Multi-phase Figure 2a key 3 = 0,7 m key 4 = 2 m
	Multi-phase + 5 m extension Figure 2g key 4 = 8 m to 10 m		
	Single-phase Figure 2f key 4 = 8 m to 10 m	Single-phase Figure 2f key 4 = 10 m to 12 m	
Transmission [a]	Single-phase Figure 2f key 4 = 8 m	Single-phase Figure 2f key 4 = 10 m to 12 m	Multi-phase Figure 2a key 3 = 3 m key 4 = 3 m
		Single-phase + 2 m to 5 m extension Figure 2g key 4 = 7 m to 8 m	Single-phase Figure 2f key 4 = 3 m to 4 m

[a] The voltage limits for the different classes of operating voltage are conventional values and could be modified by national regulations or national practice.

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



Key

1	Earth clamp
2	Line clamp
4	Earthing cable(s)
11	Installation conductor
17	Short-circuiting bar
18	Earthing cable connection

Figure 3 – Illustration of a three-phase earthing and short-circuiting device with short-circuiting bar and earthing cable(s) for installation and network application

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 60060-1:1989 *High voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements* [1)]

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-42:2003, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60811-1-4:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Four: Tests at low temperature*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (2001)

1) Under revision.

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

IEC 60811-2-1:1998, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables Common test methods – Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds – Ozone resistance, hot test and mineral oil immersion tests*
Amendment 1 (2001)[2)]

IEC 60811-3-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section One – Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking*
Amendment 1 (1994)
Amendment 2 (2001)

IEC 61138:2007, *Cables for portable earthing and short-circuiting equipment*

IEC 61318:2007, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

IEC 61477:2001, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*
Amendment 1 (2002)
Amendment 2 (2004)[3)]

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318 and the following apply.

NOTE Further information on terminology is illustrated in Figures 1, 2 and 3.

3.1
conductive extension
rigid conductor forming an extension of an earthing or short-circuiting or earthing and short-circuiting device

NOTE The conductive extension can be installed between the end fitting of an earthing stick and a line clamp, or between a line clamp and connecting point.

[IEC 60743, definition 15.9, modified; IEV 651-14-11, modified]

3.2
connecting cluster
component of an earthing and short-circuiting device for connecting short-circuiting cables either directly or through connecting links, such as cable lugs, to each other and to the earthing cable(s) and/or the earth clamp

[IEC 60743, definition 15.5, modified; IEV 651-14-06, modified]

3.3
connecting point
part of installation or part of test set-up to which a clamp is connected

2) There exists a consolidated edition 2.1 (2001) that includes IEC 60811-2-1:1998 and its Amendment 1.

3) There exists a consolidated edition 1.2 (2005) that includes IEC 61447:2001 and its Amendments 1 and 2.

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

3.4
connection point
part of installation specially arranged for clamp connection (for example, ball pin, cylinder bolt, bow, hook, stirrup, stud)

[IEV 651-14-09 modified]

3.5
dead (in live working)
de-energized
at a potential equal to or not significantly different from that of earth at the worksite

NOTE In some countries, according to the dead procedures, the state dead is only considered after the earthing and short-circuiting equipment has been properly installed.

[IEV 651-01-15 modified]

3.6
earth clamp
clamp forming part of an earthing or earthing and short-circuiting device for connecting an earthing cable, or a connecting cluster to an earthing conductor or an earth electrode or a reference potential

[IEC 60743, definition 15.6, modified; IEV 651-14-07, modified]

3.7
earthing and short-circuiting device
assembly of components for interconnecting conductors for earthing or short-circuiting or earthing and short-circuiting installations and networks

NOTE 1 The earthing and short-circuiting device comprises clamps, cables or bars and possibly clusters.

NOTE 2 The earthing and short-circuiting device could be of single phase type or multi-phase type.

[IEC 60743, definition 15.2, modified; IEV 651-14-03, modified]

3.8
earthing cable
cable forming part of an earthing and short-circuiting device, which connects earth clamp to a line clamp of the electrical installation or earth clamp to connecting cluster

[IEC 60743, definition 15.1, modified; IEV 651-14-02, modified]

3.9
earthing stick
earth application stick
insulating component equipped with a permanent or detachable end fitting for installing clamps, short-circuiting bars or conductive extension components onto the electrical installation

NOTE The insulating element of the earthing stick is intended to provide the adequate safety distance and insulation to the worker.

[IEC 60743, definition 15.8, modified; IEV 651-14-10, modified]

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

3.10
energized (in live working)
at a potential significantly different from that of earth at the worksite and which presents an electrical hazard

NOTE A part is energized when it is electrically connected to a source of electric energy. It can also be energized when it is electrically charged under the influence of an electric or magnetic field.

[IEV 651-01-14]

3.11
induced current
electric current resulting from the displacement of charges carriers due to an induced tension or a magnetic field induction

[IEV 121-11-29 modified]

3.12
insulating element
element of an insulating component that provides adequate electrical insulation to the worker

NOTE For most of the insulating components used in the design of portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting, the insulating element also provides adequate safety distance to the workers.

3.13
insulating component
hand-held insulating part of a portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting, designed to bring and connect clamps to parts of electrical installations

NOTE An earthing stick is considered as an insulating component.

3.14
insulating means
insulating tool, equipment or device, manual or mechanical, complying with insulating properties and used for bringing and connecting clamps of earthing and short-circuiting devices to parts of electrical installations

NOTE An insulating glove, an insulating rope, an insulating handle, an insulating stick, an insulating telescopic stick, an aerial device with insulating boom, are insulating means.

3.15
insulating stick
insulating tool essentially made of an insulating tube and/or rod with end fittings

[IEV 651-02-01]

3.16
isolate
to disconnect completely a device or circuit from other devices or circuits, separating it physically, electrically and mechanically from all sources of electrical energy

NOTE Such separation may not eliminate all effects of electromagnetic or electrostatic induction.

[IEC 61328, definition 3.46, modified; IEC 61911, definition 3.39, modified]

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

3.17
line clamp
clamp forming part of an earthing and short-circuiting device, which is attached to a short-circuiting cable, a short-circuiting bar or conductive extension component, either directly or through connecting links, and used for the connection to line (line conductors, busbars or current-carrying conductors), or to the connection point

[IEC 60743, definition 15.7, modified; IEV 651-14-08, modified]

3.18
maintenance test
test carried out periodically on an item to verify that its performance remains within specified limits, after having made certain adjustments, if necessary

[IEV 151-16-25]

3.19
maximum peak current
$\hat{\imath}_{tm}$
peak value associated with the first major loop of the test short-circuit current determining the highest electro-dynamic mechanical stresses

3.20
portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting
equipment, which is portable and is capable to be carried by one person and manually or mechanically connected with its insulating component to parts of an electrical installation for earthing or short-circuiting or earthing and short-circuiting purposes

NOTE 1 The portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting comprises the earthing and short-circuiting device and one or more specific detachable or non-detachable insulating components.

NOTE 2 The use of insulating component is to safely connect the devices to the connecting points.

NOTE 3 The portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting is installed temporarily on isolated power circuits for the purposes of potential equalization and to help protect the worker by conducting a short-circuit current for a specified duration (time).

NOTE 4 The aim of the earthing and short-circuiting of disconnected or isolated parts of installations is to provide a control path to the short-circuit current and secondly to prevent the voltage rise in the earth circuit.

[IEV 651-14-01 modified]

3.21
rated current and rated time
r.m.s value of current and time assigned to a device, or component, determining the highest mechanical and thermal stresses for a given peak factor

NOTE The values apply only to those parts designed to withstand short-circuit current.

[IEV 651-14-12 modified]

3.22
rated peak factor
ratio of the maximum peak current to its rated current

[IEV 101-14-57 modified]

3.23
safety distance
air clearance between the worker and a live part of the installation related to the voltage of the installation and to the working procedures, which is determined to prevent any electrical hazard to occur

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

3.24
short-circuiting bar
rigid conductor, such as a bar or tube, forming part of an earthing and short-circuiting device which connects together phases of the installation

[IEC 60743, definition 15.4, modified; IEV 651-14-05, modified]

3.25
short-circuiting cable
cable forming part of an earthing and short-circuiting device, which connects together clamps to a common electrical reference point such as a line clamp to another line clamp or to a connecting cluster

[IEC 60743, definition 15.3, modified; IEV 651-14-04, modified]

3.26
solidly earthed (neutral) system
system whose neutral point(s) is (are) earthed directly

[IEV 601-02-25]

3.27
supplier
organisation or person that provides a product

Example: Producer, distributor, retailer or vendor of a product, or provider of a service or information.

NOTE 1 A supplier can be internal or external to the organisation.

NOTE 2 In a contractual situation a supplier is sometimes called “contractor”.

[ISO 9000, definition 3.3.6]

3.28
transit current
current which flows through the cables of the earthing and short-circuiting device when the device is completely connected to the electrical installation

NOTE 1 For HV installations or networks, the current may be a residual current (e.g. unbalanced load or induced current).

NOTE 2 For railway d.c. systems, the current flowing from the rail to the overhead contact line when the earthing cable is connected and when a train is running on an adjacent rail track.

4 Requirements

4.1 General

The equipment, devices and components shall be designed to contribute to the safety of the users provided the equipment, devices and components are used by skilled persons, in accordance with safe methods of work and the instructions for use (see 4.10).

NOTE 1 According to safe procedure, electrical installations are considered energized or live until all protective earthing and short-circuiting equipment have been properly installed.

NOTE 2 Where applicable, national or regional regulations should be followed, such as live working or dead working procedures.

Earthing and short-circuiting devices and their components shall be designed to withstand all the mechanical stresses to which they are submitted during normal use.

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

Devices and components shall withstand the maximum short-circuit current, time and Joule integral for which they are rated.

NOTE Devices and components should be designed in order to also accept transit current.

Earthing and short-circuiting devices, when installed according to instructions for use, shall be able to withstand all stresses from short-circuit currents for which they are designed without causing electrical, mechanical, chemical or thermal danger to persons.

NOTE 1 For indoor use and enclosed space, poisonous effects should be considered (see C.2.2).

NOTE 2 Highest possible temperature rise of cables is therefore adopted to reduce weight.

The manufacturer or the end assembler of all component parts of the equipment shall be responsible to ensure that the equipment meets all the requirements of this standard.

4.2 Electrical rating

Earthing and short-circuiting devices and their components shall be rated in terms of a short-circuit current (I_r), a time (t_r) and the corresponding peak factor.

For d.c. applications, the values shall be the same.

Most common values for the rated time are the following:

3 s, 2 s, 1 s, 0,75 s, 0,5 s, 0,25 s, 0,1 s

The rating of the complete device shall be expressed as rated current in kiloamperes, as rated time in seconds and rated peak factor (see 4.9).

NOTE In order to compare different rated values see Annex C.

Separate components of the equipment shall be provided with their rated values and their corresponding test configurations (see 4.10).

Compliance shall be verified by visual verification according to 5.2.

4.3 Cables for earthing and short-circuiting

Earthing and short-circuiting cables, whether they are made of aluminium or aluminium alloy or made of copper, shall be designed to meet the performance requirement of their rating.

NOTE For selection of the cable cross-section according to temperature rise during a short-circuit, curves or tables and guidance are given in Annex C.

Cables shall have adequate mechanical, chemical, environmental and electrical properties to meet all the requirements of this standard.

NOTE 1 It may be acceptable that the insulating covering of the cable may melt or burn according to the maximum accepted temperature rise during the flow of the short-circuit current and according to the applicable safety rules.

NOTE 2 Guidance for selection of cables taking into account transit current is given in Annex C.

4.3.1 Selection of cables

Cables for earthing and short-circuiting purposes (see Figures 1, 2, and 3) shall be flexible.

Cables shall be insulated for mechanical protection.

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

NOTE The customer may request additional resistance to mechanical shock onto a metallic structure. The cable with PVC insulation should meet the additional requirement and clashing test of 5.4 of IEC 61138.

The selection of the nature of the insulating material shall be made to fulfil chemical, environmental and temperature conditions met in practice.

For earthing and short-circuiting cables of a circular cross-section, electrical, mechanical and other requirements can be met by selecting cables according to IEC 61138.

Cables not complying with IEC 61138 can be used but shall fulfil the following tests:

– the flexibility shall be in accordance with 5.3 of IEC 61138, and with 8.2 of IEC 60811-1-4 for low temperature bending test,
– the physical integrity of the cover shall be in accordance with 5.1.3 of IEC 61138,
– the type of insulating material shall be in accordance with Clause 7 of IEC 61138,
– the resistance to mechanical shock shall be in accordance with 4.3.5 of IEC 61138.

Compliance for selection shall be verified by visual verification of the conformity to IEC 61138 or shall be verified by tests according to 5.3.2.

4.3.2 Earthing cables used on solidly earthed (neutral) systems

Earthing cables used on solidly earthed systems shall have the same cross-section as the associated short-circuiting cables or bars.

4.3.3 Earthing cables used on non-solidly earthed (neutral) systems

Earthing cables used on non-solidly earthed systems may have a cross-section less than the corresponding short-circuiting cables or bars, but never less than that given in Table 2. For values in between those listed in the first column, the value of the second column shall be the next higher size.

Table 2 – Minimum cross-section of earthing cables related to the cross-section of the short-circuiting cables and/or bars on non-solidly earthed (neutral) systems

Copper equivalent cross-section of short-circuiting cables and/or bars mm^2	Minimum copper equivalent cross-section of earthing cables mm^2
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	35
120	50
150	50

4.4 Short-circuiting bars

Short-circuiting bars, whether they are made of aluminium or aluminium alloy or made of copper, shall be designed to meet the performance requirement of their rating.

They shall be designed to be compatible with the installation on which they may be positioned. For this purpose, dimensions of short-circuiting bars are not standardised.

Compliance shall be verified by manual checking according to 5.2 and by test according to 5.7.

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

4.5 Connections of cables to rigid parts within devices

Excellent fatigue resistance is required for the connections of cables to rigid parts (ferrules, cable lugs, end fittings, clusters, etc.).

The connections shall be made with great care to ensure that the specified minimum characteristics of the cables are maintained. Soldered connections are not permitted.

The connection between end fittings and cables shall be protected from water penetration.

All attachments shall be protected against unintentional loosening. Single screws or nuts, if used, shall always be combined with a device, for instance lock washers, that positively prevents slippage or rotation.

Ferrules, cable lugs, end fittings, etc., shall have at least a current-carrying capacity equivalent to the associated cables.

Compliance shall be verified by visual verification according to 5.2 and by tests according to 5.4, 5.5 and 5.7.

4.6 Clamps

Clamps shall be designed to withstand the stresses for which they are rated. They shall provide reliable contact performance and shall withstand the thermal and mechanical stresses produced by the rated short-circuit currents.

Line and earth clamps shall be suitable for the surface and shape of the connecting point and shall permit easy and safe installation without causing damage to clamps and without danger for personnel.

For tightening type, the manufacturer or the end assembler shall provide a rated torque which shall be properly defined for the installation.

For other types such as spring clamps they shall not require an unusual force during the positioning and the removing operations.

NOTE More than one spring clamp may be put on the top end of an earthing stick for a quick and multiple operation. For this reason it is allowed to have specific or additional positioning device for holding many clamps.

Each different design of clamp of the same rating shall be type tested in the same conditions in order to be considered equivalent.

Compliance shall be verified by manual checking according to 5.2 and by tests according to 5.6 and 5.7.

4.7 Earthing and short-circuiting device

The different components of an earthing and short-circuiting device may come from the same manufacturer or from different manufacturers. The final assembly shall be made under the responsibility of the manufacturer or the end assembler of the device. Manufacturer or supplier of separate components shall give sufficient information in order to maintain the capability of the complete device. The final quality of the device after assembly relies only on its end assembler.

A earthing and short-circuiting device can use cables in parallel as short-circuiting or earthing cables.

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

For a multi-phase earthing and short-circuiting device, all cables exposed to a rated short-circuit current shall have the same cross-section, but the earthing cable(s) may have a smaller cross-section in case of use on non-solidly earthed system (see Table 2).

Compliance shall be verified by verification and checking according to 5.2 and by test according to 5.7.

4.8 Basic safety requirements for the insulating element(s) of the insulating component

The insulating elements(s) of the insulating component (earthing stick or other type) shall make use of insulating material(s) and shall be designed such as to provide basic electrical insulating properties to permit the workers to establish the appropriate electrical insulation when installing and removing the portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting.

The manufacturer shall identify the design parameters associated with the basic insulating properties of the insulating element.

NOTE 1 Many parameters of a design of insulating element influence its overall insulating performance. Some parameters are under the control of the manufacturer. Others (ex: the length of insulating tube or rod) may be influenced by working procedures, regional or national regulations. The basic insulating properties are here associated with the design parameters controlled by the manufacturer.

NOTE 2 For example, when cylindrical tubes or rods are used as raw material for the design of the insulating element of an earthing stick, a design parameter associated with the basic electrical properties is the appropriate selection of tubes or rods according to IEC 60855 or IEC 61235.

Annex B provides guidance for selection of the insulating element of the earthing stick as a type of insulating component of complete equipment.

Compliance to the basic safety requirements shall be verified by verification according to 5.2.

4.9 Marking

4.9.1 General

The marking shall be clearly legible. It shall be durable and not removable.

Each device, cable and clamp shall be marked properly.

When a device is made of several components of different rating, the marking of the rated values of the device shall be the minimum of the rated capacity of each component and under the responsibility of the final assembler.

NOTE Additional recommendations are given in Annexes B and C.

Compliance shall be verified by visual verification according to 5.2 and by test according to 5.8.

4.9.2 Marking on earthing and short-circuiting device

The device itself or an additional non-removable label shall be marked where appropriate with at least the following items of marking:

– manufacturer's name or trade mark or end assembler's name;

– model or type reference for the device;

– year of manufacture;

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

– rated current I_r (kA), rated time t_r (s) of the device and value of the rated peak factor (for example 10 kA – 0,5 s – 2,6);
– number of the relevant IEC standard.

4.9.3 Marking on clamp

Clamp itself or an additional non-removable label shall be marked with at least the following items of marking:

– manufacturer's name or trademark;
– model or type reference for the clamp.

4.9.4 Marking on cable

For cables covered by IEC 61138, no other marking is required.

NOTE The reference number of the cable standard is given by the code designation.

For cables not covered by IEC 61138, the cable shall be marked with the following items:

– indication of the origin of the cable (see 4.4.1 of IEC 61138);
– cross-section or cable size;
– nature of the insulating covering (see Clause 7 of IEC 61138).

4.9.5 Marking on other components

Other components such as short-circuiting bars or conductive extension of the earthing and short-circuiting devices may be delivered separately. In that case they shall be marked similar to the clamps.

4.10 Instructions for use

Each device or equipment covered by this standard shall be supplied with manufacturer’s written information and instructions for use and care. These instructions shall be prepared in accordance with the general provisions given in IEC 61477.

They shall include at least the following:

– instructions for assembling the complete device or equipment;
– limitation, if any, of the main characteristics such as rated values, temperature conditions, indoor use, etc.;
– rated values (current, time and peak factor) of the separate components;
– guidelines for maintenance, use, storage and inspection;

NOTE Users should also refer to Annex C for additional information.

– torque and force values and instructions for securing of auxiliary fasteners, which may loosen during use;
– information about the use of aluminium for cables, clamps and other parts of the devices, if relevant;
– statement that “the devices shall be removed from service after exposure to short-circuit current” (see C.4);
– number of the relevant IEC standard and the year of publication with amendment, if any.

NOTE Additional instructions for use may be requested by the customer.

Compliance shall be checked by visual verification according to 5.2.

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

5 Tests

5.1 General

The present standard provides testing provisions to demonstrate compliance of the product to the requirements of Clause 4. These testing provisions are primarily intended to be used as type test for validation of the design input. Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.) are specified within the test subclauses for the purpose of portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting having completed the production phase.

The list of type tests to be performed with references to corresponding subclauses is specified in Table E.1 of Annex E.

Tests shall be carried out at the responsibility of the manufacturer or end supplier.

Tests shall be carried out at temperatures between –10 °C and +40 °C and regardless of humidity, unless otherwise specified.

NOTE 1 This broad range of climatic conditions is specified because outdoor testing may often be preferable or necessary.

NOTE 2 A maximum temperature of + 45 °C should be accepted in case of outdoors tests in countries where usual temperatures are very high.

Electrical tests shall be carried out using a single-phase a.c. voltage source in accordance with IEC 60060-1. The test circuit shall be complemented by adequate transformers and impedances to generate the test short-circuit current in order to fulfil the requirements of 5.7.

NOTE 1 It is recommended to consider IEC 62475 Ed.1 for high current test techniques (under development).

NOTE 2 For d.c. current tests there is no prescribed reference for the d.c. source. It is common practice to use the same rms a.c. value and set up.

Components evaluated by destructive tests shall not be re-used.

Visual verification shall be made either on complete equipment or device or separate components.

The manufacturer or the final assembler shall provide the test pieces. Test pieces intended to be used for destructive tests shall be prepared from complete equipment or device.

Unless otherwise specified, the type tests shall be carried out on three separate test pieces or complete devices.

The tests shall be considered as passed when all test pieces or the complete devices pass the tests.

NOTE For products having completed the production phase, the tests associated with critical, major and minor defects are specified in Annex F (also see Clause 6)

Acceptance tests are covered by IEC 61318.

5.2 Verification and checking

When visual verification is specified, it shall be understood to be visual verification by a person with normal or corrected vision without additional magnification.

Visual and dimensional verification, manual checking and other verification shall be made to check if the relevant requirements of Clause 4 are fulfilled.

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

The verification and checking shall be considered as passed if all the relevant requirements of Clause 4 are fulfilled.

5.3 Tests for the selection of cables

5.3.1 Cables complying with IEC 61138

In order to verify that cables comply with IEC 61138, visual verification shall be made on the marking of the cable.

5.3.2 Cables not complying with IEC 61138

5.3.2.1 Type tests

Cables not complying with IEC 61138 shall fulfil the following tests:

– for flexibility, 5.3 of IEC 61138, and with 8.2 of IEC 60811-1-4 for low temperature bending test,
– for the type of insulating material, Clause 7 of IEC 61138,
– for the resistance to mechanical shock:
  - for EPR, Clause 9 of IEC 60811-2-1,
  - for PVC, 9.2 of IEC 60811-3-1,
  - for PVC ST11, 9.2 of IEC 60811-3-1 and Table 7 of IEC 61138,
  - for SiR, Clause 9 of IEC 60811-2-1 and Table 8 of IEC 61138,
– for clashing, if required, 5.4 and Annex A of IEC 61138.

5.3.2.2 Alternative test for conformity assessment during production phase

The physical integrity of the cover shall be checked according 5.1.3 of IEC 61138.

5.4 Fatigue and humidity penetration tests on cable with end fittings

5.4.1 Fatigue test

Each type of cable with its end fittings shall be subjected to a combined bending and twisting test on three test pieces.

The test arrangement is shown in Figure 4. The metal bar or screw which forces the rotation shall be made either of steel, brass or aluminium alloy. The shape of the screw shall be made with care in order to obtain a uniform movement.

A test piece consists of a cable and end fittings. The free length of the cable shall be 1 000 mm ± 100 mm. The end fitting of the upper end of the cable shall be mounted vertically in a test apparatus so that it can be oscillated around a horizontal axis, at 60° in both directions from the vertical. The interface between the cable and the end fitting shall be 100 mm ± 10 mm from the axis (see Figure 4).

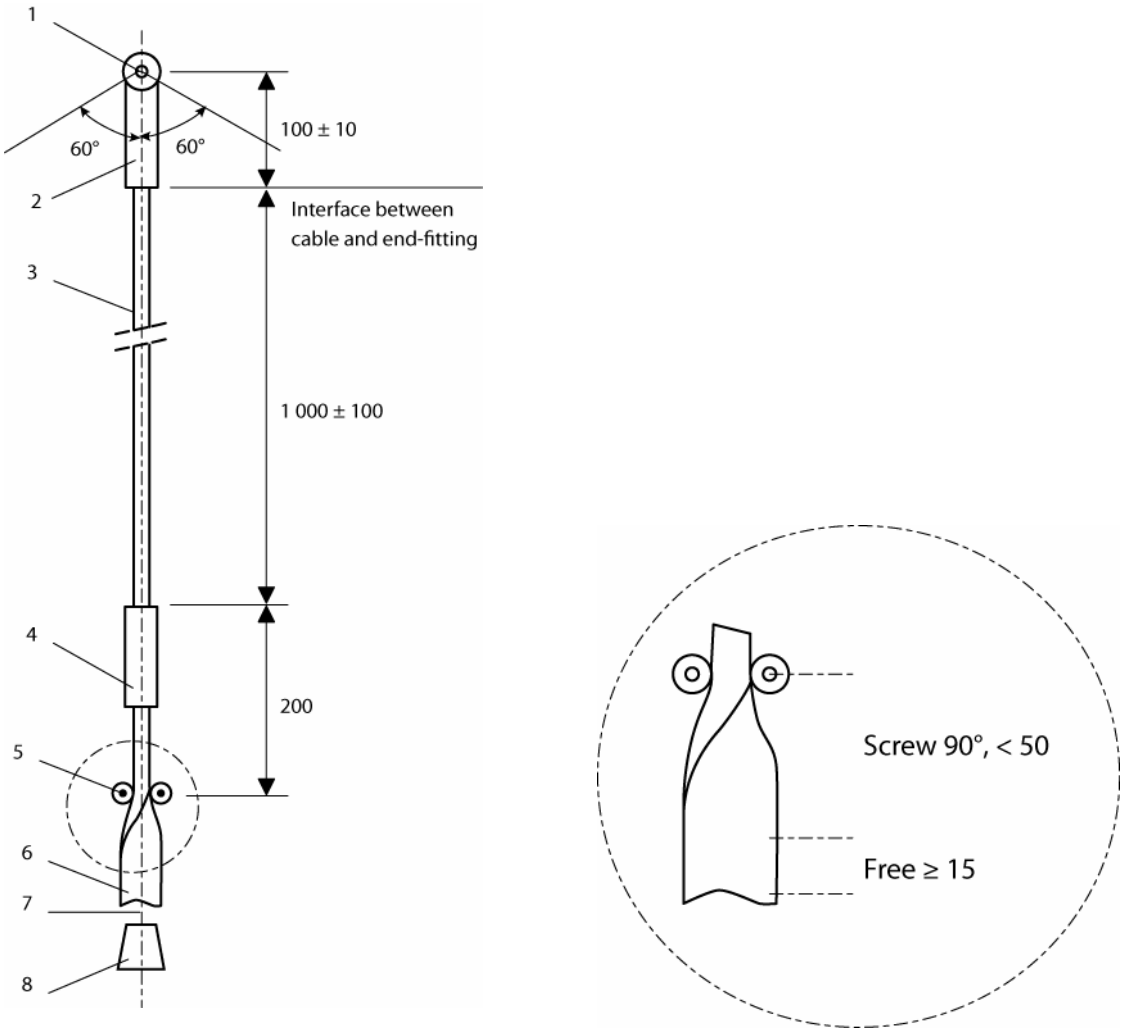
The lower end of the cable shall be attached to a vertical, guided screw and loaded with an appropriate mass in order to obtain a resulting force greater than or equal to 0,5 N per mm^2 of copper cable conductor cross section and 0,15 N per mm^2 of aluminium cable conductor cross section.

During one half-cycle of the test, the cable shall be twisted 90° in its unwinding direction, and back again. The duration of one cycle shall be at least 5 s. The test shall be terminated after 1 000 cycles. The starting position shall be vertical.

The humidity penetration test shall then be performed according to 5.4.2.

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

Dimensions in millimetres



Key

1	Axis of oscillation
2	End-fitting
3	Cable
4	End-fitting or tight connection between cable and item 6
5	Guide rolls, free distance 6 mm ± 1 mm
6	Metal bar, 40 mm × 5 mm
7	Wire
8	Weight to obtain a resulting force = 0,5 N per mm^2 of copper cable conductor cross section or 0,15 N per mm^2 of aluminium cable conductor cross section

Figure 4 – Apparatus for fatigue testing with bending and twisting

The sanction of the fatigue test shall be made after the humidity penetration test.

For verification of the conductor after test, the cable insulation of the upper end shall be removed and the conductor unwound into single strands, since damage to the conductor may start in the inner parts.

The fatigue test shall be considered as passed if:

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

– no cracks or wrinkles are observed on the cable insulation;

– no more than 1 % of the conductor strands are broken.

5.4.2 Humidity penetration test

The test shall be carried out after the fatigue test specified in 5.4.1 and using the same test pieces.

5.4.2.1 Test procedure

The test piece shall be completely immersed in a solution, which is specified in 5.4.2.2 for copper cables and in 5.4.2.3 for aluminium cables.

For copper cables the test piece shall be completely immersed for at least 45 min and be maintained for at least 15 min in each of three different positions similar to the two extreme positions and the middle position of the fatigue test.

For aluminium cables the test piece shall be completely immersed for at least 240 min and be maintained for at least 80 min in each three different positions similar to the two extreme positions and the middle position of the fatigue test.

At the end of the humidity penetration test, the cable insulation of the upper end shall be removed for inspection.

The humidity penetration test shall be considered as passed if the copper conductor has not turned black or if the aluminium conductor has not turned brown.

5.4.2.2 Sodium sulphide solution for copper cable

The humidity penetration test for copper cables shall be carried out with a sodium sulphide solution, prepared as follows:

600 g of sodium sulphide ($Na\ S \cdot 9\ H_2O$) shall be dissolved in 3 l of water and stirred together with an excess quantity (at least 750 g) of flowers of sulphur for at least 6 h at a liquid temperature of 40 °C. Allow the un-dissolved sulphur to settle for at least a further 6 h and filter the solution. Adjust the density to 1,142 g/cm³ by adding distilled water or saturated sodium.

Before use, the quality of the sodium sulphide solution shall be verified. A piece of bare copper wire shall turn black in 5 s or less, when immersed in the solution.

5.4.2.3 Permanganate potassium solution for aluminium cable

The humidity penetration test for aluminium cables shall be carried out with a permanganate solution, prepared as follows:

3 g of permanganate shall be dissolved in 3 l of water and stirred together.

Before use, the quality of the permanganate solution shall be verified. A piece of bare aluminium shall turn brown in 4 h or less, when immersed in the solution.

5.5 Tension test on cable with end fittings

Each combination of cable to end fittings shall be tested using three test pieces.

Each test piece, with a free length of cable of 50 cm ± 5 cm and with its end fittings shall be subjected to a tension force increasing linearly during at least 10 s up to the corresponding value given in Table 3 (for example with a copper cable of 75 mm^2 rated conductor cross-

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

section, the tension force N is: 80 × 75 = 6 000 N). The specified tension force shall be held for 30 s and then removed. The tension shall be applied along the cable axis.

The test shall be considered as passed if no connection has loosened.

Table 3 – Tension test force on cable with end fittings

Cross-section area of conductor A[a] mm²	Tension force Copper N	Tension force Aluminium N
≤ 50	100 × A	60 × A
> 50	80 × A	50 × A
[a] "A" = the rated cross-section area of the conductor		

5.6 Test on clamps, permanent connection points and connections

Clamps shall be tested by connecting them to fixed connection points or to conductors with dimensions, shapes and surfaces for which they are designed, using the connecting method recommended by the manufacturer.

The testing of clamps designed for a range of conductor sizes or for connection points shall consist of two tests with the largest and two tests with the smallest conductor or connection point.

5.6.1 Tests for tightening types

A torque shall be applied to the screw of the clamp progressively, up to a value of 1,25 times the rated tightening force T_r given by the manufacturer and then maintained at this value for a period not less than 1 min.

NOTE The rated value should be defined taking into account the most severe application.

The test shall be considered as passed if no damage such as cracks or deformation is seen on the clamp during visual verification after test.

5.6.2 Tests for non-tightening types

For non-tightening type of clamps, there is no test required. There is no way to overstress the clamp during installation.

5.7 Short-circuit current test

5.7.1 General

The electromagnetic forces on the device during a short-circuit depend on the configuration of the installation, the location of connecting points and, for cable devices, the cable length in relation to the distance between the connecting points. The short-circuit current test shall simulate the worst stresses that a device may be exposed to in practice.

The short-circuiting part of single phase or multi-phase earthing and short-circuiting devices shall be tested on test set-ups simulating phase to phase or phase to earth.

For devices used on non-solidly earthed (neutral) systems, the value of short-circuit current, corresponding to the earth fault, shall be applied to the earthing cable accordingly.

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

NOTE If required by the customer, the test may be made on a three-phase set-up corresponding to the installation to be earthed or in the real configuration of the installation. Three-phase sources may be used after agreement between manufacturer and customer with the frequency corresponding to the installation.

In case of equipment, the insulating component(s) that are detachable are not submitted to test while non-detachable insulating component(s) shall be submitted to test.

Depending on the design of the clamps, tests shall be performed in different ways:

a) When the device is designed for only one size of conductor or only one shape and dimension of connection point, the test shall be performed three times for this conductor or for this connection point, each time with a different test piece.

b) When the device is designed for a range of conductor sizes that a clamp may be attached to, four tests shall be performed each time with a different test piece. Two tests shall be performed with the maximum conductor size at the rated current of the device. Two tests shall be performed with the minimum conductor size at the rated current of the conductor of minimum size.

c) When the device is designed to be used for different shapes of connection points, the test shall be performed twice for each shape for which the clamp is designed, each time with a different test piece.

d) In case of clamps accommodating different shapes and different sizes of connection points, each shape and each size shall be tested twice on the maximum current and twice on the minimum current, each time with a different test piece. Examples of combinations are given in Figure 5.

All tests in standard test set-ups shall be performed with a.c. single-phase or single path current at a frequency selected between 45 Hz and 65 Hz for network and installation application.

NOTE A.C. short-circuit application is more severe than d.c. short-circuit. Consequently, a device or equipment tested in a.c. could be used in d.c. with the same value of rated current. After agreement between customer and manufacturer, the customer could require a d.c. test made according to his own specification.

All varieties of current paths between connecting points that may be exposed to short-circuit current shall be subjected to test at least twice. The total number of tests depends on the type of devices as explained above. Devices which are specified for use in solidly earthed systems shall thus be tested line to earth as well as line to line.

For multi-phase devices using cables connected in parallel, when a separate clamp is used for each cable, tests shall be performed with the clamps connected as close together as possible.

For separate components, they shall be assembled in a device test piece and submitted to short-circuit current test. The manufacturer shall provide documentation on the test set-ups used to qualify the separate components.

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

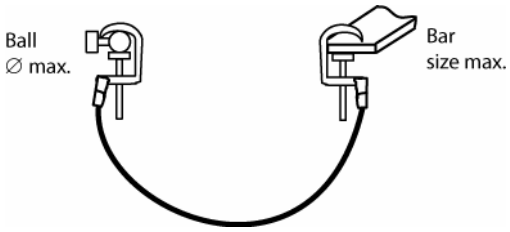


Figure 5a – Combination of ball and bar of maximum size

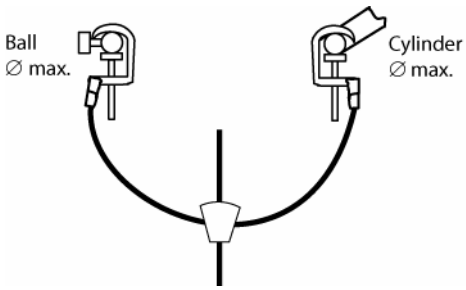


Figure 5b – Combination of ball and cylinder of maximum size

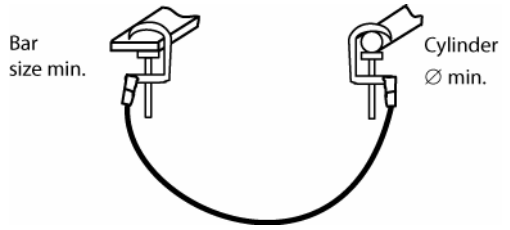


Figure 5c – Combination of bar and cylinder of minimum size

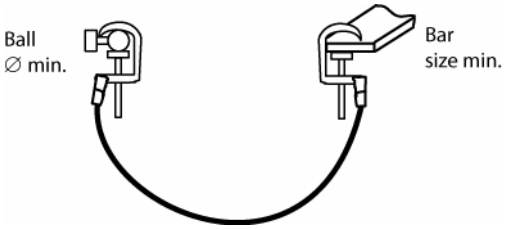


Figure 5d – Combination of ball and bar of minimum size

NOTE In Figures 5a, 5c and 5d, cables may be short-circuiting cables or earthing cables.

Figure 5 – Examples of multiple combinations of clamps accommodating different shapes and sizes of connection points

5.7.2 Preparation of test pieces

If the branches of multi-phase devices are not identical, the test shall be carried out with those having the greatest number of contacts in the current path, clamp to clamp. Other branches affecting the test, for instance using the same earth fixed connection point, shall also be included. A new test piece or a different test piece shall be used for each test. For example for three tests we need three test pieces.

5.7.2.1 Dimensions

Dimensions of test pieces are specified in Figures 6, 7 and 8. Dimensions could be according to Table 1 for specific use. Lengths of interconnecting cables and conductive extension, if any, exclude clamps and connecting clusters, unless specifically indicated. These lengths are considered as minimum.

5.7.2.2 Blind ends

Branches of the device carrying no current during the test shall be included in the test piece in the shape of blind ends of 300 mm long. If the length of the branch is less than 300 mm, for example for low voltage installations, the length of the blind end shall be the length given by the manufacturer. In all cases the length of the blind end is left free during the short circuit test but shall be insulated in order to prevent unintentional short-circuit.

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

5.7.2.3 Preconditioning of clamps and associated nuts and bolts

Clamps and associated nuts and bolts shall be preconditioned before the test. During the preconditioning, internal contacts of nuts and bolts shall be protected, for example with an assembly (cable end-fitting and clamps) similar to the final mounting.

Pre-conditioning shall be done by cleaning the contact surfaces with isopropanol (CH_3-$CH(OH)$-CH_3) and then drying them in air for 15 min. The clamp shall be then pre-conditioned for ageing purposes in a climatic chamber for 48 h in accordance with IEC 60068-2-11. The test pieces shall be positioned in the same position of the corresponding short-circuit current test.

NOTE It is the duty of an employer to ensure that the relevant legislation and safety requirements for the use of this chemical are complied with in their entirety.

After pre-conditioning, the test pieces shall be washed in running tap water for no more than 5 min, then shaken by hand or subjected to air blast to remove droplets of water. The parts of the clamp that will be in contact with parts of the test set-up (conductors and fixed connection points) shall be cleaned with a dry cloth in order to remove the remaining salt deposit.

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

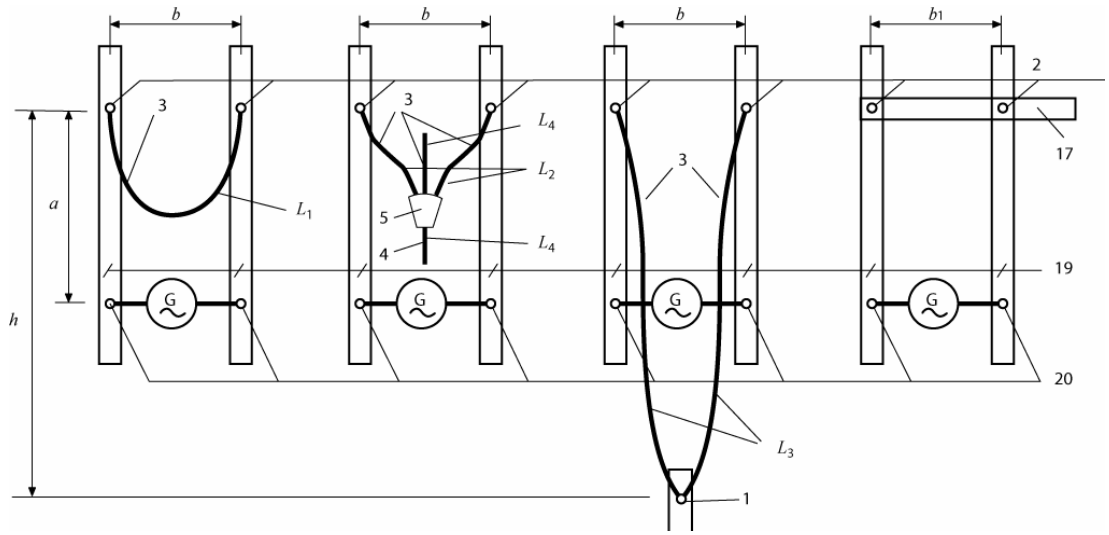


Figure 6a – For testing short-circuiting devices with cables according to Figures 2b and 2e

Figure 6b – For testing short-circuiting devices with cables according to Figure 2a

Figure 6c – For testing short-circuiting devices with cables according to Figures 2c and 2d

Figure 6d – For testing short-circuiting devices with bars according to Figure 3

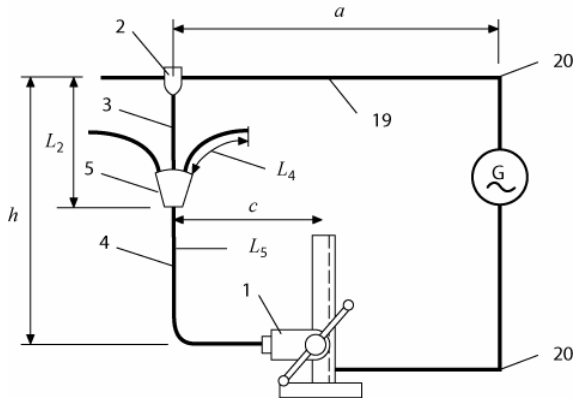


Figure 6e – For testing earthing cables according to Figure 2a

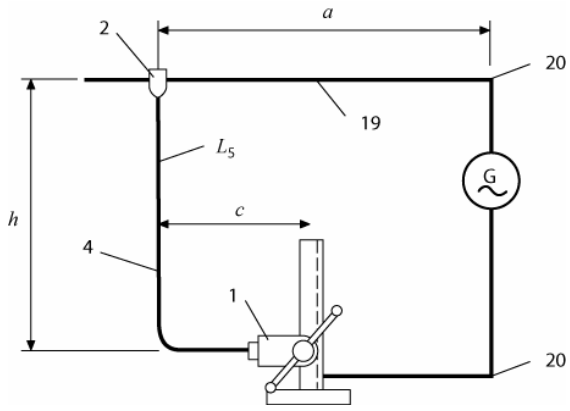


Figure 6f – For testing earthing cables according to Figure 3

Key

1	Earth clamp (electrically isolated in the test set-up)	*b*	Distance between line clamps, 500 mm (*)
2	Line clamp	b_1	Distance decided from case to case
3	Short-circuiting cable(s)	*c*	Horizontal distance between vertical cable(s) and earth clamp connection point, 1 000 mm (*)
4	Earthing cable(s)	*h*	Vertical distance between line and earth clamp connection points, 2 000 mm(*)
5	Connecting cluster	L_1	Cable length between clamps, 1 000 mm (*)
17	Short-circuiting bar	L_2	Cable length between line clamp and connecting cluster, 750 mm (*)
19	Test set-up rigid conductor of the type(s) for which the clamp to be tested is designed	L_3	Cable length between line clamp and earth clamp, 2 500 mm (*)
20	Test current feed-in point	L_4	Length of blind ends, 300 mm (*)
a	Distance between current feed-in point and line clamp or between current feed-in point and earthing cable(s) connection, minimum 2 000 mm (*)	L_5	Cable length between connecting cluster and earth clamp, 2 500 mm (*)
		(*)	Given lengths are standards lengths, the required length should be modified according to the real work site dimensions

Figure 6 – Test set-ups for testing multi-phase devices connected between rigid conductors for substations

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

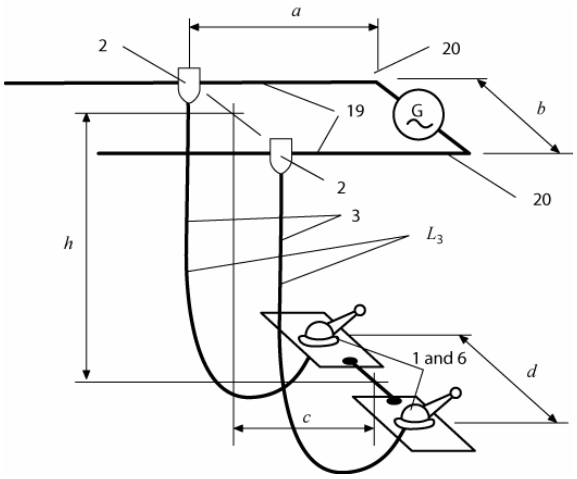


Figure 7a – For testing devices according to Figures 2c and 2d

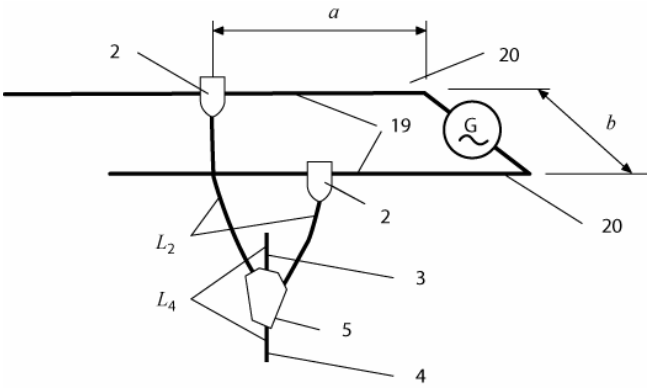


Figure 7b – For testing devices according to Figure 2a

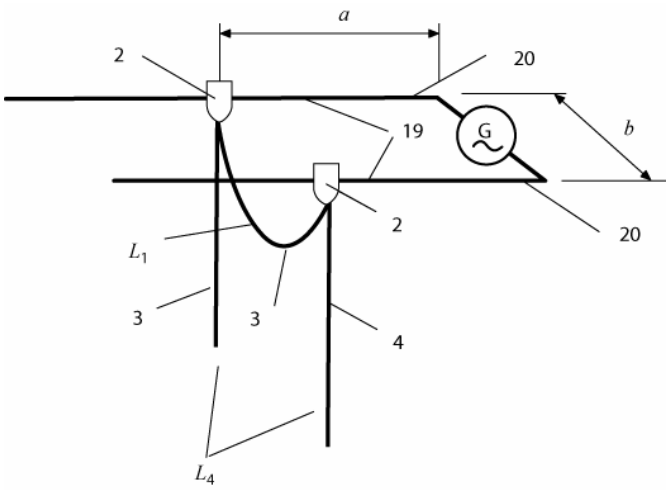


Figure 7c – For testing devices according to Figures 2b and 2e

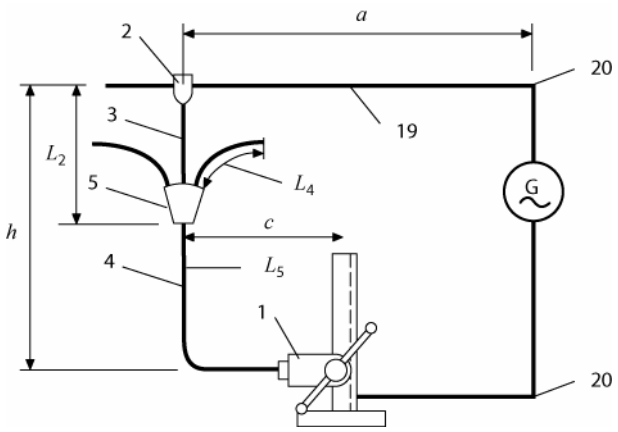


Figure 7d – For testing earthing cable according to Figure 2a

Key

1 Earth clamp (electrically isolated in the test set-up)
2 Line clamp
3 Short-circuiting cable(s)
4 Earthing cable(s)
5 Connecting cluster
6 Earth fixed connection point (electrically isolated in the test set-up)
19 Test set-up conductor of the type(s) for which the clamp to be tested is designed
20 Test current feed-in point
a Distance between current feed-in point and line clamp, minimum 2 000 mm (*) or less for LV installation
b Horizontal distance between test set-up conductors 1 000 mm (*)
c Horizontal distance between vertical cable(s) and earth clamp connection point, 1 000 mm (*)
d Minimum distance specified in the manufacturer's instruction. If no value is given, the test shall be performed with d = 0
h Vertical distance between line and earth connecting point, 4 000 mm (*)
L_1 Cable length between clamps, 2 000 mm (*)
L_2 Cable length between line clamp and connecting cluster, 1 500 mm (*)
L_3 Cable length between line clamp and earth clamp, 5 000 mm (*)
L_4 Length of blind ends, 300 mm (*)
L_5 Cable length between connecting cluster and earth clamp, 3 500 mm (*)
(*) Given length are standards lengths, the required length should be modified according to the real work site dimensions

Figure 7 – Test set-ups for testing multi-phase short-circuiting devices for overhead lines

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

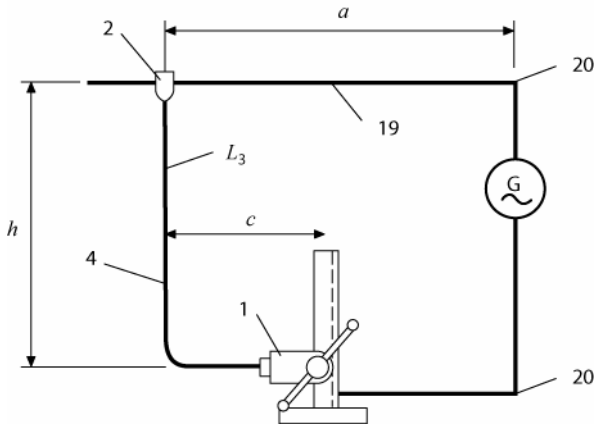


Figure 8a – For testing single-phase devices for overhead lines and for open air substations according to Figure 2f

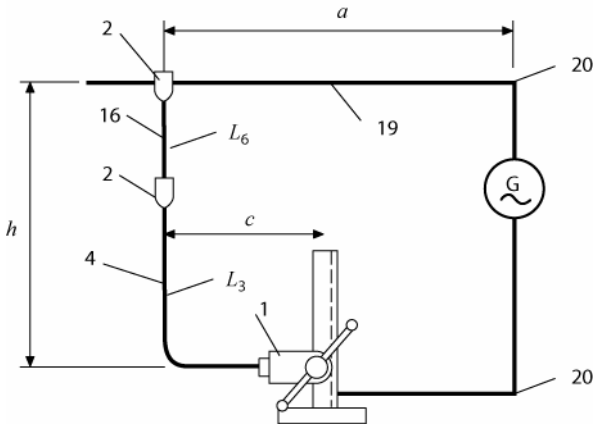


Figure 8b – For testing single-phase devices with conductive extension for overhead lines and for open air substations according to Figure 2g

Key

1	Earth clamp (electrically isolated in the test set-up)
2	Line clamp
3	Short-circuiting cable(s)
4	Earthing cable(s)
5	Connecting cluster
16	Conductive extension
19	Test set-up conductor rigid or not of the type(s) for which the clamp to be tested is designed
20	Test current feed-in point
a	Distance between current feed-in point and line clamp, minimum 2 000 mm
c	Horizontal distance between vertical cable(s) and earth clamp connection point, 1 000 mm
h	Vertical distance between line conductor and earth connection point, 4 000 mm or 8 000 mm
L_3	Cable length between line clamp and earth clamp, 5 000 mm
L_6	Length of conductive extension, 5 000 mm
(*)	Given lengths are standards lengths, the required length should be modified according to the real work site dimensions

Figure 8 – Test set-ups for testing single-phase devices for overhead lines and for open air substations

5.7.3 Test set-ups and test arrangements

A number of test set-ups are specified in Figures 6, 7 and 8. They shall be provided with suitable connection points or conductors with dimensions, shapes and surfaces for which the clamps of the device to be tested are designed.

Devices which do not fit into the standardized test set-up shall be tested in a special test set-up, built according to the principles of the standardized test set-ups or corresponding as closely as possible to the conditions of the installations for which they are designed.

Test set-ups for testing multi-phase earthing and short-circuiting devices for connection between rigid conductors and for substation applications are specified in Figure 6. A vertical arrangement with feed-in at the bottom is always used as representative of the worst conditions, as described in Figures 6, 7 and 8.

NOTE Three-phase test set-ups are not specified in this standard and are left open to an agreement between customer and manufacturer.

The test set-ups for testing multi-phase earthing and short-circuiting devices for overhead line application are specified in Figure 7.

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

Test set-ups for testing single-phase earthing and short-circuiting devices for open air substation and overhead line applications are specified in Figure 8. These test set-ups shall be used for testing earthing cables of multi-phase devices.

The tests shall be representative of the conditions under which the device is normally used. When line clamps are connected directly to the line conductor, aged conductor material shall be used. New copper, aluminium or aluminium-alloy conductors shall be aged artificially for ten days in accordance with IEC 60068-2-42.

Rubbing and polishing of the conductor or the connecting points is not permitted but cleaning the dust or salt deposit is necessary before test.

All clamp-to-clamp branches shall be tested and connected to the appropriate test set-up with arrangements according to Figures 6, 7, and 8.

For the test, clamps shall be tightened or positioned according to the manufacturer's or final assembler's instructions.

5.7.4 Test current, Joule integral and duration

5.7.4.1 A.C. component of the test current I_t

The a.c. component of the test current I_t shall be equal to 1,15 times the rated current I_r ($I_t = 1{,}15 \times I_r$).

5.7.4.2 Test first loop peak current $\hat{\imath}_{tm}$

The test first loop peak current $\hat{\imath}_{tm}$ shall be not less than the a.c. component of the test current multiplied by the peak current factor n ($\hat{\imath}_{tm} \geq n \times I_t$).

For high voltage installations (> 1 000 V a.c.) a peak current factor of 2,5 shall be used for 50 Hz equipment and a peak current factor of 2,6 shall be used for 60 Hz equipment. For low voltage installations (≤ 1 000 V a.c.), a peak factor of 2 shall be used.

NOTE The peak current factor value of 2,5 for 50 Hz or 2,6 for 60 Hz was chosen as a common value for high voltage installations but could be higher according the characteristics of the installation (see C.5).

5.7.4.3 Test time t_t

The a.c. test current I_t shall be applied for a time t_t equal to or less then 1,15 times the rated time t_r.

5.7.4.4 Joule integral

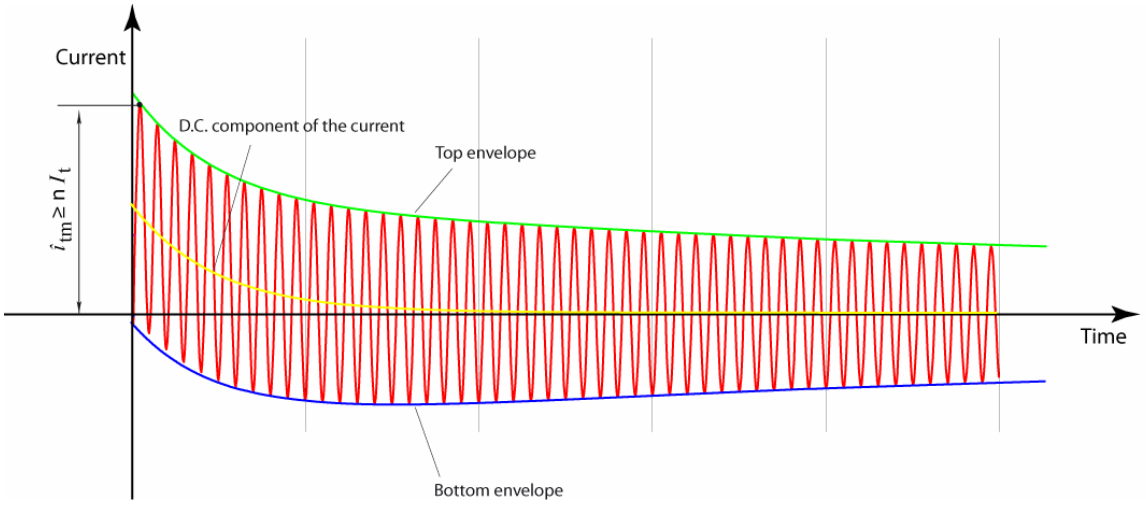
If the peak factor cannot be met with the available test installations, it is permitted to increase the a.c. component of the test current to a value I_t' in order to reach the first loop peak current specified in 5.7.4.2 ($\hat{\imath}_{tm} \geq n \times I_t$). In this case, the test duration t_t may be reduced in order to fulfill the Joule integral requirement defined hereafter.

The Joule integral $I_t'^2 \times t_t$ shall be equal to or higher than $I_t^{\,2} \times t_r$.

The shape of the short-circuit current is illustrated in Figure 9.

If no other method to determine the value $I_t^2 \times t_t$ is available, then it shall be determined from the oscillogram using the method of evaluating I_t given in Annex D.

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



Key

$\hat{\imath}_{tm}$ Test first loop peak current

I_t A.C. component of the test current

Figure 9 – Shape of the short-circuit current during test

5.7.4.5 Tolerances

During the test, the applicable tolerances shall not exceed the following values without the consent of the manufacturer:

– + 5 % for the peak current;
– + 10 % for the Joule integral.

5.7.5 Documentation and evaluation of the test

During short-circuit current test, the voltage and the current curves shall be recorded. The recording shall be used to determine the peak current, Joule integral, test time and current at the end of the test time.

Moving, sliding or pivoting of the clamps on the connection points is allowed as long as the test current is not interrupted. Sparking is allowed as long as it is possible to remove the clamp after the test only with the aid of the dedicated insulating component (earthing stick or other) or the required insulating means.

A test report shall be drawn up which, beside the test results, shall give at least:

– a clear designation of the device or component tested;
– a description of the test arrangement, if necessary accompanied by photographs and/or drawings;
– a recording with time trace and scales for test voltage and test current.

The test shall be considered as passed if the recording indicates that:

– there is no current interruption during the test time;
– the values of peak current, Joule integral, test time and rms current measured are all in accordance with those prescribed in 5.7.4.

NOTE The test result is considered valid for cable lengths up to twice those of the tested device or for corresponding additional impedance between the connecting points of the short-circuiting device and the work location being protected. For the protection of the worker, if there is further additional impedance in the practical application, compliance with combination of IEC 60479-1 and IEC 61201, and need for additional tests should be evaluated by the customer.

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

5.7.6 Alternative means to short-circuit current test for conformity assessment during production phase

There is no real alternative test to the short-circuit test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless the manufacturer or end assembler shall prove that he has followed the same documented assembly procedure with identical components as per the type tested device (see Annex F).

5.8 Durability of marking

The durability of the marking shall be verified by thoroughly cleaning the marking for at least 1 min with a piece of lint-free cloth dampened with water and then rubbing it vigorously for a further minimum of 1 min with a piece of lint-free cloth dampened with isopropanol (CH_3-CH(OH)-CH_3).

The test shall be considered as passed if the marking remains legible and the letters do not smear.

The surface of the equipment or component may change. No signs of loosening shall be present for labels.

NOTE Marking made by moulding or engraving need not be subjected to this test.

6 Conformity assessment

For leading the conformity assessment during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with the present standard.

Annex F, issued from a risk analysis on the performance of the portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting, provides the classification of defects and identifies the associated tests applicable after completion of production phase.

7 Modifications

Any change of components design or material that effects performance of the portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting (or of any of its component) shall require the type tests to be repeated, in whole or in part, as well as a change in the reference literature.

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

Annex A
(informative)

Guidelines for portable equipment for earthing to be used on railway systems

A.1 General

This annex is given for guidance of application of the present standard on railway systems when the requirements of the customer are different from the standard requirements. The values required should be amended according to the site application. An agreement between customer and manufacturer should be made.

NOTE The references of clauses and subclauses between parenthesis are those of the body of this standard.

A.2 Definitions (3)

The terms and definitions of Clause 3 are applicable except for the following:

A.2.1 Earth clamp (3.6)

For railway systems, the earth clamp is replaced by the "rail clamp", the earthing conductor is the rail itself.

A.2.2 Line clamp (3.17)

For railway systems, the line clamp is replaced by "contact line clamp" and is connected to the contact line.

A.2.3 Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting (3.20)

For railway systems, the equipment is used for earthing only and is called “portable equipment for earthing.

A.3 Requirements (4)

A.3.1 Electrical rating (4.2)

For railway systems different data for rated time, rated current for short circuit and peak factor should be confirmed with the infrastructure manager, and special cycles for transit current (I_{tr}) in d.c. systems should be taken into account (see A.4.3 for corresponding test).

A.3.2 Cables for earthing (4.3)

Equipment for earthing of railways systems can be left installed or put along the track for later use during all the planned period. For this reason, cables with an adequate flexibility under cold conditions should be required.

A.3.3 Clamps (4.6)

Clamps should be submitted to transit current and short-circuit current. Clamps should be resistant to be used for a long period of time and adapted to the shape of rails and contact lines.

The contact line clamp should be of the tightening type or type sitting by gravity on the overhead contact line profile.

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

The rail clamp should be resistant to vibrations in case a train is on the adjacent track during the working period (see A.4.2 for corresponding test).

A.3.4 **Earthing device** (4.7)

For railway application, in addition, all conductors and connections of the device should resist to the d.c. transit current (see A.4.2 for corresponding test).

A.4 **Tests** (5)

NOTE The values given in the following subclauses are given as examples for guidance. They are not mandatory and should be adapted to the referred railways systems.

A.4.1 **Tests for the selection of cables** (5.3)

A.4.1.1 **Clashing test**

Railways equipment being under heavy operating conditions, the clashing test should be required (see IEC 61138).

A.4.1.2 **Test for flexibility under cold conditions**

If the flexibility of the cable under cold conditions according to IEC 61138 is not considered as sufficient, a new test defined by the customer should be submitted to the manufacturer.

A.4.2 **Test on clamps** (5.6)

For railway systems, the rail clamp should be tested in vibration because of the possibility of a running train on the adjacent track during working procedure.

A.4.3 **Short-circuit current test**

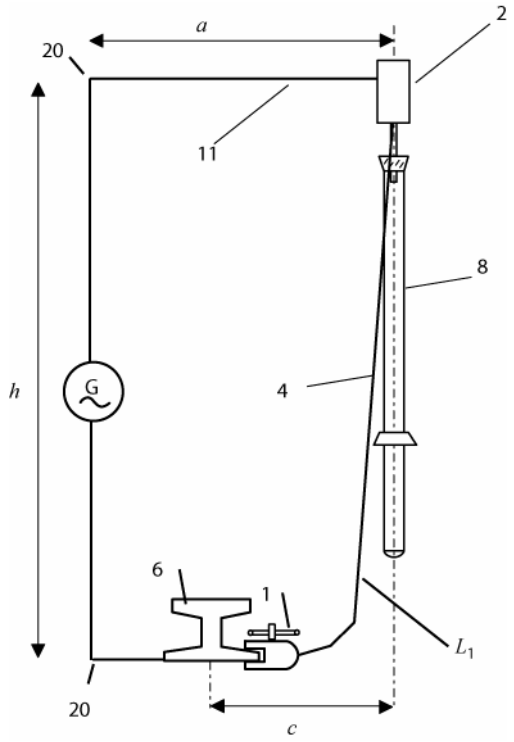
A.4.3.1 **General** (5.7.1)

A.C. and d.c tests should be performed with single-phase test set-ups as required by the customer. For d.c tests, the source should be defined with the help of laboratories or test centres or be the railway network itself. For a.c. tests, the frequency range should be 16 Hz to 60 Hz.

A.4.3.2 **Test set-up and arrangement** (5.7.3)

Single-phase devices for railway systems should be used (see Figure A.1). Rail and overhead contact line profiles should be aged ones or pre-conditioned according to this standard. If different cross-sections of overhead contact line profile are used, for the test the smaller one should be always chosen.

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



Key

1	Rail (earthing) clamp
2	Contact line clamp
4	Earthing cable(s)
6	Rail
8	Insulating element of the earthing stick
11	Overhead contact line profile
20	Test current feed-in point
a	Distance between contact line clamp and feed-in point, minimum 2 000 mm (*)
h	Vertical distance between overhead contact line profile and rail connecting point, minimum 5 000 mm (*)
c	Horizontal distance between contact line and rail connecting points, 1 000 mm (*)
L_1	Length of earthing cable between contact line and rail clamps, 10 000 mm (*)
(*)	Given length are standards lengths, the required length should be modified according to the real work site dimensions

Figure A.1 – Test set-up for testing single phase equipment for railway systems

A.4.3.3 **Test values** (5.7.4)

Different values from those of this standard of rated current and time and peak factor, if any, should be applied according to the site application for the short-circuit current and for the transit current.

A.5 **Earthing stick** (B.3 and B.4)

For application to railway systems, an alternative bending test on the earthing stick should be required to simulate a worker walking with the stick carried out on his shoulder.

This test should replace the bending test of B.3 and the torsion test of B.4.

A.6 **Selection** (C.2)

Specific procedures for performing the work using the equipment with long cables should be developed prior to use.

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

Specific values of current and Joule integral for railway systems should be defined in accordance with railway regulation.

A.7 Selection of cable cross-section (C.2.2.1)

A calculation of short-circuit current value is given as follows as an example.

With an initial temperature of 20 °C and a final temperature of 450 °C, the current density should be of 225 A/mm^2 for the short-circuiting cable.

NOTE Due to transit current, initial temperature should be higher than 20 °C.

The correction factor for short-circuit time equal to or less than 0,12 s is 2,9.

$$I = 225 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 2{,}9 = 22{,}8 \text{ kA}$$

Other values are given in Table A.1.

Table A.1 – Short circuit values for copper cable with a maximum temperature of 450 °C

Cross section mm^2	**Current for short-circuit time ≤ 0,12 s** kA
16	10,4
25	16,3
35	22,8
50	32,8
70	45,7
95	62

NOTE The table does not take into account the re-closing consequences which could increase the temperature of cables.

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

Annex B
(informative)

Guidelines for earthing sticks

B.1 Recommendations

These recommendations are applicable to detachable or non-detachable earthing sticks corresponding to the insulating component of complete equipment.

The earthing stick, whether supplied by the manufacturer of the earthing and short-circuiting device or by a separate manufacturer, should be designed in accordance with the manufacturer or customer specification depending upon the working method.

The earthing stick should provide safety with respect to insulating properties, air clearances, handling and component weights.

No cable should permanently follow along the insulating element of the earthing stick, either outside or inside, unless the resulting insulating level of the paralleled cable and stick meets the requirements of sufficient insulation according to the operating voltage of the installation.

B.1.1 Insulation considerations

Safe insulation for the worker is achieved by correct design and length of insulating elements according to the relevant standards (IEC, regional or national such as EN 50508) or according to national regulation.

The length of an earthing stick is not usually determined by the need for insulation but for keeping the operator sufficiently distanced from un-earthed parts of installations during the earthing and short-circuiting procedure and for reaching the connecting point.

The air clearances specified in IEC 60071-1, IEC 60071-2 or IEC 61936-1, or calculated according to IEC 61472 (for 72,5 kV and above), give a base for determining minimum lengths of earthing sticks in this respect. An adequate length of insulating element should be required for safety, depending upon the nominal voltage of the installation and according to the working procedure. It could also be selected on an adequate estimated value of residual voltage after the beginning of the dead procedure (disconnection).

B.1.2 Mechanical considerations

The earthing stick and its couplings should withstand the bending and torsion stresses produced by the load and the tightening forces. The deflection should be minimised to avoid uncontrolled movements.

Selection of insulating elements with respect to deflection, bending and torsion qualities should be done according to IEC 60855 or IEC 61235. For live working applications, the selection of proper lengths of hollow tubes could be made in addition to the insulating element to obtain the adequate length of the stick.

Different attachments from those specified in IEC 60832 can be used to allow multiple uses.

The allowed min/max length and the mechanical and electrical limits of the composition of the stick which could be made of several parts or sections should be indicated in the instructions for use.

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

Bending and torsion forces, in normal use, should not cause damage to the earthing sticks. Compliance should be checked by test according to B.3 and B.4.

In case of earthing sticks of devices using gravity clamps or spring clamps (for which a value of pull-push traction is only needed), detachable end fittings between the earthing stick and the line clamp or conductive extension component (see Figure 1, item 14) or short-circuiting bar should allow fitting and removal of the earthing stick without using pulling or pushing forces exceeding 100 N. Moreover, the release force should not be less than 50 N. Compliance to the requirements is checked by measurement of the pulling and pushing forces.

B.2 Marking

Each earthing stick should carry at least the following items of marking:

- manufacturer's name or trade mark;
- model or type reference;
- year of manufacture;

If the stick is made with different components, each component should carry specific marking.

The marking should not affect the performance of the stick. If a removable label is used, the performance should not be affected by its removal.

Compliance should be verified by visual verification according to 5.2 and by test according to 5.8.

B.3 Bending test

A test should be performed for sticks with a minimum total length of 2 m. The test should be performed for the longest combination of sections.

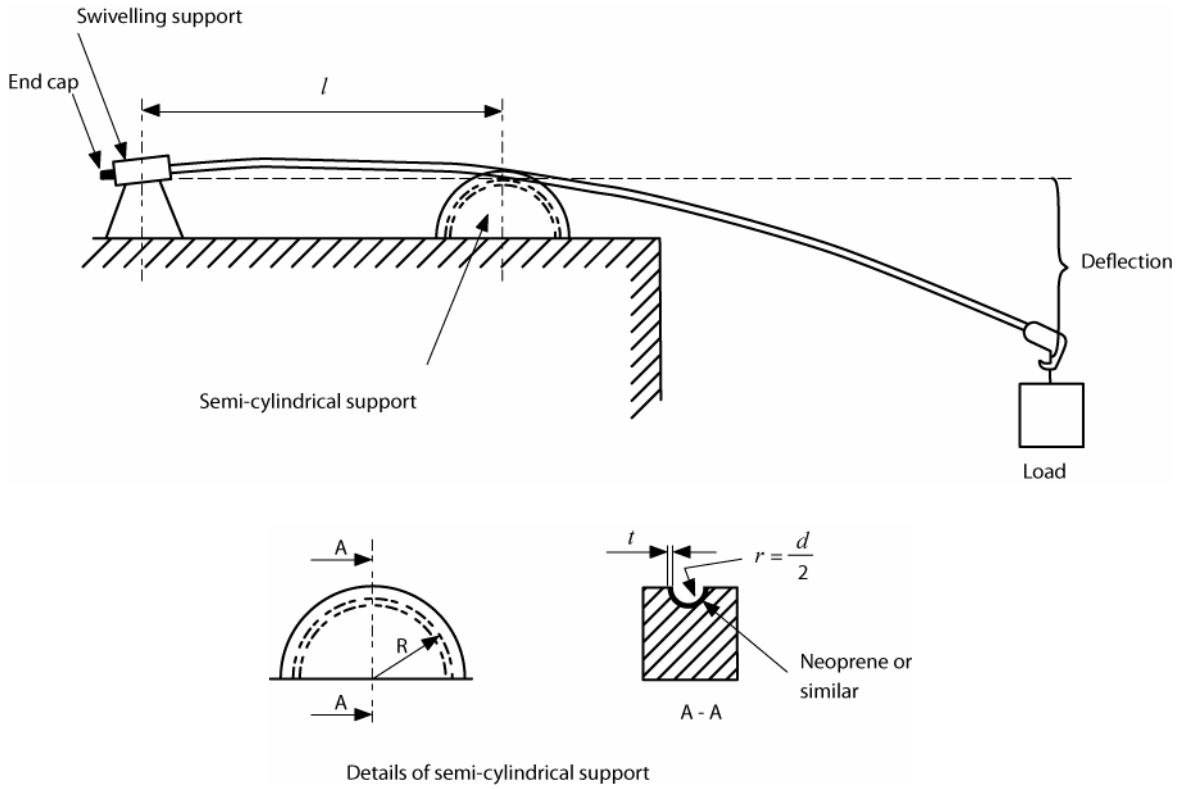
The following test is recommended for earthing sticks of circular cross-section.

The bending forces and maximum deflections are recommended for earthing sticks with a total length limited to 6 m and with a maximum of 3 joints or couplings. For longer sticks or more couplings, other bending forces and maximum deflections should be defined

The end of the stick at the handle section is fixed to a swivelling support. An intermediate part of the handle is supported freely by a semi-cylindrical horizontal surface. This semi-cylindrical surface should be provided with a groove, covered with neoprene or similar material with a degree of hardness of 40 IRHD to 50 IRHD (international rubber hardness degree) according to ISO 48 and a thickness of 6 mm.

The dimensions and general arrangement of the supports are given in Figure B.1. Since there are different possible designs of earthing sticks, the test set up should be such that it corresponds to the usual handling and load application of the stick under test. The swivelling support should be fixed as close as possible to the extremity of the stick and not over an end-cap, where available. If the hand guard interferes with the groove support it can be removed.

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



Key

l = 0,5 m for stick length ≤ 3 m

l = 1,0 m for stick length > 3 m

R = 100 mm

d diameter of the earthing stick in the support

t tolerance to permit an easy rotation

Figure B.1 – Arrangement for bending tests on earthing sticks of circular cross-section

The stick should be blocked in the swivelling support. Then a bending force of 5 daN, for sticks with a length up to 3 m, or 10 daN for sticks longer than 3 m, should be applied to the head of the earthing stick as close as possible to where the earthing and short-circuiting device is to be attached to this stick. The deflection is measured at the point of load application.

The test should be considered as passed if the deflection does not exceed the value of Table B.1.

Table B.1 – Maximum deflection

Total length of the stick (m)	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**
Deflection (mm)	90	200	240	420	700	1 080	1 600	2 250	3 070

Immediately the bending force is increased up to 150 % and is maintained constant during 30 s.

The test should be considered as passed if the stick shows no signs of breakdown or mechanical damage.

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

B.4 Torsion test

Three complete sticks with couplings are tested.

The stick should be rigidly held by the lower end of the handle. A torque of T N·m, should be applied around the axis of the stick with the help of a test tool (see Annex C) appropriate to the type of head, as specified in Figure B.2.

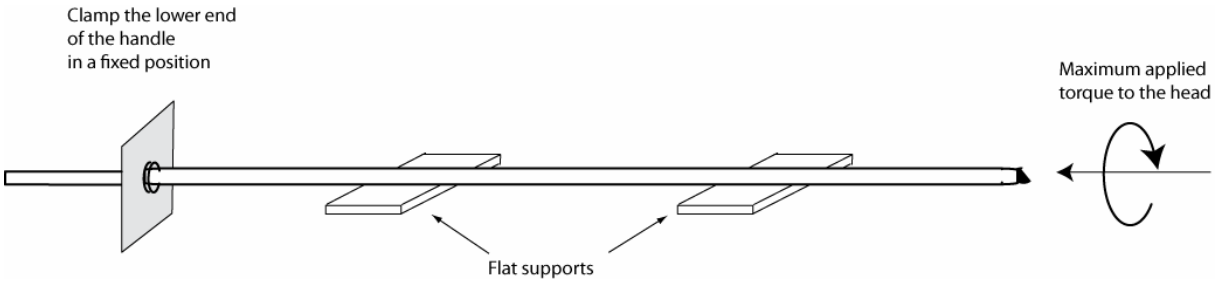


Figure B.2 – Arrangement for torsion tests on earthing sticks of circular cross-section

For a multiple section stick the test should be performed for the longest combination.

$$T \text{ (N·m)} = \text{tube } \varnothing \text{ (measured in mm)}$$

For tubes with a diameter larger than 39 mm, 40 N·m will be applied.

The stick should not be exposed to bending forces during the test.

The torque should be applied in one direction for 1 min and then in the inverse direction for 1 min. The torsion angle in each direction will be measured.

The test should be considered as passed if the sum of the absolute values of the angles measured in both directions does not exceed 25°/ m of the total length of the stick.

Then the torque should be increased up to 1,2 T (N·m) for both directions and maintained for 30 s.

The test should be considered as passed if the stick shows no signs of mechanical damage. In case of telescopic earthing stick, the lock assemblies should continue to operate as designed.

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

Annex C
(informative)

Guidelines for selection, use and maintenance of portable earthing or earthing and short-circuiting equipment

C.1 General

C.1.1 Basic principles

Earthing (grounding) and short-circuiting of isolated or de-energized parts of electrical installations is carried out in order to help minimize dangerous voltages and arcs in the event that the installation is accidentally switched on again or when an energy induced by energized adjacent installation is still present (see IEEE 516 and IEEE 1048). Equipotential conditions should be achieved if practicable to avoid injury in the event of re-energization.

Earthing and short-circuiting equipment may also be used to achieve equipotential conditions in order to protect the worker when there is a steady state transit current or induced current in the work site.

In order to avoid dangerous voltage and arcing it is recommended to use earthing and short-circuiting equipment in accordance with this standard, that are correctly sized, selected for the field of application, connected according to instructions for use and kept in good condition. When submitted to a short-circuit current, minor or partial destruction of the earthing and short-circuiting device may occur.

Experience shows that this equipment should be easy to use. Maximum possible temperatures of the current-carrying parts are therefore permitted in order to keep the weight of the devices small. Touching a device shortly after short-circuit can result in personal injury in the form of burns.

The weight of the components of the equipment should be taken into account to ensure that the effort required to apply them to conductors is within the capability of workers.

C.1.2 Items for consideration

The following items should be considered by the customer and the manufacturer for the design of the proper equipment made according to this standard.

– information on the installations on which the equipment or device will be used:
  - type of installation(s);
  - length of cables or distances between phase and earth;
  - type of neutral of the installation (solid or not);
  - type of clamps and definition of fixed connection point;
– evaluation or estimation of the poisonous effect when the insulating cover of cables is burnt during indoor use;
– restriction, if any, for evacuation of personnel and consequently nature of the insulating material and value of the cross-section of the cables;
– information of temperature range of use;
– specification of the equipment or device:
  - rated time;
  - rated current;
  - rated peak factor;

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

- transit current;
- limitation if any of the temperature of the cables during short-circuit;
- choice of cable according to IEC 61138 or others;
- nature of the conductive parts (copper, aluminium or aluminium alloy);
- insulation of the cluster, if any;
- type of equipment, complete or separate:
  - if separate, type of insulating means (for the compatibility of the couplings, if needed);
  - if complete:
    - working method (live or dead);
    - type of insulating component needed;
    - specification of earthing stick, if any;
    - additional insulating parts of the device;

– risk of clashing on metallic structures;

– additional tests.

C.2 Selection

Different characteristics of the equipment (weight of components, length of insulating element, design of clamps, etc.) should be taken into consideration to validate the adequacy of use.

The device should have adequate insulation to ensure that temporary contact between parts of the device, or between these parts and surrounding structures, does not cause arcing when in use.

NOTE 1 Depending on the information supplied by the customer (see C.1.2), clusters could be insulated or not. A non-insulated cluster should be mechanically restrained if there is a possibility of contact with conductive structure.

NOTE 2 Non-insulated conductive extensions could be used in spaces clear from conductive structures.

C.2.1 Selection of clamps

Clamps should be selected to permit easy connection to the connection points. The connection points should be selected to correspond to the rating of the equipment.

Clamps should be designed to avoid any accidental separation from the positioning devices or end fitting of the earthing stick during the installation and the removal, and while they remain positioned on the conductor in order to avoid accident to personnel. The connection between clamp and positioning device should be verified by manual check.

C.2.2 Selection of cables

Earthing and short-circuiting cables should be selected according to 4.3 and according to the heating curve shown here after. The cable conductors should have standard nominal cross-sectional area according to IEC 60228 or according to national or regional standards such as ASTM F855. Table C.1 compares different standard values of nominal cross-section. At the request of the customer, non-standard values of cross-section may be used.

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

Table C.1 – Comparison of different standard values of nominal cross-sections

Copper equivalent cross-section of short-circuiting cable and/or bar mm²	
IEC 60228	**ASTM F855**
35	(33,63 = #2 AWG)
50	(53,48 = 1/0 AWG)
70	(67,42 = 2/0 AWG)
85 [a]	(85,03 = 3/0 AWG)
95	(107,2 = 4/0 AWG)
185	(177,36 = 350 kcmil)
240	(253 = 500 kcmil) [a]
[a] non-standard cross-section	

For indoor use, temperature restrictions for the selected insulating material may call for special dimensioning.

Insulating materials that generate poisonous and/or corrosive by-products are acceptable for indoor use provided appropriate considerations are given to the following restrictions:

– evacuation of personnel is not impeded by poor visibility or by irritation of eyes or breathing;
– no serious poisoning occurs by short exposure;
– installations and buildings do not run the risk of permanent damage.

The user could either select a different insulating material for the covering of the cables or use a cable with a nominal cross-section larger than the one required for complying with the rated values for short-circuit, to reduce the temperature rise. For example: use of a cross-section of 50 mm^2 instead of 35 mm^2.

Earthing and short-circuiting cables should be of minimal weight in order to be easy to operate. The highest possible temperature rises of cables are therefore adopted to reduce weight.

The lengths of the earthing and short-circuiting cables should correspond to installation dimensions and distances between connection points.

Cable lengths less than 1,2 times the distance between the connection points may lead to more severe conditions than met during the tests specified in this standard and should be avoided. Too long cables (1,5 times) will entail unacceptable tension and movements. The cable may be anchored by reliable means, for example using insulating rope attached to a wood pole.

The selection of aluminium cable should be made carefully and include precautions for storage and inspection before use.

C.2.2.1 Selection of cable cross-section

Different methods may be used for selecting the cross-section of short-circuiting cables and earthing cables.

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

C.2.2.1.1 Example based on the application of IEC 60865-1

With an initial temperature of 20 °C and a final temperature of 300 °C, according to Figure 13 of IEC 60865-1, for a short-circuit time of 1 s, the current density for copper short-circuiting cable is 190 A/mm^2.

NOTE Figure 13 of IEC 60865-1 gives values that do not destroy the device; it involves only the adiabatic process.

The correction factor for short-circuit time less than 0,5 s is equal to 1,41.

The calculated value of the short-circuit current is:

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 1{,}41 = 9{,}4 \text{ kA}$$

The correction factor for short-circuit time of 2 s is equal to $\sqrt{}$ (1 s/ 2 s) = 0,71

The calculated value of the short-circuit current is:

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 0{,}71 = 4{,}7 \text{ kA}$$

For copper cables, the values of Table C.2, related to thermal effect, should be used for short-circuit sites close to the generator (see Clause 4 of IEC 60909-0).

Table C.2 – Short-circuit close to generator – Short-circuit current values in kA for copper cables with a maximum temperature of 300 °C

Cross section mm^2	Short-circuit time s				
	0,5 [a]	1	2	5	10
16	4,3	3,0	2,1	1,4	1,0
25	6,7	4,8	3,3	2,1	1,5
35	9,4	6,7	4,7	3,0	2,1
50	13,4	9,5	6,7	4,3	3,0
70	18,8	13,3	9,3	6,0	4,3
95	25,5	18,1	12,7	8,1	5,8
120	32,1	22,8	15,9	10,2	7,3
150	40,2	28,5	20,0	12,8	9,1
[a] Below 0,5 s, the calculation is not applicable					

For short-circuits far from the generator, the values of Table C.2 should be multiplied by the factor 1,19, rounded to 1,20 (see Figure 12a and Figure 12b of IEC 60865-1). For example, for a cable with a cross-section of 35 mm^2 and a short-circuit time of 0,5 s, the calculated value of the short-circuit current is

$$I = 9{,}4 \text{ kA} \times 1{,}2 = 11{,}3 \text{ kA}$$

For aluminium cable, the current density given for copper (190 A/mm^2) has to be replaced by 125 A/mm^2 for the calculation of the short-circuit current.

C.2.2.1.2 Example based on the use of temperature heating curves according to Figure C.1

The curves of Figure C.1 give the temperature increase of a material when a current is flowing through it for a short time. They are based on the physical law of the heating of materials.

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

They have to be completed by the following formula:

$$I = \sqrt{\frac{\left(J^2 t\right) \times A^2}{t}}$$

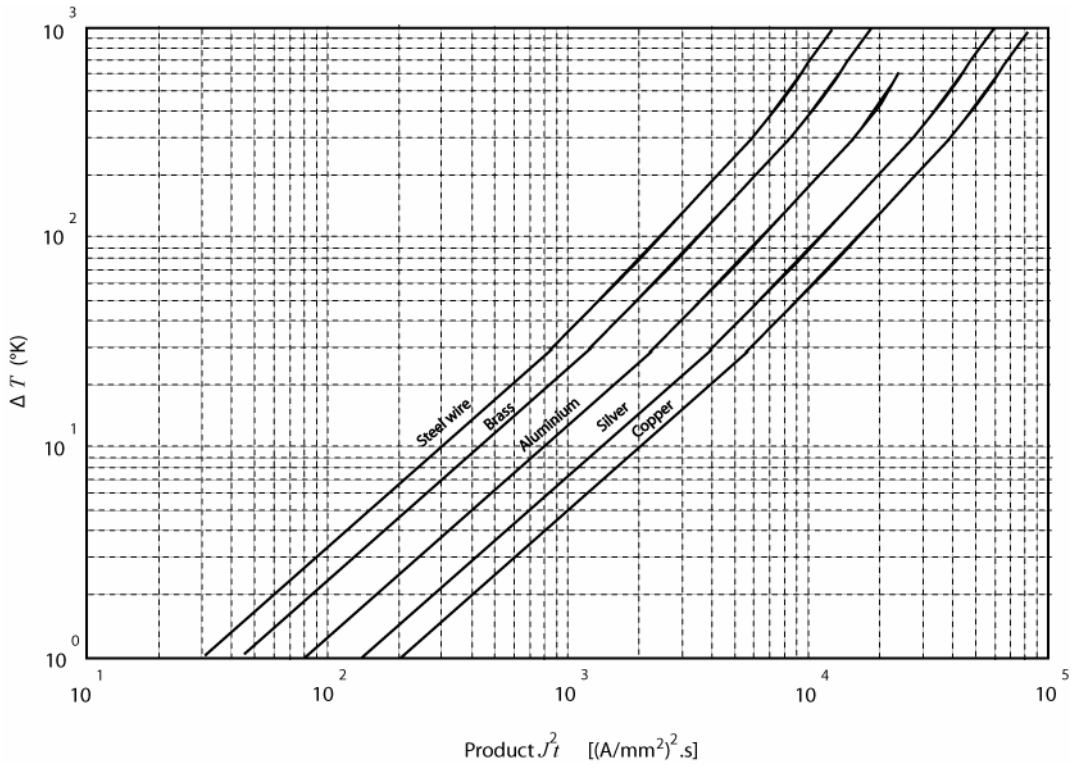


Figure C.1 – Curves representing the temperature heating of different nature of conductors related to the value of the Joule integral J^2t

Hypothesis:

- no thermal exchange with the outside,
- the value of the current is stable during the time it is running through the material,
- the initial temperature of the material is 20°C when the current appears.

Data:

I is the current running through the material (rms value) in A,

A is the cross-section of the material in mm^2,

J is the current density in A/mm^2 (J=I/A),

t is the time during which the current is running in s,

ΔT is the increase of temperature of the material (at the end of the time t) in °K.

Case of use 1:

What is the temperature reached by a known conductor having a cross-section A when a current I is running through it during a time t ?

The formula gives:

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

$$J^2t = \frac{I^2t}{A^2}$$

Then the curve corresponding to the conductor material gives ΔT from J^2t.

Example:

– copper cable with a cross-section A = 120 mm^2;
– short-circuit current I = 23 000 A;
– time t = 1 s

$$J^2t = \frac{I^2t}{A^2} = \frac{23\,000^2 \times 1}{120^2} = 36\,736 \text{ (A/mm}^2\text{)}^2\text{.s}$$

The corresponding curve of Figure C.2 gives an increase of temperature ΔT = 250 °K.

So this conductor will reach approximately (with ΔT = 250 °K) ΔT + 20 °C = 270 °C at the end of the time equal to 1 s.

NOTE 20 °C is the initial temperature when the short-circuit current appears.

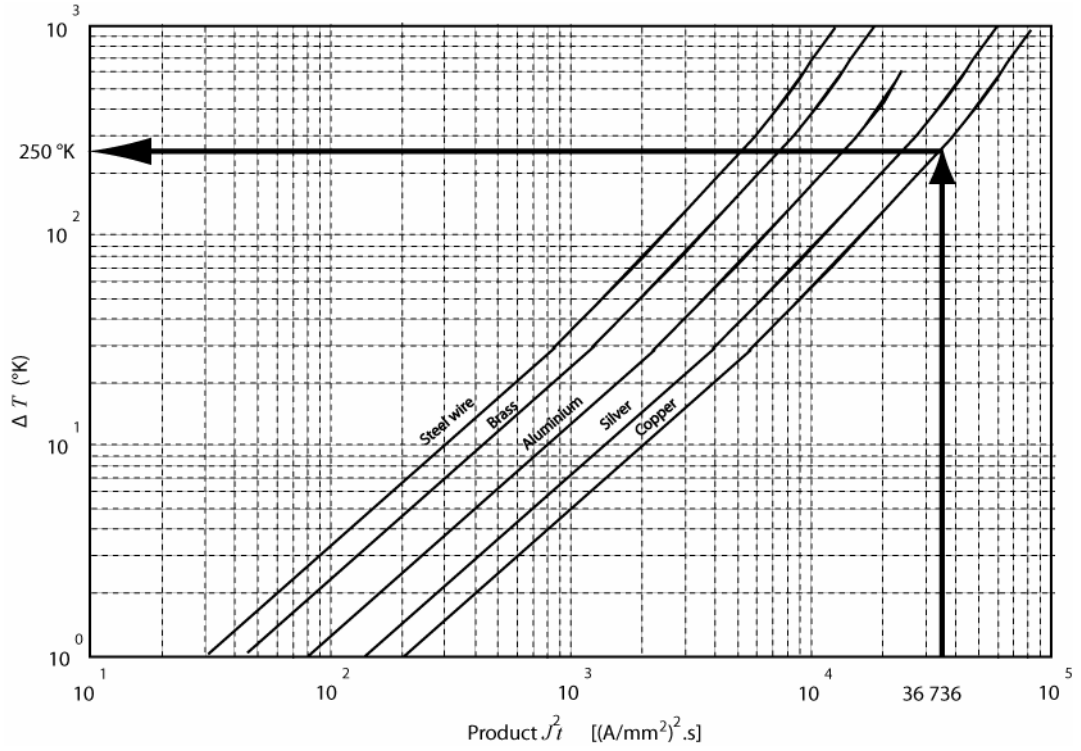


Figure C.2 – Determination of conductor temperature from heating

Case of use 2:

What cross-section of a known material cable should be used if a defined temperature should not be exceeded when a defined short-circuit current is flowing through it during a known time?

The curve corresponding to the conductor material gives J^2t from ΔT. Then, the formula gives:

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

$$A = \sqrt{\frac{I^2 t}{J^2 t}}$$

Example:

– aluminium cable
– short-circuit current I = 17 500 A
– time t = 2 s
– maximum reached temperature ΔT + 20 °C = 550 °C, so ΔT = 530 °K

The aluminium curve of Figure C.3 gives $J^2 t \approx$ 22 500 (A/mm^2)^2.s.

$$A = \sqrt{\frac{I^2 t}{J^2 t}} = \sqrt{\frac{17\,500^2 \times 2}{22\,500}} = 165 \text{ mm}^2$$

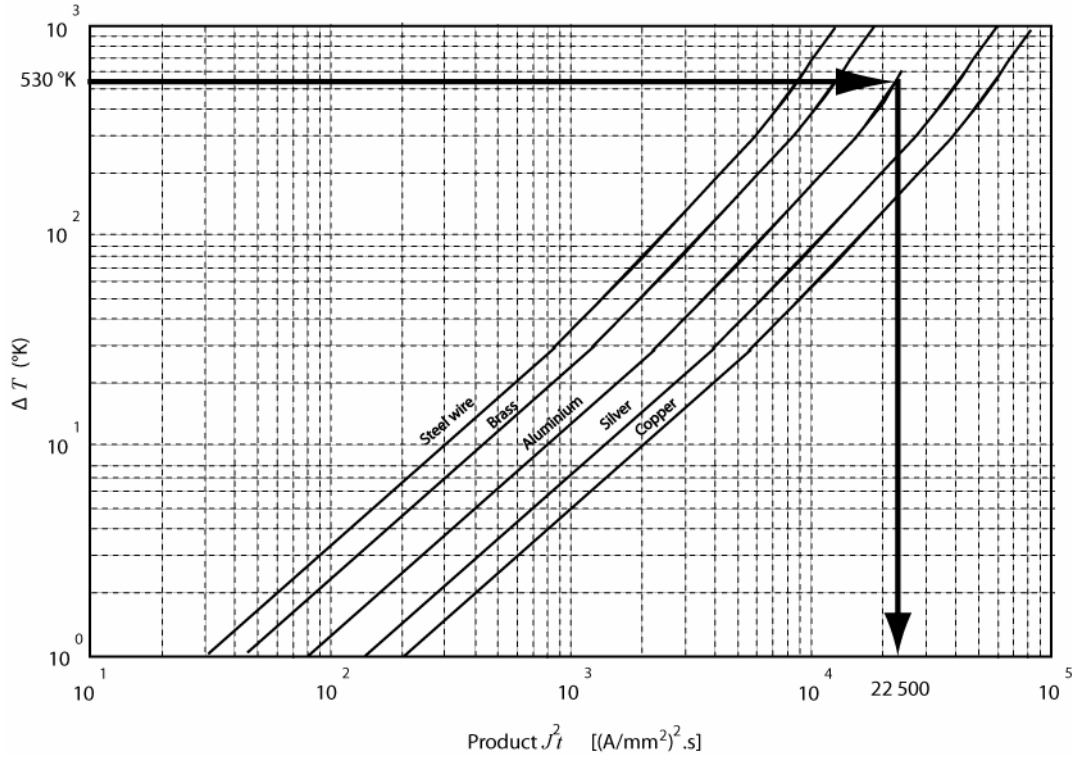


Figure C.3 – Determination of $J^2 t$

The method gives a minimal cross-section of 165 mm^2. The standardized cross-section immediately above should be used. In this case, there is none given by this standard but 185 mm^2 could be used .

C.2.2.1.3 Example based on North American practice

ASTM F855-04 provides guidance to users in selecting the cross section area of earthing and short-circuiting (grounding) copper cables, based on the required time and current. The cable selection is based on the fusing (melting) point of copper. The user should recognize that the ultimate capacity of cable is the calculated capacity of the cable at which melting or failure will occur. A suitable safety margin should be maintained in selecting the cable size.

The rationalization for detailing the earthing and short-circuiting (grounding) cable ratings in the manner in which it is presented is that it enables the user to choose which cable and which rating are required for the user's system and company's philosophy.

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

For further information and specific details refer to ASTM F855-04.

C.2.3 Selection of earthing stick

For guidance on the selection of earthing stick see Annex B.

C.2.4 Selection of the device

The customer should decide if the selection of rated time of the device is in accordance with the duration of the maximum short-circuit current which is linked to the tripping time of main or back-up protection. If automatic re-closing is not effectively prevented after re-closure against short-circuit, the consequences of a second short-circuit should be evaluated.

In order to select properly the device to be used in a defined installation, two criteria should be followed:

– electromagnetic forces should not exceed the forces for which the device is rated;

– Joule heating should not exceed the heating for which the device is rated.

The first criterion is satisfied when the product of the short-circuit rms a.c. current and the peak factor of the installation is not greater than the product of the rms a.c. rated current and the rated peak factor (n_{rated}) of the device. This criterion is related to the maximum dynamic stress. The device can be used in installations that produce a higher or lower short-circuit current than the rated short-circuit current of the device, provided that the peak factor of the installation is accordingly lower or higher:

$$I_{\text{short-circuit installation}} \times n_{\text{installation}} \leq I_{\text{rated}} \times n_{\text{rated}}$$

The second criterion is satisfied when the maximum thermal stress expressed by the Joule integral of the installation is not higher than the Joule integral of the device calculated from the rated values:

$$I^2_{\text{short-circuit installation}} \times t_{\text{installation}} \leq I^2_{\text{rated}} \times t_{\text{rated}}$$

As long as the equivalence in the Joule integral is kept, the short-circuit duration can be increased (up to 5 s) by reducing the current accordingly to get the same adiabatic condition. There is no additional need for the customer to specify the short-circuit duration.

For short-circuit duration less than the rated time, the first criterion should be used.

For a device with rated current and time of 1 000 A and 1 s and a constant peak factor, Figure C.4 illustrates the usable time and current region under the adiabatic boundary of the second criterion and the dynamic boundary of the first criterion.

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

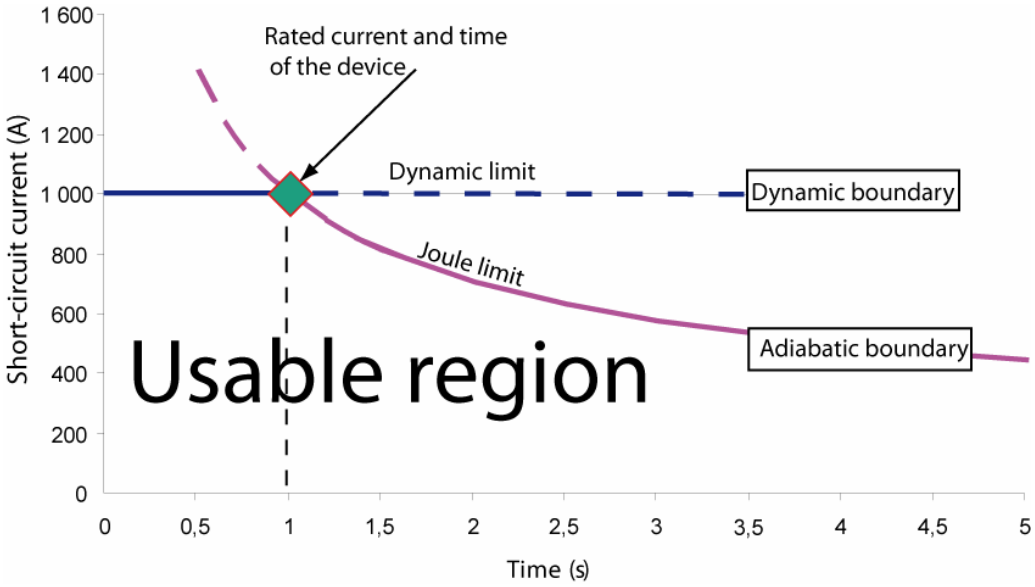


Figure C.4 – Example of the usable region for a device

C.3 Use of the equipment

C.3.1 General

To avoid danger from residual voltage while connecting the earthing and short-circuiting device, it has to be connected first to the earthing system. If the worker is not at the earth potential, he should use either an insulating component (earthing stick or other) or insulating means to connect the earth clamp first.

Further connections should be carried out by use of an insulating component (earthing stick or other) or insulating means until the connection of the device is completed.

To avoid danger from residual voltage while disconnecting the earthing and short-circuiting device, the line clamp(s) has (have) to be disconnected first by the use of insulating component (earthing stick or other) or insulating means until the disconnection of all line clamps is completed, then the earth clamp is removed.

If the worker is not at the earth potential, he should use either an insulating component (earthing stick or other) or insulating means to disconnect the earth clamp.

When connecting or disconnecting the line clamp(s), small sparks may occur and should be accepted.

When exposed to a short-circuit current, the device may produce violent movements. This may occur particularly when the cables are long. Since thermal utilisation of conductor material is high for weight optimisation, the device will reach a high temperature shortly after short-circuit.

C.3.2 Verification

C.3.2.1 Verification before use

For safety reasons, earthing and short-circuiting equipment should be handled with great care. It should be thoroughly inspected visually before each use.

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

Visible damage to clamps, connections, cable insulation or the exposure of bare conductor should be regarded as serious defects and the equipment should be removed from use.

Before use, inspection of the surface contact of the clamps should be done and the contact of the connection point should be cleaned by brushing all deposit remaining in order to obtain good electrical contact either for transit current or for short-circuit current.

C.3.2.2 Periodic inspection and in-service testing

The users should develop their own guidelines for proving the integrity of the device and define the according time interval for periodic inspection which may include the in-service testing of the equipment.

The following are examples of methods that may be used.

Example 1:

The pass/fail criterion for testing of portable earthing or earthing and short-circuiting equipment as it is used in ASTM F2249, is based on the resistance value of the earthing and short-circuiting device (cable, ferrules and clamps) which is higher than the initial established resistance value. This increase in resistance accounts for the expected normal deterioration of the assembly due to aging, contamination and corrosion particularly in the contact areas of the cable ferrules and clamps. The allowable increase in resistance is such as to permit the portable earthing or earthing and short-circuiting equipment to perform safely during electrical short-circuits.

The electrical resistance value for the pass/fail criterion is made up of two parts, the cable resistance and the resistance of the two ends containing short cable sections, ferrules and clamps. When earthing and short-circuiting devices are tested with a d.c. source, the d.c. resistance of the assembly is used for the pass or fail evaluation. With an a.c. source, the impedance of the cable and the impedance of the ends (ferrules and clamps) are used to determine if the portable equipment fails or passes the test. In order to make good resistance measurements it is recommended to use a current in excess of 10 A. The resolution of the measurement instrument should be 1 μΩ or better and the range of ambient temperature should be considered in order to obtain a good and comparable measurement.

The specific pass/fail resistance values as well as the other information on in-service inspection and maintenance are given in ASTM F 2249.

Example 2:

The cables may be inspected every five years or less for outdoor use and ten years or less for indoor use, by cutting the end fittings from the cable and visually inspecting the cable ends for corrosion. If there is an indication of corrosion or other problems (strand breakage, annealed copper strands, etc.), the equipment should be disposed of. If there is no indication of problems, new fittings should be installed and the equipment returned to service. The failure rate should be used to determine the frequency of this type of inspection, either inspecting more or less frequently.

C.4 Maintenance, storage, repair and disposal

The maintenance tests are not covered by this standard but may be made according to national or regional regulations or customer requirements.

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

C.4.1 Maintenance and storage

In order to maintain its capacity of protecting the workers, the earthing or earthing and short-circuiting equipment should be maintained and stored in good condition by the user. The manufacturer's or final assembler's instructions for use should be a reference document in that respect.

C.4.2 Repair

If reassembled, after cutting off exposed cable zones, it should be made in full agreement with the type designation. The repair should be made by the manufacturer or under the directive of the manufacturer or final assembler. But it is not advisable to repair the equipment in case of exposure to short-circuit.

C.4.3 Disposal

A device or equipment that has been exposed to short-circuit current should be disposed of, unless it is proved by thorough investigation, calculation and inspection that the exposure has been too moderate to give any negative mechanical or thermal effects. If there is any doubt as to the perfect condition of the device or equipment, it should be disposed of.

C.5 Effect of asymmetrical currents

The presence of asymmetrical currents on installations and on earthing or earthing and short-circuiting equipment should be determined before use. Useful references are IEC 60909-0, IEC 60909-1, IEC 60865-1, IEC 60865-2 and ASTM F855 (see also Figure 9).

The increasing value of the short-circuit currents noted in the locations with high inductive reactance relative to the resistance value produces an increase of the asymmetrical effect giving important mechanical effects.

The increasing ratio results in higher peak current during the first few cycles, mechanical forces increase as the square of the current and large ratios may double the current and increase the force by a factor of four times. The equipment should be dimensioned accordingly.

In this standard the peak factors retained were 2 for low voltage and 2,5 at 50 Hz (or 2,6 at 60 Hz) for high voltage but in some sites the peak factor could be greater, such as 2,7 due to the corresponding value of the X/R ratio and current initiating point on the voltage wave.

The variation in X/R values and the current initiating points result in substantially different asymmetrical currents. The greater the X/R, the greater the instantaneous peak current, and the longer the time required for the asymmetrical current to return to a symmetrical form.

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

Annex D
(informative)

Guideline for determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short-circuit of a given duration

The method illustrated in Figure D.1 should be used to determine the short-time current I_t (refer to 5.7.4) for the calculation of the Joule integral $I^2_t \times t_t$.

The total time t_t of the test is divided into ten equal parts by verticals 0 – 0,1 ... 1 and the r.m.s. value of the a.c. component of the current is measured at these verticals.

These values are designated:

$$Z_0, Z_1 \ldots Z_{10}$$

where:

$Z = X / \sqrt{2}$ and X is the zero-line-to-peak value of a.c. component of current.

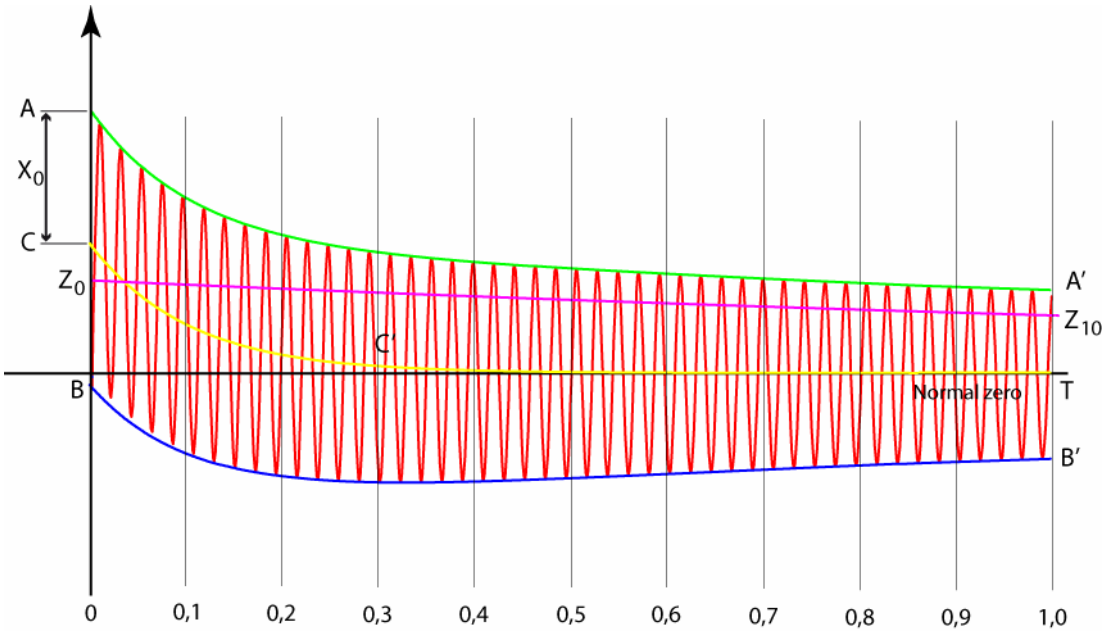
The equivalent r.m.s. current during the time t_t is given by:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{30}\left[Z_0^2 + 4\left(Z_1^2 + Z_3^2 + Z_5^2 + Z_7^2 + Z_9^2\right) + 2\left(Z_2^2 + Z_4^2 + Z_6^2 + Z_8^2\right) + Z_{10}^2\right]}$$

The d.c. component of current represented by CC' is not taken into account.

NOTE The d.c. component CC′ can be neglected for short-circuit durations of 1 s and above. For durations of 0,5 s it is necessary to increase the values for the short-circuit current by 4 % when calculating the Joule integral. For very short durations below 0,2 s the d.c. component cannot be neglected and the described method is not applicable.

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



Key

AA′	Top envelope of current wave
BB′	Bottom envelope of current wave
CC′	D.C. component; displacement of current wave zero line from normal zero line at any instant; it is given by half of the vertical distance between top envelope and bottom envelope
$Z_0 \ldots Z_{10}$	r.m.s. value of a.c. component of current at any instant measured from normal zero; d.c. component is neglected
X_o	Peak value of a.c. component of current at instant of initiating short-circuit; it is given by half of the vertical distance between top envelope and bottom envelope at point 0
X_i	Peak values given by the half of the vertical distance between top envelope and bottom envelope at the equal spreaded points 0,1 to 1
BT	Duration of short-circuit, t_t

Figure D.1 – Determination of short-time current

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

Annex E
(normative)

List of type tests

Table E.1 – List of type tests referred to subclauses

Nature of test	Subclauses		Description	Test method
	Requirements	Tests		
Non-destructive	4.1, 4.2, 4.3	5.2	Check that components of the devices are suitable for the temperature conditions and fields of application	Visual verification
Non-destructive	4.5, 4.7	5.2	Check the complete assembly of the connections and the complete device	Visual verification
Destructive	4.5	5.4.1	Fatigue test on cable with end fittings	Testing [a]
Destructive	4.5	5.4.2	Humidity penetration test on cable with end fittings	Testing [a]
Destructive	4.5	5.5	Tension test on cable with end fittings	Testing [a]
Non-destructive	4.6	5.2	Suitability of clamps to connection points	Manual checking
Destructive	4.5, 4.6	5.6	Test on clamps, fixed connection points and connections within devices	Testing [a]
Destructive	4.5, 4.6, 4.7	5.7.1 to 5.7.5	Short-circuit current test	Testing [a]
Non-destructive	4.9	5.2	Check of marking	Visual verification
Non-destructive	4.9	5.8	Testing durability of marking	Testing
Non-destructive	4.8	5.2	Verify the insulating element	Verification
Non-destructive	4.10	5.2	Check that the manufacturer's or end-assembler's instructions are made in accordance with requirements	Visual verification
Destructive and not	4.3.1	List of tests of 5.3.2.1	For cables not complying with IEC 61138	

[a] Test performed on test pieces.

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

Annex F
(normative)

Classification of defects

F.1 General

This annex was developed to address in a consistent manner the level of defects (critical, major and minor) of portable equipment and devices for earthing or earthing and short-circuiting as well as separate components, having completed the production phase (see IEC 61318).

Table F.1 identifies the requirements and tests with associated defects for the complete equipment. For separate component, Table F.1 shall be reduced to the corresponding component.

Table F.1 – Classification of defects and associated requirements and tests

Description of requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	Subclauses
4.1	General (withstand the short-circuit current) (mechanical resistance)	X	 X		 5.7.6 5.7.6
4.2	Electrical rating		X		5.2 visual verification
4.3	Cables for earthing and short-circuiting (according to IEC 61138) Cables not according to IEC 61138 (mechanical protection)		X X X		5.3.1 5.3.2.2 5.7.6
4.4	Short-circuiting bars (withstand the short-circuit current) (compatibility with the installation)	X	 X		 5.7.6 5.2 manual
4.5	Connections of cables to rigid parts within devices (tension set) (fatigue and humidity) (current-carrying capacity) (quality of connections)	 X	 X	 X X 	 5.5 5.4 (1) 5.7.6 (1)
4.6	Clamps (withstand the short-circuit current) (tightening clamps - torque) (suitability) (electrical rating) Spring clamps (installation and removing)	 X X 	 X X 	 X	 5.7.6 5.6.1 5.2 manual 5.7.6 (1) 5.2 manual
4.7	Earthing and short-circuiting device (withstand the short-circuit current) (design)	 X	 X		 5.7.6 5.2 visual
4.8	Insulating element of insulating component	X			5.2 verification (2)
4.9	Marking (durability) (absence) (incorrect marking)	 X	 X 	 X 	 5.8 5.2 visual 5.2 visual
4.10	Instruction for use (absence)		 X		 5.2 visual

(1) The test associated to the quality of connections will also check for the current-carrying capacity.
(2) Based on manufacturer declaration.

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

Bibliography

IEC and ISO Standards

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 101: Mathematics*

IEC 60050-121:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*
Amendment 1:2002

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*
Amendment 1:2001

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*
Amendment 1:1998

IEC 60050-651:1999, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 651: Live working*

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60228:2004*, Conductors of insulated cables*

IEC/TS 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60743:2001, *Live working – Terminology for tools, equipment and devices*
Amendment 1 (2008)

IEC 60832, *Insulating poles (insulating sticks) and universal tool attachments (fittings) for live working*

IEC 60855, *Insulating foam-filled tubes and solid rods for live working*

IEC 60865-1:1993, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

IEC/TS 60865-2:1994, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 2 – Examples of calculation*

IEC 60909-0:2001, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC/TR 60909-1:2002, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0*

IEC/TS 61201*, Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 61235:1993, *Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes*

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

IEC 61472:2004, *Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation*

IEC 61936-1:2002, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62475, *High current test techniques – Definitions and requirements for high current measurement*[4)]

ISO 48:2007, *Rubber, vulcanised or thermoplastic – Determination of hardness (hardness between 10 IRDH and 100 IRDH)*

ISO 9000:2005, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

CENELEC Standard

EN 50508:2008, *Multi-purpose insulating sticks for electrical operations on high voltage installations*

ASTM Standards

ASTM F855-04, *Standard Specifications for Temporary Protective Grounds to Be Used on De-energized Electric Power Lines and Equipment*

ASTM F2249-03, *Standard Specification for In-Service Test Methods for Temporary Grounding Jumper Assemblies Used on De-Energized Electric Power Lines and Equipment*

IEEE Standards

IEEE 516-2003, *Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines*

IEEE 1048-2003, *Guide for Protective Grounding of Power Lines*

_____

4) In preparation.

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 65
INTRODUCTION 67
1 Domaine d'application 68
2 Références normatives 72
3 Termes et définitions 73
4 Exigences 77
4.1 Généralités 77
4.2 Valeurs assignées électriques 78
4.3 Câbles de mise à la terre et en court-circuit 78
4.3.1 Sélection des câbles 79
4.3.2 Câbles de mise à la terre utilisés dans les réseaux à neutre directement mis à la terre 79
4.3.3 Câbles de mise à la terre utilisés dans les réseaux à neutre indirectement mis à la terre 79
4.4 Barres de court-circuit 80
4.5 Connexions des câbles aux parties rigides des dispositifs 80
4.6 Pinces et étaux 80
4.7 Dispositif de mise à la terre et en court-circuit 81
4.8 Exigences fondamentales de sécurité pour le ou les élément(s) isolant(s) du composant isolant 81
4.9 Marquage 82
4.9.1 Généralités 82
4.9.2 Marquage du dispositif de mise à la terre et en court-circuit 82
4.9.3 Marquage de la pince ou de l'étau 82
4.9.4 Marquage du câble 82
4.9.5 Marquage d'autres composants 83
4.10 Instructions d'emploi 83
5 Essais 83
5.1 Généralités 83
5.2 Vérification et contrôle 84
5.3 Essais pour la sélection des câbles 84
5.3.1 Câbles conformes à la CEI 61138 84
5.3.2 Câbles non conformes à la CEI 61138 84
5.4 Essais de fatigue et de pénétration d'humidité du câble muni de ses embouts d'extrémités 85
5.4.1 Essai de fatigue 85
5.4.2 Essais de pénétration d'humidité 87
5.5 Essai de traction du câble muni de ses embouts d'extrémités 87
5.6 Essais des pinces, étaux, points fixes de connexion et connexions 88
5.6.1 Essais pour les types à serrage à vis 88
5.6.2 Essais pour les types autres qu'à serrage à vis 88
5.7 Essai de courant de court-circuit 88
5.7.1 Généralités 88
5.7.2 Préparation des éprouvettes d'essai 90
5.7.3 Montages d'essai et agencements 94
5.7.4 Courant d'essai, intégrale de Joule et durée 95
5.7.5 Documentation et évaluation de l'essai 96

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

5.7.6 Moyen alternatif à l'essai de courant de court-circuit pour évaluer la conformité durant la phase de production 97
5.8 Durabilité du marquage 97
6 Evaluation de la conformité 97
7 Modifications 97
Annexe A (informative) Guide pour les équipements portables de mise à la terre pour utilisation sur les réseaux ferroviaires 98
Annexe B (informative) Guide pour les perches de mise à la terre 102
Annexe C (informative) Guide pour la sélection, l'utilisation et l'entretien des équipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit 106
Annexe D (informative) Guide pour la détermination de la valeur efficace équivalente d'un courant de courte durée lors d'un court-circuit de durée déterminée 117
Annexe E (normative) Liste des essais de type 119
Annexe F (normative) Classification des défauts 120
Bibliographie 121

Figure 1 – Illustrations d'un dispositif et d'équipements portables pour les applications aux installations, aux réseaux électriques et ferroviaires 69
Figure 2 – Diagrammes de connexion des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit monophasés et polyphasés pour application aux réseaux 71
Figure 3 – Illustration d'un dispositif triphasé de mise à la terre et en court-circuit avec barre de court-circuit et câble(s) de mise à la terre pour application aux installations et aux réseaux 72
Figure 4 – Appareil pour essai de fatigue comprenant la flexion et la torsion 86
Figure 5 – Exemples de combinaisons multiples de pinces ou étaux acceptant différentes formes et tailles de points de connexion 90
Figure 6 – Montages d'essai pour dispositifs polyphasés pour raccordement entre des conducteurs rigides pour postes 92
Figure 7 – Montages d'essai pour dispositifs de court-circuit polyphasés pour lignes aériennes 93
Figure 8 – Montages d'essai pour dispositifs monophasés pour lignes aériennes et pour postes ouverts 94
Figure 9 – Forme du courant de court-circuit en cours d'essai 96
Figure A.1 – Montage d'essai pour équipement monophasé pour réseaux ferroviaires 100
Figure B.1 – Disposition pour essais de flexion sur les perches de mise à la terre de section circulaire 104
Figure B.2 – Disposition pour essais de torsion sur les perches de mise à la terre de section circulaire 105
Figure C.1 – Courbes représentant l'élévation de température des conducteurs de nature différente relative à leur intégrale de Joule J^2t 110
Figure C.2 – Détermination de la température du conducteur par échauffement 111
Figure C.3 – Détermination de J^2t 112
Figure C.4 – Exemple de la région utilisable pour un dispositif 114
Figure D.1 – Détermination du courant de courte durée 118

Tableau 1 – Longueurs courantes de câbles de terre et de court-circuit pour différents types d'installations et différents niveaux de tension 71

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

Tableau 2 – Section minimale des câbles de terre en fonction de celle des câbles et/ou barres de court-circuit pour des réseaux à neutre indirectement mis à la terre 80

Tableau 3 – Force de traction appliquée à un câble muni de ses embouts d'extrémités 88

Tableau A.1 – Valeurs de courant de court-circuit pour câbles de cuivre et avec une température maximale de 450 °C 101

Tableau B.1 – Flèche maximale 104

Tableau C.1 – Comparaison de différentes valeurs normalisées de sections 108

Tableau C.2 – Court-circuit à proximité des génératrices – Valeurs de courant de court-circuit en kA pour des câbles en cuivre ayant une température maximale de 300°C 109

Tableau E.1 – Liste des essais de type avec références des paragraphes 119

Tableau F.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés 120

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TRAVAUX SOUS TENSION – ÉQUIPEMENTS PORTABLES DE MISE À LA TERRE OU DE MISE À LA TERRE ET EN COURT-CIRCUIT

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 61230 a été établie par le comité d'études 78 de la CEI: Travaux sous tension.

La seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1993. Cette édition constitue une révision technique.

Les principaux changements sont:

– l'extension du domaine d'application pour couvrir l'usage des équipements sur des installations à courant continu;
– l'extension de l'usage de l'aluminium à toutes les parties conductrices du dispositif;
– l'extension de l'application aux câbles recouverts de silicone réalisée par la révision par le TC 20 de la CEI 61138;
– la possibilité d'utiliser la présente norme pour des composants séparés de ces équipements;

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

– la révision générale des exigences et des essais;
– la disparition de l'exigence de marquage du double triangle, afin d'établir de façon claire que les produits couverts par la présente norme ne sont pas appropriés pour réaliser des travaux sous tension;
– la clarification et la modification de la procédure d'essai de court-circuit:
  • le changement du nombre de dispositifs soumis à l'essai,
  • le changement du temps de conditionnement préalable à 48 h,
  • la clarification de la procédure d'essai pour des composants séparés,
– pour les produits issus de la production, l'application de l'évaluation de la conformité selon la CEI 61318 Ed.3;
– la révision des annexes existantes;
– le changement des Annexes normatives A et C pour les Annexes informatives C et B, avec une revue du contenu;
– la disparition de l'Annexe B qui n'est plus applicable, en accord avec la CEI 61318 Ed.3;
– la disparition de l'Annexe D, ses exigences et essais étant maintenant inclus dans le corps de la norme;
– l'introduction d'une nouvelle Annexe A informative sur les applications aux réseaux ferroviaires;
– l'introduction d'une nouvelle Annexe D informative proposant un guide pour déterminer la valeur efficace équivalente d'un courant de court-circuit;
– la révision de la liste des essais de type qui apparaît maintenant à l'Annexe E normative;
– l'introduction d'une nouvelle Annexe F normative traitant de la classification des défauts.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/741/FDIS	78/748/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.

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.

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

INTRODUCTION

La présente Norme Internationale a été préparée conformément aux exigences de la CEI 61477.

Un accord peut être établi entre fabricant et client portant sur des exigences et des essais supplémentaires. Ces exigences supplémentaires sont prescrites dans la spécification du client sur des bases d'une procédure de réception.

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

TRAVAUX SOUS TENSION – ÉQUIPEMENTS PORTABLES DE MISE À LA TERRE OU DE MISE À LA TERRE ET EN COURT-CIRCUIT

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale est applicable aux équipements portables avec ou sans points de connexion assortis, pour mise temporaire à la terre ou mise à la terre et en court-circuit des installations électriques à courant alternatif ou à courant continu, isolées ou hors tension, des réseaux de distribution et de transport, qu'ils soient aériens ou souterrains et de tension basse ou haute.

NOTE L'Annexe A fournit un guide pour l'application aux réseaux ferroviaires.

La présente norme couvre l'équipement comprenant un dispositif de mise à la terre ou de court-circuit, ou de mise à la terre et en court-circuit, et un composant isolant. Des exemples sont donnés à la Figure 1a et à la Figure 1b.

Elle couvre aussi:

– les dispositifs de mise à la terre ou de court-circuit, ou de mise à la terre et en court-circuit prévus pour être installés à l'aide d'un moyen isolant. Un exemple de dispositif de mise à la terre est donné à la Figure 1c;

– des composants séparés, tels que la rallonge conductrice (voir Figure 1b) une pince ou un câble avec ses extrémités.

La performance des équipements, dispositifs et composants couverts par la présente norme, est basée sur les effets électrodynamiques et électrothermiques mis en jeu durant le court-circuit. La capacité de tenue des équipements et dispositifs est exprimée par leurs valeurs assignées de courant, de temps et de facteur de crête. Aucune tension assignée n'est donnée mais les dimensions géométriques de l'équipement sont liées à la tension de l'installation.

Des exemples de diagrammes de connexion des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit sont donnés aux Figures 2 et 3. Les longueurs de câble qui y sont couramment associées sont données au Tableau 1.

Ne sont pas couverts par la présente norme:

– les moyens isolants tels que les perches isolantes, les perches télescopiques, les manches isolants, les gants isolants, les équipements élévateurs à bras isolants, les cordes isolantes qui sont utilisés pour mettre en place le dispositif de mise à la terre et en court-circuit;

– le composant isolant à l'exception des exigences fondamentales de sécurité pour l'élément isolant;

  NOTE Des recommandations fondamentales de sécurité sont données en Annexe B pour les perches de mise à la terre.

– les dispositifs conçus uniquement pour écouler les courants induits;

– les méthodes de travail applicables pour l'utilisation des équipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit.

NOTE Il convient que les équipements conformes à la présente norme soient utilisés selon des méthodes de travail réputées sûres et selon les réglementations locales ou nationales, telles que les méthodes de travaux sous tension ou de travaux hors tension.

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

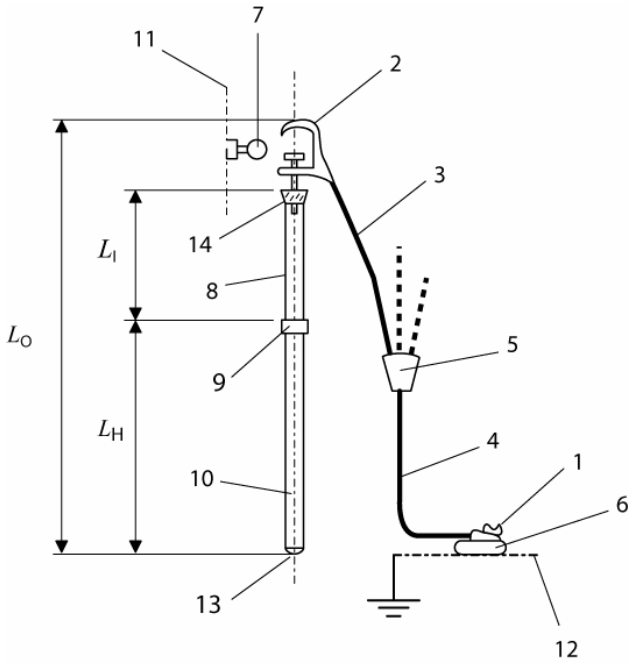


Figure 1a – Equipement polyphasé

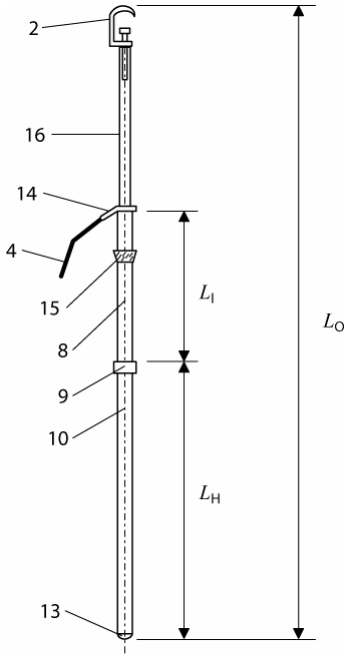
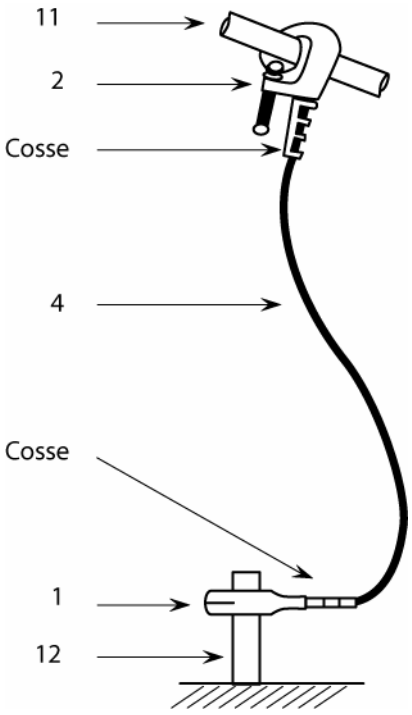


Figure 1b – Equipement monophasé avec rallonge



NOTE Le même dispositif peut aussi être utilisé pour la mise en court-circuit.

Figure 1c – Dispositif de mise à la terre

Légende

1 Etau de terre ou étau de rail
2 Pince de conducteur ou pince de caténaire
3 Câble(s) de court-circuit
4 Câble(s) de terre
5 Bloc de jonction
6 Point fixe de connexion à la terre ou au rail
7 Point fixe de connexion au conducteur ou à la caténaire
8 Elément isolant
9 Marque limite du manche
10 Poignée de la perche de mise à la terre
11 Conducteur ou barre de l'installation
12 Réseau de terre
13 Bouchon d'extrémité de la perche
14 Embout permanent ou détachable
15 Jonction de perche, détachable pour le transport
16 Rallonge conductrice
L_I Longueur de l'élément isolant
L_H Longueur de la poignée
L_O Longueur totale de la perche de mise à la terre et de la rallonge conductrice

NOTE 1 Le dispositif de mise à la terre et en court-circuit est constitué des composants 1, 2, 3, 4, 5 et 16.
NOTE 2 La perche de mise à la terre est constituée des composants 8, 9, 10, 13, 14 et 15.
NOTE 3 Le dispositif de mise à la terre est constitué des composants 1, 2 et 4.

Figure 1 – Illustrations d'un dispositif et d'équipements portables pour les applications aux installations, aux réseaux électriques et ferroviaires

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

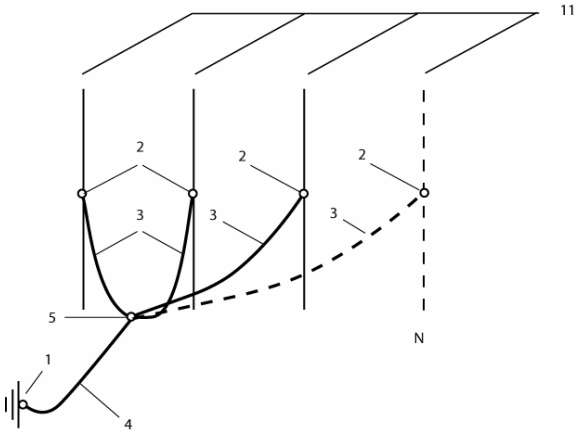


Figure 2a

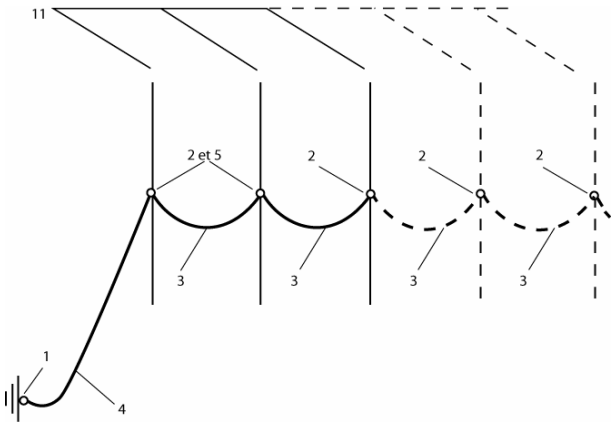


Figure 2b

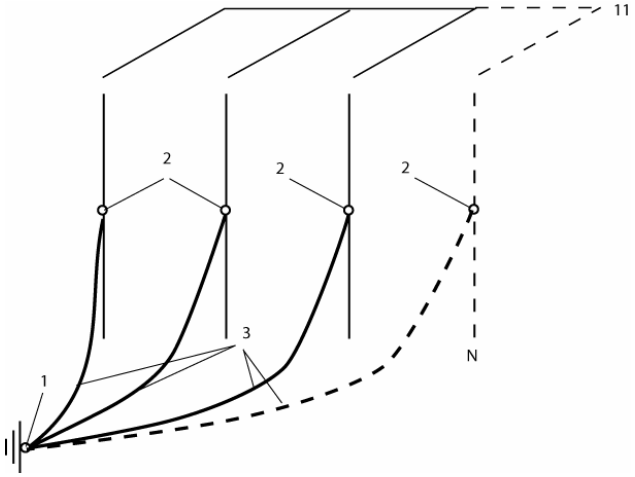


Figure 2c

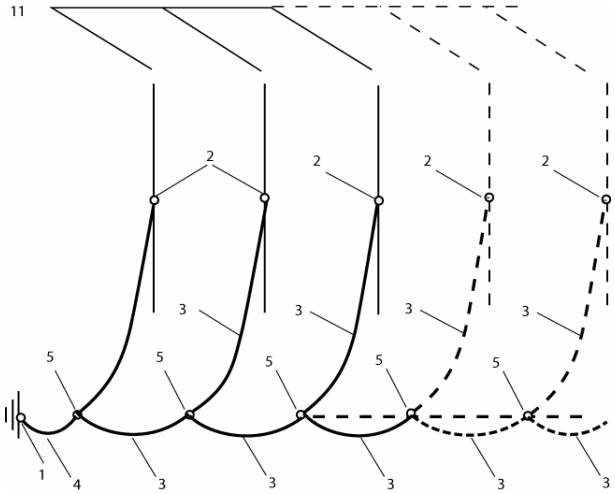
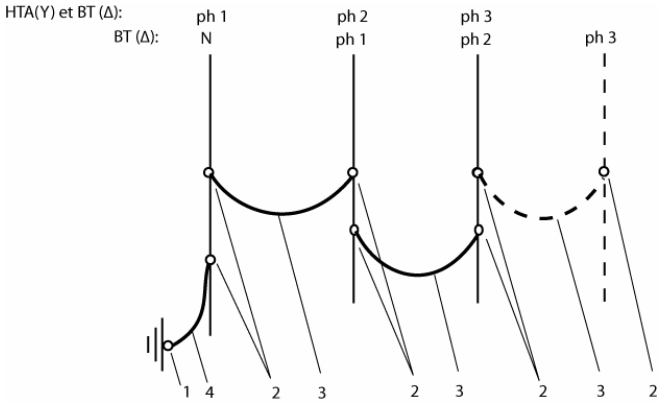


Figure 2d



HTA (Y) = Distribution Haute Tension, Y Réseau de neutre

BT (Δ) = Basse Tension, Δ Réseau de neutre

Figure 2e

Légende

1	Etau de terre
2	Pince de conducteur
3	Câble(s) de court-circuit
4	Câble(s) de terre
5	Bloc de jonction
11	Conducteur de l'installation ou barre
16	Rallonge conductrice

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

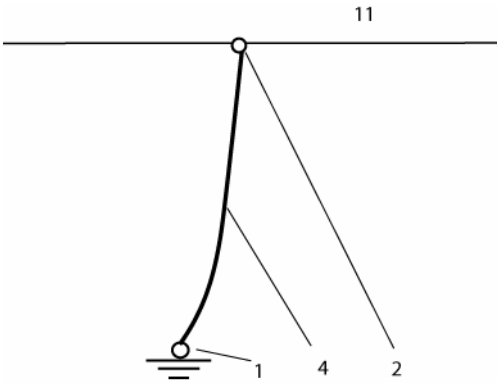


Figure 2f

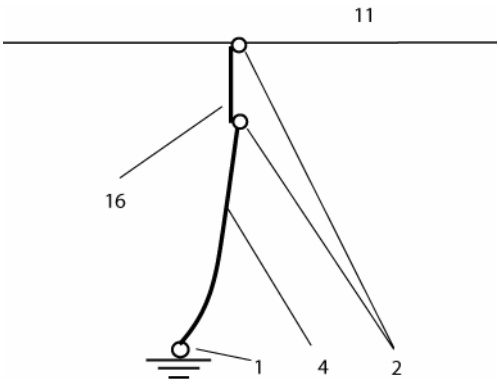


Figure 2g

Figure 2 – Diagrammes de connexion des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit monophasés et polyphasés pour application aux réseaux

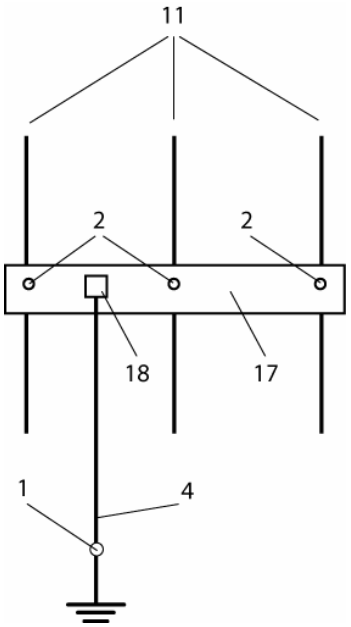
NOTE La Figure 2 donne uniquement des exemples de diagrammes de connexion. Tous ces diagrammes ne sont pas appropriés dans toutes les situations. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de prendre en compte le mouvement des câbles de connexion résultant des forces magnétiques, avant de réaliser la connexion finale.

Tableau 1 – Longueurs courantes de câbles de terre et de court-circuit pour différents types d'installations et différents niveaux de tension

<table>
<tr><th>Classes de tensions de service</th><th>Ligne aérienne</th><th>Poste ouvert</th><th>Poste intérieur ou sous enceinte métallique</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Basse tension [a]</td><td>Polyphasée
Figures 2a, 2b, 2c, 2d
légende 3 = 0,5 m
légende 4 = 12 m à 16 m</td><td rowspan="2">Polyphasé
Figure 2c; légende 3 = 0,5 m
Figure 2a; légende 3 = 0,5 m et
légende 4 = 1 m à 10 m</td><td rowspan="2">Spécifique</td></tr>
<tr><td>Monophasée
Figure 2f
légende 4 = 0,5 m à 10 m</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Distribution [a]</td><td>Polyphasée
Figures 2a, 2b, 2c, 2d
légende 3 = 2 m à 2,5 m
légende 4 = 8 m à 10 m</td><td rowspan="2">Polyphasé
Figures 2a, 2b, 2c
légende 3 = 7,5 m à 10 m
légende 4 = 2,5 m à 3 m</td><td rowspan="3">Polyphasé
Figure 2a
légende 3 = 0,7 m
légende 4 = 2 m</td></tr>
<tr><td>Polyphasée + 5 m de rallonge
Figure 2g
légende 4 = 8 m à 10 m</td></tr>
<tr><td>Monophasée
Figure 2f
légende 4 = 8 m à 10 m</td><td>Monophasé
Figure 2f
légende 4 = 10 m à 12 m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Transport [a]</td><td rowspan="2">Monophasée
Figure 2f

légende 4 = 8 m</td><td>Monophasé
Figure 2f
légende 4 = 10 m à 12 m</td><td>Polyphasé
Figure 2a
légende 3 = 3 m
légende 4 = 3 m</td></tr>
<tr><td>Monophasé +
2 m à 5 m de rallonge
Figure 2g
légende 4 = 7 m à 8 m</td><td>Monophasé
Figure 2f
légende 4 = 3 m à 4 m</td></tr>
<tr><td colspan="4">[a] Pour les différentes classes de tension de service, les limites de tension sont les valeurs conventionnelles, et elles pourraient être modifiées par des réglementations nationales ou des pratiques nationales.</td></tr>
</table>

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



Légende

1 Etau de terre

2 Pince de conducteur

4 Câble(s) de terre

11 Conducteur de l'installation

17 Barre de court-circuit

18 Connexion du câble de terre

Figure 3 – Illustration d'un dispositif triphasé de mise à la terre et en court-circuit avec barre de court-circuit et câble(s) de mise à la terre pour application aux installations et aux réseaux

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 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*[1)]

CEI 60068-2-11:1981, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

CEI 60068-2-42:2003, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

CEI 60811-1-4:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section quatre: Essais à basse température*
Amendement 1 (1993)
Amendement 2 (2001)

1) En révision.

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

CEI 60811-2-1:1998, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et optiques – Méthodes d'essais communes – Partie 2-1: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères – Essais relatifs à la résistance à l'ozone, à l'allongement à chaud et à la résistance à l'huile*
Amendement 1 (2001)[2)]

CEI 60811-3-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section un – Essai de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration*
Amendement 1 (1994)
Amendement 2 (2001)

CEI 61138:2007, *Câbles d'équipements portables de mise à la terre et de court-circuit*

CEI 61318:2007, *Travaux sous tension – Evaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

CEI 61477:2001, *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements*
Amendement 1 (2002)
Amendement 2 (2004)[3)]

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 61318 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE D'autres informations sur la terminologie sont illustrées dans les Figures 1, 2 et 3.

3.1
rallonge conductrice
conducteur rigide réalisant une rallonge d'un dispositif de mise à la terre ou en court-circuit ou d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit

NOTE La rallonge conductrice peut être installée entre l'embout d'une perche de mise à la terre et une pince de conducteur ou entre la pince de conducteur et le point de raccordement.

[CEI 60743, définition 15.9 et VEI 651-14-11, modifiées]

3.2
bloc de jonction
composant d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit permettant de connecter entre eux les câbles de court-circuit, soit directement, soit par des liaisons de raccordement telles que les cosses d'extrémité de câble, et au(x) câble(s) de terre et/ou à l'étau de terre

[CEI 60743, définition 15.5 et VEI 651-14-06, modifiées]

3.3
point de raccordement
partie de l'installation ou du montage d'essai sur laquelle une pince est raccordée

2) Il existe une édition consolidée 2.1 (2001) qui comprend CEI 60811-2-1:1998 et son amendement.

3) Il existe une édition consolidée 1.2 (2005) qui comprend CEI 61447:2001 et ses Amendements 1 et 2.

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

3.4
point de connexion
partie de l'installation spécialement conçue pour la connexion des pinces (par exemple, une pointe terminée par une boule, une tige cylindrique, un crochet, un étrier ou encore un goujon)

[VEI 651-14-09 modifiée]

3.5
hors tension (en travaux sous tension)
à un potentiel égal ou peu différent de celui de la terre du lieu de travail

NOTE Dans certains pays, selon les procédures de travaux hors tension, l'état hors tension est seulement pris en compte après que l'équipement de mise à la terre et en court-circuit ait été installé adéquatement.

[VEI 651-01-15 modifiée]

3.6
étau de terre
étau faisant partie d'un dispositif de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, permettant de connecter un câble de terre ou le bloc de jonction au conducteur de terre ou à une électrode de terre ou à un potentiel de référence

[CEI 60743, définition 15.6 et VEI 651-14-07, modifiées]

3.7
dispositif de mise à la terre et en court-circuit
assemblage de composants qui réalise l'interconnexion des conducteurs pour la mise à la terre, la mise en court-circuit ou la mise à la terre et en court-circuit des installations ou des réseaux

NOTE 1 Le dispositif de mise à la terre et en court-circuit comprend des pinces et étaux, des câbles ou des barres et éventuellement des blocs de jonction.

NOTE 2 Le dispositif de mise à la terre et en court-circuit peut être de type monophasé ou polyphasé.

[CEI 60743, définition 15.2 et VEI 651-14-03, modifiées]

3.8
câble de terre
câble faisant partie d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit, reliant un étau de terre à une pince de conducteur de l'installation électrique ou un étau de terre au bloc de jonction

[CEI 60743, définition 15.1 et VEI 651-14-02, modifiées]

3.9
perche de mise à la terre
perche de terre
composant isolant muni d'un embout permanent ou détachable, destiné à installer les pinces ou étaux, les barres de court-circuit ou les rallonges conductrices sur une installation électrique

NOTE L'élément isolant d'une perche de mise à la terre est destiné à fournir une distance de sécurité et une isolation adéquates pour le travailleur.

[CEI 60743, définition 15.8 et VEI 651-14-10, modifiées]

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

3.10
sous tension (en travaux sous tension)
à un potentiel significativement différent de celui de la terre du lieu de travail et présentant un danger électrique

NOTE Une partie est sous tension lorsqu'elle est raccordée électriquement à une source d'énergie électrique. Elle peut être aussi sous tension lorsqu'elle est chargée électriquement, en particulier sous l'influence d'un champ électrique ou magnétique.

[VEI 651-01-14]

3.11
courant induit
courant électrique dû au déplacement de porteurs de charge sous l'effet d'une tension induite ou d'une induction de champ magnétique

[VEI 121-11-29 modifiée]

3.12
élément isolant
élément d'un composant isolant qui fournit une isolation électrique adéquate pour le travailleur

NOTE Pour la plupart des composants isolants utilisés dans la conception des équipements de mise à la terre et en court-circuit, l'élément isolant fournit aussi une distance de sécurité adéquate pour les travailleurs.

3.13
composant isolant
partie isolante tenue à la main d'un équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, conçue pour mettre en contact et connecter des pinces (ou étaux) à des parties des installations électriques

NOTE Une perche de mise à la terre est considérée comme un composant isolant.

3.14
moyen isolant
outil, équipement ou dispositif isolant, manuel ou mécanique, ayant des propriétés isolantes reconnues et utilisé pour mettre en contact et connecter les pinces (ou étaux) des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit à des parties des installations électriques

NOTE Un gant isolant, une corde isolante, un manche isolant, une perche isolante, une perche isolante télescopique, un équipement élévateur à bras isolant, sont des moyens isolants.

3.15
perche isolante
outil isolant essentiellement composé d'une tige isolante et/ou d'un tube isolant avec des embouts de perche

[VEI 651-02-01]

3.16
isoler
séparer
déconnecter entièrement un dispositif ou un circuit des autres dispositifs ou circuits en le séparant physiquement, électriquement et mécaniquement, de toutes les sources d'énergie électrique

NOTE Une telle séparation peut ne pas éliminer tous les effets de l'induction électromagnétique ou électrostatique.

[CEI 61328, définition 3.46 et CEI 61911, définition 3.39, modifiées]

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

3.17
pince de conducteur
pince faisant partie d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit, qui est reliée au câble de court-circuit, ou à la barre de mise en court-circuit ou à la rallonge conductrice soit directement soit par des liaisons de connexion, et qui est utilisée pour se raccorder aux conducteurs (conducteurs de ligne, jeux de barres ou autres conducteurs transportant du courant) ou à un point de connexion permanent

[CEI 60743, définition 15.7 et VEI 651-14-08, modifiées]

3.18
essai de maintenance
essai effectué périodiquement sur une entité pour vérifier que ses caractéristiques de fonctionnement se maintiennent dans des limites spécifiées après avoir procédé, le cas échéant, aux ajustements nécessaires

[VEI 151-16-25]

3.19
courant de crête maximal
$\hat{\imath}_{\mathbf{tm}}$
valeur de crête associée à la première onde principale du courant de court-circuit d'essai et définissant les contraintes mécaniques électrodynamiques maximales

3.20
équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit
équipement qui peut être porté par une personne seule et qui est raccordé manuellement ou mécaniquement, au moyen de son composant isolant, aux parties d'une installation électrique en vue de la mise à la terre ou de la mise en court-circuit ou de la mise à la terre et en court-circuit de cette installation

NOTE 1 L'équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit comprend le dispositif de mise à la terre et en court-circuit et un ou plusieurs composants isolants spécifiques, détachables ou non.

NOTE 2 L'utilisation du composant isolant sert à connecter de façon sure, les dispositifs aux points de raccordement.

NOTE 3 L'équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit est installé temporairement sur des circuits de puissance isolés, pour assurer une équipotentialité et pour protéger le travailleur en écoulant un courant de court-circuit pendant un certain temps.

NOTE 4 Le but de la mise à la terre et en court-circuit de parties d'installations sectionnées ou isolées est de fournir un passage maîtrisé du courant de court-circuit et d'éviter en second lieu une montée en potentiel dans le circuit de terre.

[VEI 651-14-01 modifiée]

3.21
courant assigné et temps assigné
valeur efficace du courant et temps assignés à un dispositif ou à un composant définissant les efforts mécaniques et thermiques les plus grands pour un facteur de crête donné

NOTE Ces valeurs ne sont applicables qu'aux parties conçues pour supporter le courant de court-circuit.

[VEI 651-14-12 modifiée]

3.22
facteur de crête assigné
rapport du courant de crête maximal à son courant assigné

[VEI 101-14-57 modifiée]

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

3.23
distance de sécurité
distance d'isolement dans l'air entre le travailleur et une partie sous tension de l'installation, liée à la tension de l'installation et aux procédures de travail, qui est déterminée pour éviter tout danger électrique

3.24
barre de mise en court-circuit
conducteur rigide, tel que barre ou tube, faisant partie du dispositif de mise à la terre et en court-circuit qui relie ensemble les phases de l'installation

[CEI 60743, définition 15.4 et VEI 651-14-05, modifiées]

3.25
câble de court-circuit
câble faisant partie d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit, reliant les pinces à un point commun de référence électrique tels que deux pinces de conducteur entre elles ou une pince de conducteur à un bloc de jonction

[CEI 60743, définition 15.3 et VEI 651-14-04, modifiées]

3.26
réseau à neutre directement à la terre
réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre

[VEI 601-02-25]

3.27
fournisseur
organisme ou personne qui procure un produit

Exemple: Producteur, distributeur, détaillant, marchand, prestataire de service ou d'information.

NOTE 1 Un fournisseur peut être interne ou externe à l'organisme.

NOTE 2 Dans une situation contractuelle, le fournisseur peut être appelé «contractant».

[ISO 9000, définition 3.3.6]

3.28
courant de transit
courant qui circule dans les câbles du dispositif de mise à la terre et en court-circuit quand le dispositif est complètement raccordé à l'installation électrique

NOTE 1 Pour les réseaux ou les installations à haute tension, le courant peut être un courant résiduel (résultant d'un déséquilibre ou d'un courant induit).

NOTE 2 Pour les réseaux ferroviaires à courant continu, le courant qui circule depuis le rail vers la caténaire lorsque le câble de terre est raccordé et qu'un train circule sur une voie adjacente.

4 Exigences

4.1 Généralités

Les équipements, dispositifs et composants doivent être conçus et fabriqués de façon à contribuer à la sécurité des utilisateurs, pourvu que les équipements, dispositifs et composants soient utilisés par des personnes qualifiées, conformément à des méthodes de travail sûres et aux instructions d'emploi (voir 4.10).

NOTE 1 Suivant la procédure sûre, les installations électriques sont considérées en service ou sous tension jusqu'à ce que tous les équipements de mise à la terre et en court circuit soient installés correctement.

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

NOTE 2 Le cas échéant, il convient d'appliquer les réglementations nationales ou régionales telles que celles des travaux sous tension ou celles des travaux hors tension.

Les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit et leurs composants doivent être conçus pour supporter toutes les contraintes mécaniques auxquelles ils sont soumis en utilisation normale.

Les dispositifs et les composants doivent supporter le courant, le temps et l'intégrale de Joule maximaux de court-circuit qui leur sont assignés.

NOTE Il convient que les dispositifs et les composants soient conçus pour aussi supporter le courant de transit.

Les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit, lorsqu'ils sont installés suivant les instructions d'emploi, doivent être capables de supporter toutes les contraintes dues aux courants de court-circuit pour lesquels ils ont été conçus sans causer, aux personnes, de danger électrique, mécanique, chimique ou thermique.

NOTE 1 Pour une utilisation à l'intérieur ou dans un espace confiné, il convient de prendre en compte les effets toxiques (voir C.2.2).

NOTE 2 Des augmentations de température de câble plus élevées sont par conséquent adoptées pour réduire le poids.

Le fabricant ou l'assembleur final de tous les composants de l'équipement doit être responsable d'assurer que l'équipement satisfait à toutes les exigences de la présente norme.

4.2 Valeurs assignées électriques

Un courant de court-circuit (I_r), un temps (t_r) et le facteur de crête associé doivent être assignés aux dispositifs de mise à la terre et en court-circuit et à leurs composants.

Pour des applications en courant continu, ces valeurs doivent être les mêmes.

Les valeurs de temps assigné les plus communes sont les suivantes:

3 s, 2 s, 1 s, 0,75 s, 0,5 s, 0,25 s, 0,1 s

Les valeurs assignées du dispositif complet doivent être exprimées sous la forme d'un courant assigné en kiloampères, d'un temps assigné en secondes et d'un facteur de crête assigné (voir 4.9).

NOTE Voir l'Annexe C afin de comparer différentes valeurs assignées.

Les composants séparés d'un équipement doivent être fournis avec leurs valeurs assignées et les configurations d'essai correspondantes (voir 4.10).

La conformité doit être assurée par une vérification visuelle selon 5.2.

4.3 Câbles de mise à la terre et en court-circuit

Les câbles de mise à la terre et en court-circuit, qu'ils soient en aluminium ou en alliage d'aluminium ou en cuivre, doivent être conçus pour répondre aux exigences de performance associées à leurs valeurs assignées.

NOTE Pour la sélection de la section du câble en fonction de l'élévation de la température pendant un court-circuit, des courbes ou des tableaux et un guide sont donnés dans l'Annexe C.

Les câbles doivent avoir les caractéristiques mécaniques, chimiques, environnementales et électriques pour satisfaire toutes les exigences de la présente norme.

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

NOTE 1 Il peut être acceptable que l'enveloppe isolante du câble fonde ou brûle suivant la température maximale atteinte pendant la circulation du courant de court-circuit, tout en respectant les règles de sécurité qui s'appliquent.

NOTE 2 Un guide pour la sélection du câble, qui prend en compte le courant de transit est donné dans l'Annexe C.

4.3.1 Sélection des câbles

Les câbles pour mise à la terre et en court-circuit (voir Figures 1, 2 et 3) doivent être flexibles.

Les câbles doivent être isolés pour obtenir une protection mécanique.

NOTE Le client peut demander une résistance mécanique complémentaire contre les chocs sur une structure métallique. Il convient que les câbles à isolation PVC répondent à l'exigence complémentaire et à l'essai au coup de fouet conformément au 5.4 de la CEI 61138.

La sélection de la nature du matériau isolant doit répondre aux conditions chimiques, d'environnement et de température rencontrées en pratique.

Pour les câbles de mise à la terre et en court-circuit de section circulaire, les exigences électriques, mécaniques et autres peuvent être satisfaites en sélectionnant des câbles conformes à la CEI 61138.

Des câbles qui ne sont pas conformes à la CEI 61138 peuvent être utilisés mais doivent répondre aux exigences suivantes:

– la flexibilité doit être conforme au 5.3 de la CEI 61138 et au 8.2 de la CEI 60811-1-4 pour l'essai de pliage à basse température,
– l'intégrité physique du revêtement doit être conforme au 5.1.3 de la CEI 61138,
– le type de matériau isolant doit être conforme à l'Article 7 de la CEI 61138,
– la résistance au choc mécanique doit être conforme au 4.3.5 de la CEI 61138.

La conformité pour la sélection doit être assurée par une vérification visuelle de la conformité à la CEI 61138 ou en réalisant les essais selon 5.3.2.

4.3.2 Câbles de mise à la terre utilisés dans les réseaux à neutre directement mis à la terre

Les câbles de terre utilisés dans les réseaux à neutre directement mis à la terre doivent avoir la même section que celle des câbles ou barres de mise en court-circuit qui y sont associés.

4.3.3 Câbles de mise à la terre utilisés dans les réseaux à neutre indirectement mis à la terre

La section des câbles de terre utilisés dans les réseaux à neutre indirectement mis à la terre peut être inférieure à celle des câbles ou barres correspondants de mise en court-circuit, mais jamais inférieure à ce qui est donné dans le Tableau 2. Pour les valeurs intermédiaires entre celles spécifiées dans la première colonne, la valeur de la seconde colonne doit être celle de la taille supérieure suivante.

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

Tableau 2 – Section minimale des câbles de terre en fonction de celle des câbles et/ou barres de court-circuit pour des réseaux à neutre indirectement mis à la terre

Section équivalente de cuivre des câbles et/ou des barres de court-circuit mm^2	Section minimale équivalente de cuivre pour câbles de terre mm^2
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	35
120	50
150	50

4.4 Barres de court-circuit

Les barres de mise en court-circuit qu'elles soient en aluminium ou en alliage d'aluminium ou en cuivre, doivent être conçues pour répondre aux exigences de performance associées à leurs valeurs assignées.

Elles doivent être conçues pour être compatibles avec l'installation sur laquelle elles peuvent être installées. Pour cette raison, les dimensions des barres de court-circuit ne sont pas normalisées.

La conformité doit être assurée par contrôle manuel selon 5.2 et par des essais selon 5.7.

4.5 Connexions des câbles aux parties rigides des dispositifs

Une excellente résistance à la fatigue est requise pour les connexions des câbles à des parties rigides (cosses, tenons, embouts d'extrémités, bloc de jonction, etc.).

Les connexions doivent être réalisées avec grand soin pour s'assurer que les caractéristiques minimales spécifiées des câbles soient maintenues. Les connexions soudées ne sont pas permises.

La connexion entre les embouts d'extrémités et les câbles doit être protégée contre la pénétration d'eau.

Tous les raccordements doivent être protégés contre un démontage fortuit. De simples vis ou boulons, s'ils sont utilisés, doivent toujours être combinés avec un dispositif tel que rondelles freins, de manière à empêcher le glissement ou la rotation.

Les cosses, tenons, embouts d'extrémités, etc., doivent avoir une capacité de circulation de courant au moins équivalente à celle des câbles associés.

La conformité doit être vérifiée par vérification visuelle selon 5.2 et par des essais selon 5.4, 5.5 et 5.7.

4.6 Pinces et étaux

Les pinces et étaux doivent être conçus pour supporter les contraintes qui leur sont assignées. Ils doivent assurer un contact correct et doivent supporter les contraintes thermiques et mécaniques produites par le passage des courants de court-circuit assignés.

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

Les pinces de conducteur et les étaux de terre doivent être adaptés à la surface et à la forme du point de raccordement et doivent permettre une mise en place facile et sûre, sans entraîner de dommage aux pinces et étaux et sans danger pour le personnel.

Pour les types à serrage à vis, le fabricant ou l'assembleur final doit fournir un couple de serrage assigné correctement défini pour l'installation.

Pour les autres types tels que les pinces à ressort, elles ne doivent pas demander une force anormale pour être mises en place et retirées.

NOTE Plus d'une pince à ressort peuvent être montées à l'extrémité supérieure d'une perche de mise à la terre pour des opérations rapides et multiples. Pour cette raison, il est permis d'ajouter un dispositif spécifique permettant de tenir plusieurs pinces.

Afin d'être considérée équivalente, chaque conception différente de pince ou étau ayant les mêmes valeurs assignées doit subir un essai de type réalisé dans les mêmes conditions.

La conformité doit être assurée par contrôle manuel selon 5.2 et par des essais selon 5.6 et 5.7.

4.7 Dispositif de mise à la terre et en court-circuit

Les différents composants d'un dispositif de mise à la terre et en court-circuit peuvent provenir d'un même fabricant ou de fabricants différents. L'assemblage final doit être fait sous la responsabilité du fabricant ou de l'assembleur final du dispositif. Le fabricant ou le fournisseur de composants séparés doit fournir suffisamment d'informations pour que le dispositif complet conserve ses capacités. La qualité finale du dispositif après assemblage repose entièrement sur son assembleur final.

Un dispositif de mise à la terre et en court-circuit peut utiliser des câbles en parallèle comme câbles de mise à la terre ou câbles de court-circuit.

Pour un dispositif de mise à la terre et en court-circuit polyphasé, tous les câbles exposés à un courant de court-circuit assigné doivent avoir la même section, mais le ou les câble(s) de terre peut (peuvent) avoir une section plus faible en cas d'utilisation sur des réseaux à neutre indirectement mis à la terre (voir Tableau 2).

La conformité doit être assurée par vérification et contrôle selon 5.2 et par des essais selon 5.7.

4.8 Exigences fondamentales de sécurité pour le ou les élément(s) isolant(s) du composant isolant

Le ou les élément(s) isolant(s) du composant isolant (perche de mise à la terre ou autre type) doit ou doivent être fabriqué(s) en matériau(x) isolant(s) et être conçu(s) de manière à fournir des caractéristiques d'isolation électrique qui permettent aux travailleurs d'établir l'isolation électrique adéquate lors de la mise en place et du retrait de l'équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit.

Le fabricant doit identifier les paramètres de conception associés aux propriétés isolantes fondamentales de l'élément isolant.

NOTE 1 Plusieurs paramètres de conception d'un élément isolant jouent un rôle sur son comportement isolant dans son ensemble. Certains de ces paramètres sont contrôlés par le fabricant. D'autres (par exemple la longueur de tige isolante ou de tube isolant) peuvent être influencés par les procédures de travail ainsi que par les réglementations nationales ou régionales. Les propriétés isolantes fondamentales sont ici associées aux paramètres de conception sous le contrôle du fabricant.

NOTE 2 Par exemple, lorsque des tubes ou des tiges de section circulaire sont utilisés comme matière première pour la conception de l'élément isolant d'une perche de mise à la terre, une sélection adéquate de tubes ou de

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

tiges satisfaisant à la CEI 60855 ou à la CEI 61235 constitue un paramètre de conception associé aux propriétés isolantes fondamentales.

L'Annexe B donne un guide pour la sélection de l'élément isolant de la perche de mise à la terre qui constitue un type de composant isolant de l'équipement complet.

La conformité aux exigences fondamentales de sécurité est assurée par vérification selon 5.2.

4.9 Marquage

4.9.1 Généralités

Le marquage doit être clairement lisible. Il doit être durable et non enlevable.

Chaque dispositif, câble, pince et étau doit être marqué correctement.

Quand un dispositif est fabriqué de plusieurs composants de valeurs assignées différentes, le marquage des valeurs assignées du dispositif doit correspondre au minimum des valeurs de chaque composant et doit être indiqué sous la responsabilité de l'assembleur final.

NOTE Des recommandations complémentaires sont données à l'Annexe B et à l'Annexe C.

La conformité doit être assurée par vérification visuelle selon 5.2 et par essai selon 5.8.

4.9.2 Marquage du dispositif de mise à la terre et en court-circuit

Le dispositif lui-même ou une étiquette additionnelle non enlevable doit être marqué avec au moins les éléments de marquage suivants selon le cas:

– nom du fabricant ou marque de fabrication ou nom de l'assembleur final;
– modèle ou référence du type du dispositif;
– année de fabrication;
– courant assigné I_r (kA), temps assigné t_r (s) du dispositif et la valeur assignée du facteur de crête (par exemple 10 kA - 0,5 s – 2,6);
– numéro de la norme CEI applicable.

4.9.3 Marquage de la pince ou de l'étau

L'étau ou la pince ou une étiquette additionnelle non enlevable doit être marqué avec au moins les éléments de marquage suivants:

– nom du fabricant ou marque de fabrication;
– modèle ou référence du type de la pince ou de l'étau.

4.9.4 Marquage du câble

Pour les câbles conformes à la CEI 61138, aucun autre marquage n'est nécessaire.

NOTE Le numéro de référence de la norme du câble est donné par le code de désignation.

Pour les câbles non couverts par la CEI 61138, le câble doit être marqué avec les éléments de marquage suivants:

– indication de l'origine du câble (voir 4.4.1 de la CEI 61138);
– section ou taille du câble;
– nature du revêtement isolant (voir l'Article 7 de la CEI 61138).

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

4.9.5 Marquage d'autres composants

Il est possible que d'autres composants, telles les barres de mise en court-circuit ou la rallonge conductrice des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit soient fournis séparément. Dans un tel cas, ils doivent être marqués de façon similaire aux pinces.

4.10 Instructions d'emploi

Chaque dispositif ou équipement répondant à la présente norme doit être livré avec des informations écrites du fabricant et les instructions d'emploi et d'entretien. Ces instructions doivent être rédigées en accord avec les dispositions générales données dans la CEI 61477.

Elles doivent inclure au minimum:

– les instructions nécessaires pour l'assemblage du dispositif complet ou de l'équipement;
– les limitations, le cas échéant, des principales caractéristiques telles que les valeurs assignées, les conditions de température, l'usage à l'intérieur, etc.;
– les valeurs assignées (courant, temps et facteur de crête) des composants séparés;
– des guides pour l'entretien, l'usage, le stockage et l'inspection;

NOTE Il convient que les utilisateurs se reportent aussi à l'Annexe C pour des informations complémentaires.

– les valeurs de couples et de forces et les règles d'assemblage correct pour les dispositifs de verrouillage qui pourraient se desserrer durant l'utilisation;
– les informations concernant l'usage de l'aluminium pour les câbles, les pinces ou étaux, et les autres parties des dispositifs, le cas échéant;
– la déclaration que «les dispositifs doivent être mis au rebut lorsqu'ils ont été exposés à un courant de court-circuit» (voir C.4);
– le numéro de la norme CEI qui s'applique et son année de publication ainsi que ses amendements, le cas échéant.

NOTE Des instructions supplémentaires d'emploi peuvent être demandées par le client.

La conformité doit être assurée par vérification visuelle selon 5.2.

5 Essais

5.1 Généralités

La présente norme fournit les dispositions d'essai qui permettent de démontrer que le produit satisfait aux exigences de l'Article 4. Ces dispositions d'essai sont principalement destinées à être utilisées comme essais de type permettant de valider la conception. Lorsque cela est approprié, des moyens alternatifs (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes consacrés aux essais pour les équipements de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, issus de la production.

La liste des essais de type avec les références aux paragraphes correspondants est spécifiée au Tableau E.1 de l'Annexe E.

La réalisation des essais doit être de la responsabilité du fabricant ou du fournisseur final.

Les essais doivent être conduits à des températures comprises entre –10 °C et +40 °C sans tenir compte de l'humidité, sauf prescriptions contraires.

NOTE 1 Cette large plage de conditions climatiques est spécifiée car les essais à l'extérieur peuvent souvent être préférables ou nécessaires.

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

NOTE 2 Il convient d'accepter une température maximale de +45 °C dans le cas d'essais extérieurs effectués dans des pays où la température usuelle est très haute.

Les essais électriques doivent être conduits avec une source de tension alternative monophasée selon la CEI 60060-1. Le circuit d'essai doit être complété par des transformateurs et des impédances appropriés pour obtenir le courant d'essai de court-circuit propre à satisfaire aux exigences en 5.7.

NOTE 1 Il est recommandé de prendre en compte la CEI 62475 Ed.1 pour les techniques d'essai à fort courant (en développement).

NOTE 2 Pour les essais en courant continu, il n'y a pas de référence prescrite pour la source à courant continu. Il est de pratique courante d'utiliser la même valeur efficace de courant alternatif et le même montage d'essai.

Les composants évalués par des essais destructifs ne doivent pas être réutilisés.

La vérification visuelle doit être faite soit sur un équipement complet, sur un dispositif ou sur des composants séparés.

Le fabricant ou l'assembleur final doit fournir les éprouvettes d'essai. Les éprouvettes d'essai destinées aux essais destructifs doivent être tirées d'un dispositif ou d'un équipement complet.

Les essais de type doivent être réalisés sur trois éprouvettes d'essai séparées ou trois dispositifs complets, sauf prescriptions contraires.

Les essais doivent être considérés comme réussis si toutes les éprouvettes d'essai ou les dispositifs complets ont réussi leurs essais.

NOTE Dans le cas des produits issus de la production, les essais associés à des défauts critiques, majeurs ou mineurs, sont spécifiés en Annexe F (voir aussi l'Article 6).

Les essais de réception sont couverts par la CEI 61318.

5.2 Vérification et contrôle

Lorsqu'une vérification visuelle est prescrite, il doit être entendu qu'il s'agit d'une vérification visuelle réalisée par une personne ayant une vue normale ou corrigée sans moyen de grossissement additionnel.

Les vérifications visuelle et dimensionnelle, les contrôles manuels et les autres vérifications doivent être réalisés pour s'assurer que les exigences applicables données à l'Article 4 sont satisfaites.

Les contrôles et les vérifications doivent être considérés comme réussis si toutes les exigences de l'Article 4 qui s'appliquent sont satisfaites.

5.3 Essais pour la sélection des câbles

5.3.1 Câbles conformes à la CEI 61138

De manière à vérifier que les câbles sont conformes à la CEI 61138, une vérification visuelle doit être faite sur le marquage du câble.

5.3.2 Câbles non conformes à la CEI 61138

5.3.2.1 Essais de type

Les câbles non conformes à la CEI 61138 doivent satisfaire les essais suivants:

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

– pour la flexibilité, 5.3 de la CEI 61138 et 8.2 de la CEI 60811-1-4 pour l'essai de pliage à basse température,
– pour le type de matériau isolant, Article 7 de la CEI 61138,
– pour la résistance au choc mécanique:
  - pour les EPR, Article 9 de la CEI 60811-2-1,
  - pour les PVC, 9.2 de la CEI 60811-3-1,
  - pour les PVC ST11, 9.2 de la CEI 60811-3-1 et Tableau 7 de la CEI 61138,
  - pour les SiR, Article 9 de la CEI 60811-2-1 et Tableau 8 de la CEI 61138.
– pour l'essai au coup de fouet (clashing), le cas échéant, 5.4 et Annexe A de la CEI 61138.

5.3.2.2 Essai alternatif pour l'évaluation de la conformité en phase de production

L'intégrité physique du revêtement doit être vérifiée selon 5.1.3 de la CEI 61138.

5.4 Essais de fatigue et de pénétration d'humidité du câble muni de ses embouts d'extrémités

5.4.1 Essai de fatigue

Chaque type de câble muni de ses embouts d'extrémités doit être soumis à l'essai combiné de flexion et de torsion réalisé sur 3 éprouvettes d'essai.

Le montage d'essai est présenté à la Figure 4. La barre de métal ou la vis qui force la rotation doit être fabriquée en acier ou en laiton ou en alliage d'aluminium. La forme de la vis doit être réalisée avec soin afin d'obtenir un mouvement uniforme.

Une éprouvette d'essai comprend un câble complété par ses embouts d'extrémités. La longueur de la partie libre du câble doit être de 1 000 mm ± 100 mm. L'embout d'extrémité supérieur du câble doit être placé verticalement dans un dispositif d'essais de façon à ce qu'il puisse osciller autour d'un axe horizontal, de 60° de part et d'autre de la verticale. La distance entre l'axe de rotation et l'interface du câble et de l'embout d'extrémité doit être de 100 mm ± 10 mm (voir la Figure 4).

L'extrémité inférieure du câble doit être attachée à une vis guidée verticale et chargée par une masse appropriée de manière à obtenir une force résultante égale ou supérieure à 0,5 N par mm^2 de section de conducteur de câble en cuivre et de 0,15 N par mm^2 de section de conducteur de câble en aluminium.

Pendant un demi-cycle d'essai, le câble doit tourner de 90° dans la direction de détoronnage et revenir au repos. La durée d'un cycle doit être au moins de 5 s. L'essai doit être arrêté après 1 000 cycles. La position de départ doit être verticale.

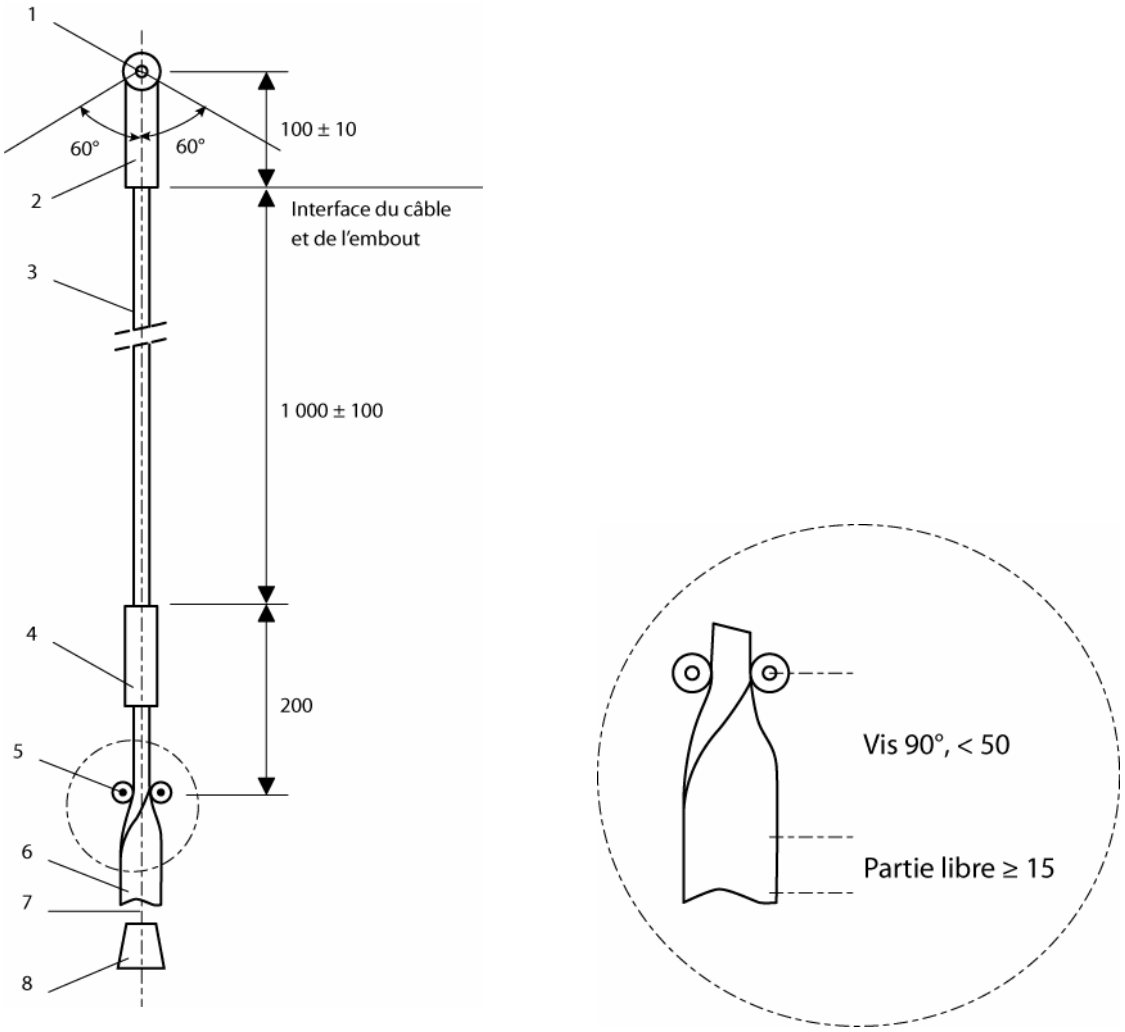
L'essai de pénétration d'humidité doit alors être réalisé selon 5.4.2.

La sanction de l'essai de fatigue doit être appliquée après l'essai de pénétration d'humidité.

Suite à l'essai, lors de la vérification du conducteur, l'isolation de l'extrémité supérieure du câble doit être enlevée et le conducteur doit être détoronné brin par brin car les dommages au conducteur peuvent débuter de l'intérieur.

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

Dimensions en millimètres



Légende

1	Axe d'oscillation
2	Embout d'extrémité
3	Câble
4	Embout d'extrémité ou connexion serrée entre le câble et l'élément 6
5	Rouleaux guidés, distance libre 6 mm ± 1 mm
6	Barre métallique, 40 mm × 5 mm
7	Fil
8	Poids pour obtenir une force résultante égale à 0,5 N par mm^2 de section de conducteur de câble en cuivre et à 0,15 N par mm^2 de section de conducteur de câble en aluminium

Figure 4 – Appareil pour essai de fatigue comprenant la flexion et la torsion

L'essai de fatigue doit être considéré comme réussi si:

– aucune craquelure ou pli n'est observé sur l'isolation du câble;
– pas plus de 1 % des brins du conducteur ne sont rompus.

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

5.4.2 Essais de pénétration d'humidité

L'essai doit être réalisé après l'essai de fatigue spécifié en 5.4.1 et en utilisant les mêmes éprouvettes d'essai.

5.4.2.1 Procédure d'essai

L'éprouvette doit être complètement immergée dans une solution spécifiée en 5.4.2.2 pour les câbles en cuivre et en 5.4.2.3 pour les câbles en aluminium.

Pour les câbles en cuivre, l'éprouvette doit être complètement immergée pendant au moins 45 min et maintenue pendant au moins 15 min dans chacune des trois positions différentes, semblables aux positions extrêmes et à la position médiane de l'essai de fatigue.

Pour les câbles en aluminium, l'éprouvette doit être complètement immergée pendant au moins 240 min et maintenue pendant au moins 80 min dans chacune des trois positions différentes, semblables aux positions extrêmes et à la position médiane de l'essai de fatigue.

A la fin de l'essai de pénétration d'humidité, l'isolation de l'extrémité supérieure du câble doit être enlevée pour réaliser l'inspection.

L'essai de pénétration d'humidité doit être considéré comme réussi si le conducteur de cuivre n'a pas noirci ou si le conducteur d'aluminium n'est pas devenu marron.

5.4.2.2 Solution de sulfure de sodium pour câble en cuivre

L'essai de pénétration d'humidité pour les câbles en cuivre doit être réalisé avec une solution de sulfure de sodium, préparée comme suit:

600 g de sulfure de sodium ($Na\ S \cdot 9\ H_2O$) doivent être dissous dans 3 l d'eau et mélangés pendant au moins 6 h avec un excès (au moins 750 g) de fleur de soufre, le liquide étant porté à une température de 40 °C. Laisser le soufre non dissous se déposer pour une période additionnelle de 6 h au moins et filtrer la solution. Ajuster la densité à 1,142 g/cm^3 en ajoutant de l'eau distillée ou du sodium saturé.

Avant de l'utiliser, la qualité de la solution de sulfure de sodium doit être vérifiée. Un morceau de fil de cuivre nu, immergé dans la solution, doit devenir noir en 5 s ou moins.

5.4.2.3 Solution de permanganate de potassium pour câble en aluminium

L'essai de pénétration d'humidité pour les câbles en aluminium doit être réalisé avec une solution de permanganate de potassium, préparée comme suit:

3 g de permanganate doivent être dissous dans 3 l d'eau et mélangés.

Avant de l'utiliser, la qualité de la solution de permanganate de potassium doit être vérifiée. Un morceau d'aluminium nu, immergé dans la solution, doit devenir marron en 4 h ou moins.

5.5 Essai de traction du câble muni de ses embouts d'extrémités

Chaque combinaison du câble et de ses embouts d'extrémités doit être essayée en utilisant trois éprouvettes d'essai.

Chaque éprouvette, ayant une longueur libre de câble de 50 cm ± 5 cm et ses embouts d'extrémité doit être soumise à une force de traction croissant linéairement pendant au moins 10 s jusqu'à la valeur correspondante donnée dans le Tableau 3 (par exemple, avec un câble en cuivre de 75 mm^2 de section assignée du conducteur, la force de traction N est: 80 × 75 = 6 000 N). La force spécifiée de traction doit être maintenue pendant 30 s puis supprimée. La traction doit être appliquée dans l'axe du câble.

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

L'essai doit être considéré comme réussi si aucune connexion ne s'est relâchée.

Tableau 3 – Force de traction appliquée à un câble muni de ses embouts d'extrémités

Section du conducteur A[a] mm^2	Force de traction Cuivre N	Force de traction Aluminium N
≤ 50	100 × A	60 × A
> 50	80 × A	50 × A
[a] « A » = la valeur de la section assignée du conducteur		

5.6 Essais des pinces, étaux, points fixes de connexion et connexions

Les pinces et les étaux doivent être essayés en les raccordant aux points fixes de connexion ou aux conducteurs ayant des dimensions, des formes et des surfaces pour lesquelles ils ont été conçus et en utilisant la méthode de raccordement recommandée par le fabricant.

Les essais de pinces ou d'étaux conçus pour une plage de tailles de conducteur ou de points de connexion, doivent consister en deux essais pour le plus grand et deux essais pour le plus petit conducteur ou point de connexion.

5.6.1 Essais pour les types à serrage à vis

Un couple de serrage doit être appliqué progressivement sur la vis de la pince ou de l'étau jusqu'à une valeur de 1,25 fois la valeur assignée de la force de serrage T_r donnée par le fabricant et ensuite maintenue à cette valeur pendant au moins 1 min.

NOTE Il convient que la valeur assignée soit définie en tenant compte de l'application la plus sévère.

L'essai doit être considéré comme réussi si aucun dommage tel que craquelure ou déformation, n'est observé sur la pince ou sur l'étau lors de la vérification visuelle réalisée après l'essai.

5.6.2 Essais pour les types autres qu'à serrage à vis

Pour les autres types de pinces et d'étaux, il n'y a pas d'essai requis. Il n'est pas possible d'imposer une contrainte exagérée à la pince lors de son installation.

5.7 Essai de courant de court-circuit

5.7.1 Généralités

Les forces électromagnétiques qui s'exercent sur le dispositif pendant un court-circuit dépendent de la configuration de l'installation, de l'emplacement des points de raccordement et, pour les dispositifs à câbles, de la relation entre la longueur de câble et la distance entre les points de raccordement. L'essai de courant de court-circuit doit simuler les contraintes les plus sévères auxquelles un dispositif peut être soumis en pratique.

La partie de court-circuit des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit monophasés ou polyphasés doit être essayée avec des montages d'essai simulant une installation unipolaire ou bipolaire.

Pour les dispositifs utilisés sur des réseaux à neutre indirectement mis à la terre, la valeur du courant de court-circuit correspondant au courant de défaut à la terre doit être appliquée, en conséquence, au câble de terre.

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

NOTE A la demande du client, l'essai peut être réalisé avec un montage d'essai triphasé correspondant à l'installation à mettre à la terre, ou sur l'installation elle-même. Des sources triphasées peuvent être utilisées après accord entre le fabricant et le client et à la fréquence correspondant à celle de l'installation.

Dans le cas des équipements, les composant(s) isolant(s) qui sont détachables ne sont pas soumis à l'essai, tandis que les composant(s) isolant(s) non détachables doivent être soumis à l'essai.

Suivant la conception des pinces et étaux, les essais doivent se dérouler de manière différente:

a) Lorsque le dispositif est conçu pour une seule taille de conducteur ou pour une seule forme et une seule dimension de point de connexion, l'essai doit être réalisé trois fois avec ce conducteur ou ce point de connexion, en utilisant chaque fois une éprouvette d'essai différente.

b) Lorsque le dispositif est conçu pour une plage de tailles de conducteur que la pince ou l'étau peut accepter, quatre essais doivent être réalisés en utilisant chaque fois une éprouvette d'essai différente. Deux essais doivent être réalisés sur la taille maximale du conducteur à la valeur de courant assigné du dispositif. Deux essais doivent être réalisés sur la taille minimale du conducteur à la valeur de courant assigné correspondant au conducteur de la taille minimale.

c) Lorsque le dispositif est conçu pour être utilisé sur différentes formes de points de connexion, l'essai doit être réalisé deux fois pour chaque forme pour laquelle la pince ou l'étau est conçu, en utilisant chaque fois une éprouvette d'essai différente.

d) Dans le cas d'une pince ou étau acceptant plusieurs formes et plusieurs tailles de points de connexion, chaque forme et chaque taille doit être soumise à l'essai deux fois en configuration de courant maximal et deux fois en configuration de courant minimal, en utilisant chaque fois une éprouvette d'essai différente. Des exemples de combinaisons sont donnés en Figure 5.

Tous les essais utilisant les montages d'essai normalisés doivent être réalisés avec un courant alternatif monophasé ou un courant alternatif à parcours unique et à une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz pour l'application aux réseaux et aux installations.

NOTE L'application d'un court-circuit en courant alternatif est plus sévère que celle en courant continu. En conséquence, un dispositif essayé en courant alternatif pourrait être utilisé en courant continu avec la même valeur de courant assigné. Après accord entre un client et un fabricant, le client pourrait demander un essai en courant continu réalisé conformément à sa propre spécification.

Tous les types de parcours de courant entre les points de raccordement qui peuvent être soumis aux courants de court-circuit doivent faire l'objet d'essai au moins deux fois. Le nombre total d'essais dépend du type de dispositifs, tel qu'expliqué ci-dessus. Les dispositifs qui sont spécifiés pour utilisation sur des réseaux ayant le neutre mis directement à la terre doivent par conséquent être essayés entre phase et terre aussi bien qu'entre phases.

Dans le cas de dispositifs polyphasés utilisant des câbles en parallèle, lorsque une pince distincte est utilisée pour chaque câble, les essais doivent être réalisés avec les pinces accrochées le plus près possible l'une de l'autre.

Dans le cas de composants séparés, ils doivent être assemblés dans une éprouvette d'essai en forme de dispositif et soumis à l'essai de courant de court-circuit. Le fabricant doit fournir la documentation relative aux montages utilisés pour qualifier les composants séparés.

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

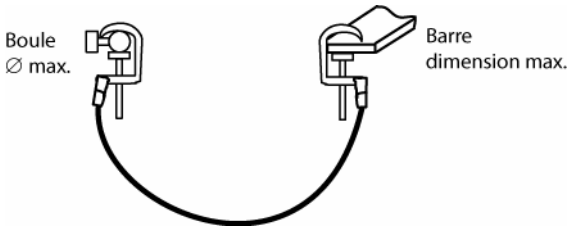


Figure 5a – Combinaison boule et barre de taille maximale

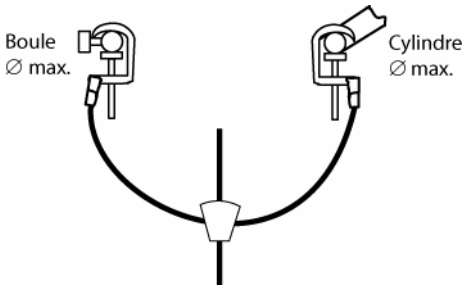


Figure 5b – Combinaison boule et cylindre de taille maximale

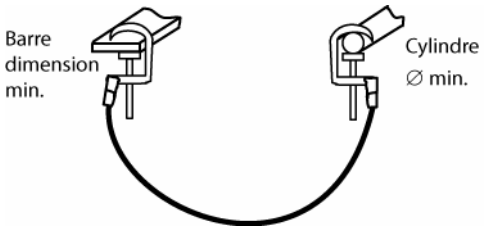


Figure 5c – Combinaison barre et cylindre de taille minimale

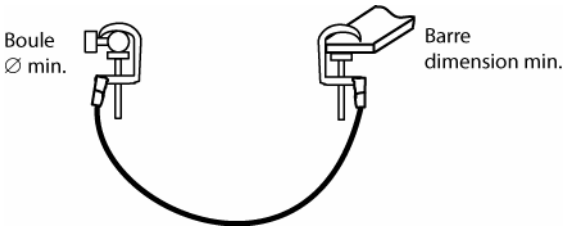


Figure 5d – Combinaison boule et barre de taille minimale

NOTE Dans les Figures 5a, 5c et 5d, les câbles peuvent être des câbles de court-circuit ou des câbles de terre.

Figure 5 – Exemples de combinaisons multiples de pinces ou étaux acceptant différentes formes et tailles de points de connexion

5.7.2 Préparation des éprouvettes d'essai

Si les branches des dispositifs polyphasés ne sont pas identiques, l'essai doit être réalisé avec celles qui présentent le plus grand nombre de contacts dans le circuit parcouru par le courant, de pince à pince ou de pince à étau. Les autres branches ayant une influence sur l'essai, telles que celles utilisant le même point fixe de connexion à la terre doivent également être incluses. Une nouvelle éprouvette d'essai ou une éprouvette d'essai différente doit être utilisée pour chaque essai. Par exemple, pour trois essais, il faut trois éprouvettes d'essai.

5.7.2.1 Dimensions

Les dimensions des éprouvettes d'essai sont spécifiées aux Figures 6, 7 et 8. Les dimensions peuvent être conformes à celles du Tableau 1 pour des usages spécifiques. Les longueurs des câbles d'interconnexion et de la rallonge conductrice, le cas échéant, n'incluent pas les pinces et les blocs de jonction sauf indication précise. Ces longueurs sont considérées comme des longueurs minimales.

5.7.2.2 Bouts morts

Les branches du dispositif qui ne sont pas parcourues par le courant d'essai doivent être incluses dans l'éprouvette sous forme de bouts morts d'une longueur de 300 mm. Si la longueur de la branche est inférieure à 300 mm, par exemple pour les installations de basse tension, la longueur du bout mort doit être la longueur donnée par le fabricant. Dans tous les cas, la longueur du bout mort est laissée libre pendant l'essai de courant de court-circuit mais elle doit être isolée de manière à éviter un court-circuit accidentel.

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

5.7.2.3 Conditionnement préalable des pinces et étaux ainsi que des boulons et écrous associés

Les pinces, les étaux et les boulons et écrous associés doivent être conditionnés avant l'essai. Pendant le conditionnement préalable, les contacts internes des boulons et écrous doivent être protégés, par exemple avec un assemblage semblable à l'assemblage final (embouts d'extrémité de câble et pinces ou étaux).

Le conditionnement préalable doit être réalisé en nettoyant les surfaces de contact avec de l'isopropanol (CH_3-CH(OH)-CH_3) et en les séchant ensuite dans l'air pendant 15 min. La pince doit alors être conditionnée pour vieillissement dans une chambre climatique pendant 48 h selon la CEI 60068-2-11. Les éprouvettes doivent être positionnées de la même façon que durant l'essai de court-circuit.

NOTE Il est du devoir de l'employeur de s'assurer que les règles de sécurité et que la législation applicable sont respectées lors de l'emploi de produits chimiques.

Après conditionnement, les éprouvettes d'essai doivent être lavées à l'eau courante du robinet pendant au plus 5 min, puis secouées à la main ou soufflées à l'air pour enlever les gouttelettes d'eau. Les parties des pinces qui seront en contact avec les parties du montage d'essai (conducteurs et points fixes de connexion) doivent être nettoyées avec un chiffon sec afin d'éliminer les dépôts de sel restants.

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

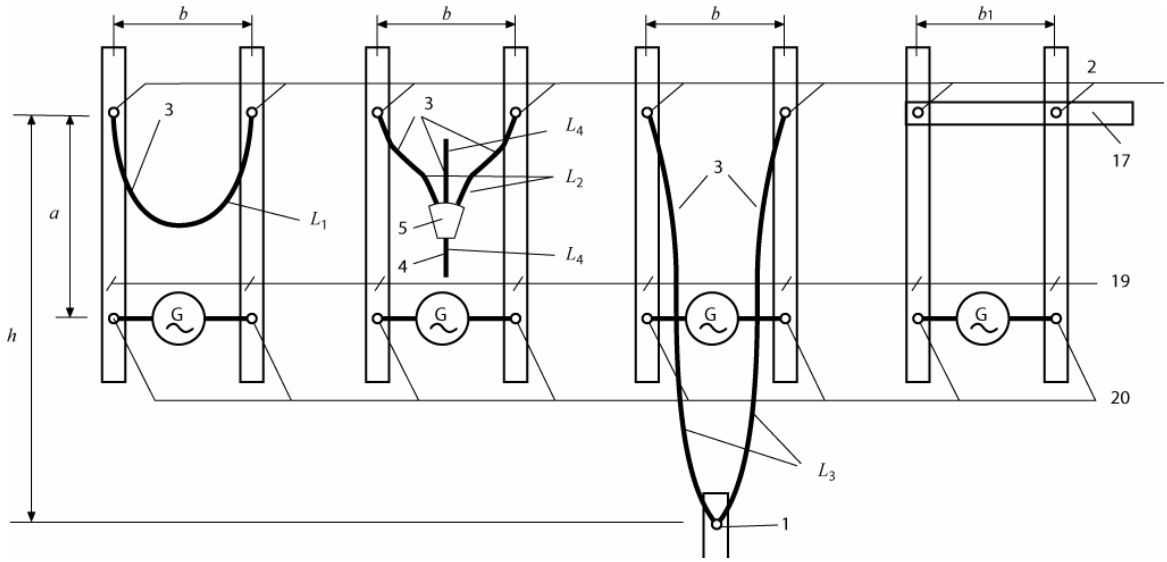


Figure 6a – Pour essai de dispositifs de court-circuit avec câbles selon les Figures 2b et 2e

Figure 6b – Pour essai de dispositifs de court-circuit avec câbles selon la Figure 2a

Figure 6c – Pour essais de dispositifs de court-circuit avec câbles selon les Figures 2c et 2d

Figure 6d – Pour essais de dispositifs de court-circuit avec barres selon la Figure 3

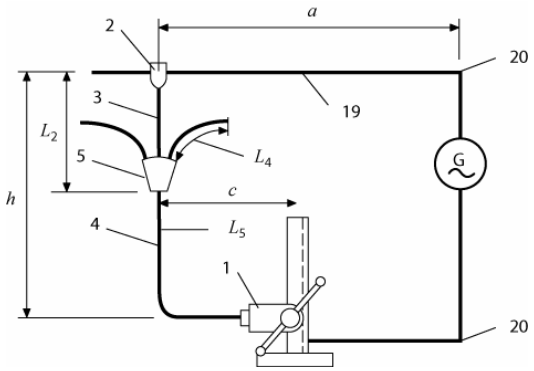


Figure 6e – Pour essai de câble de terre selon la Figure 2a

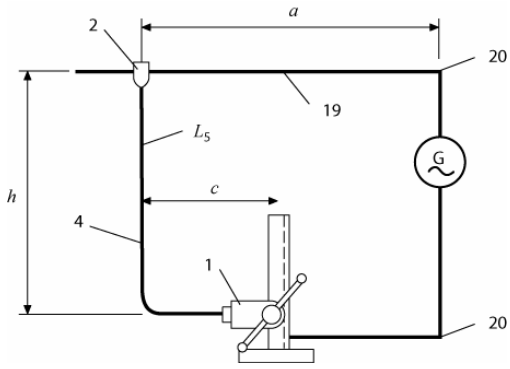


Figure 6f – Pour essai de câble de terre selon la Figure 3

Légende

1 Etau de terre (séparé électriquement dans le montage d'essai)
2 Pince de conducteur
3 Câble(s) de court-circuit
4 Câble(s) de terre
5 Bloc de jonction
17 Barre de court-circuit
19 Conducteur rigide du montage d'essai de type(s) adapté(s) à la pince à essayer
20 Point d'alimentation en courant
a Distance entre le point d'alimentation en courant et la pince ou entre le point d'alimentation en courant et la connexion du (des) câble(s) de terre, minimum 2 000 mm (*)
b Distance entre les pinces de conducteur, 500 mm (*)
b_1 Distance décidée au cas par cas
c Distance horizontale entre le(s) câble(s) vertical(aux) et le point de connexion de l'étau de terre, 1 000 mm (*)
h Distance verticale entre les points de connexion au conducteur et à la terre, 2 000 mm(*)
L_1 Longueur de câble entre les pinces, 1 000 mm (*)
L_2 Longueur de câble entre la pince de conducteur et le bloc de jonction, 750 mm (*)
L_3 Longueur de câble entre la pince de conducteur et l'étau de terre, 2 500 mm (*)
L_4 Longueur des bouts morts, 300 mm (*)
L_5 Longueur de câble entre le bloc de jonction et l'étau de terre, 2 500 mm (*)

(*) Les longueurs données sont les longueurs normalisées, il convient de modifier la longueur exigée selon les dimensions réelles du site de travail

Figure 6 – Montages d'essai pour dispositifs polyphasés pour raccordement entre des conducteurs rigides pour postes

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

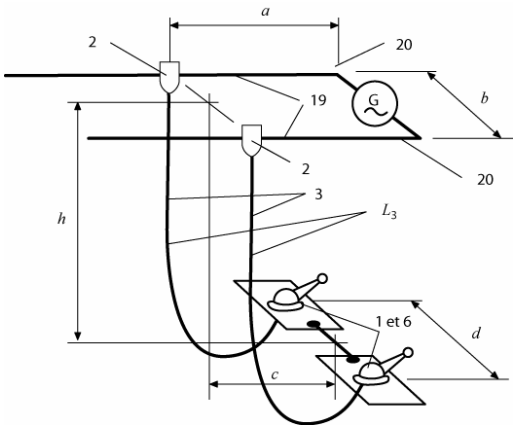


Figure 7a – Pour essai de dispositifs selon les Figures 2c et 2d

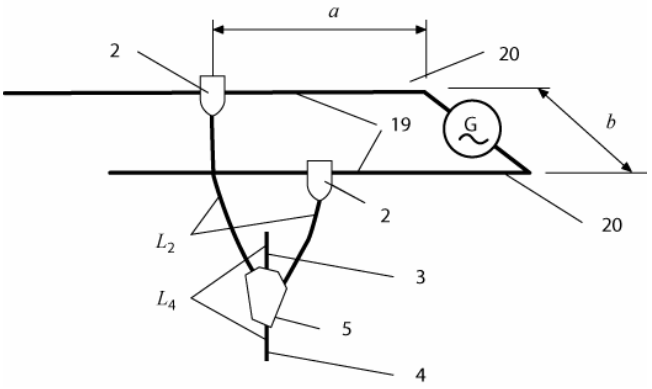


Figure 7b – Pour essai de dispositifs selon la Figure 2a

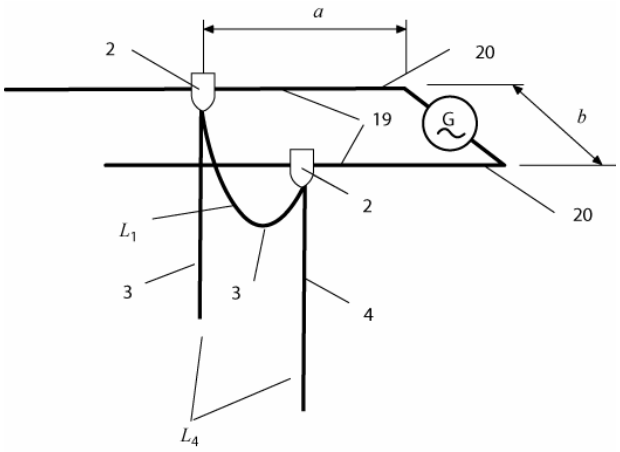


Figure 7c – Pour essai de dispositifs selon les Figures 2b et 2e

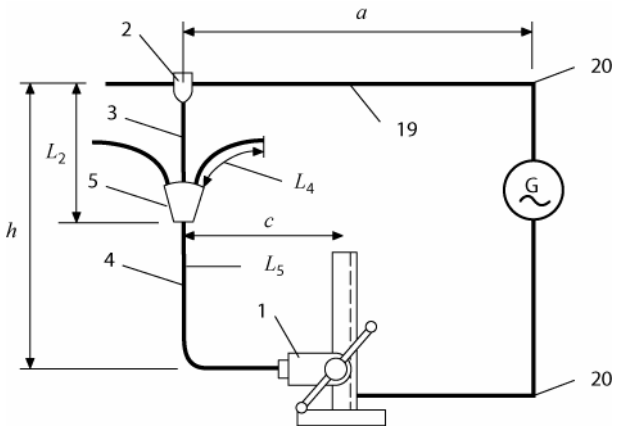


Figure 7d – Pour essai de câble de terre selon la Figure 2a

Légende

1 Etau de terre (séparé électriquement dans le montage d'essai)
2 Pince de conducteur
3 Câble(s) de court-circuit
4 Câble(s) de terre
5 Bloc de jonction
6 Point fixe de connexion à la terre (séparé électriquement dans le montage d'essai)
19 Conducteur du montage d'essai, de type(s) adapté(s) à la pince à essayer
20 Point d'alimentation en courant
a Distance entre la pince de conducteur et le point d'alimentation en courant, minimum 2 000 mm (*) ou moins pour une installation BT
b Distance horizontale entre les conducteurs du montage d'essai 1 000 mm (*)
c Distance horizontale entre le(s) câble(s) vertical(aux) et le point de connexion de l'étau de terre, 1 000 mm (*)
d Distance minimale spécifiée dans les instructions d'emploi du fabricant. Si aucune valeur n'est donnée, l'essai doit être réalisé avec d = 0
h Distance verticale entre les points de raccordement au conducteur et à la terre, 4 000 mm (*)
L_1 Longueur de câble entre les pinces, 2 000 mm (*)
L_2 Longueur de câble entre la pince de conducteur et le bloc de jonction, 1 500 mm (*)
L_3 Longueur de câble entre la pince de conducteur et l'étau de terre, 5 000 mm (*)
L_4 Longueur des bouts morts, 300 mm (*)
L_5 Longueur de câble entre le bloc de jonction et l'étau de terre, 3 500 mm (*)
(*) Les longueurs données sont les longueurs normalisées, il convient de modifier la longueur exigée selon les dimensions réelles du site de travail

Figure 7 – Montages d'essai pour dispositifs de court-circuit polyphasés pour lignes aériennes

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

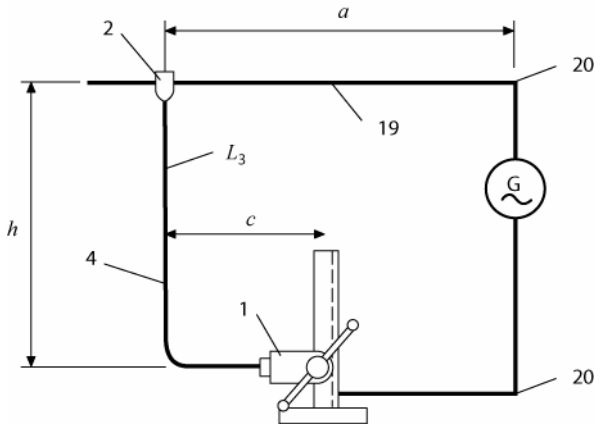


Figure 8a – Pour essai de dispositifs monophasés pour lignes aériennes et postes ouverts selon la Figure 2f

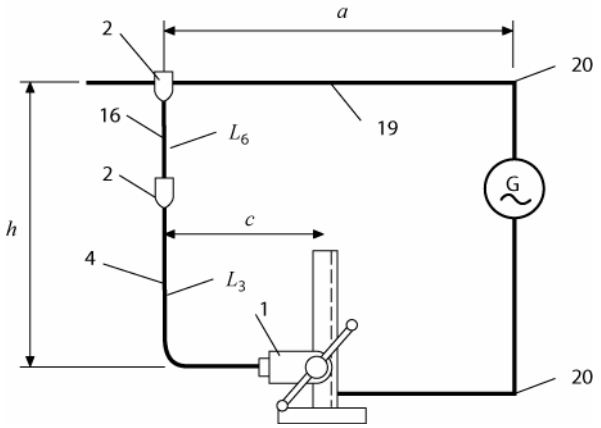


Figure 8b – Pour essai de dispositifs monophasés avec rallonge conductrice pour lignes aériennes et postes ouverts selon la Figure 2g

Légende

1	Etau de terre (séparé électriquement dans le montage d'essai)
2	Pince de conducteur
3	Câble(s) de court-circuit
4	Câble(s) de terre
5	Bloc de jonction
16	Rallonge conductrice
19	Conducteur rigide ou non du montage d'essai, de type(s) adapté(s) à la pince à essayer
20	Point d'alimentation en courant
a	Distance entre la pince de conducteur et le point d'alimentation en courant, minimum 2 000 mm
c	Distance horizontale entre le(s) câble(s) vertical(aux) et le point de connexion de l'étau de terre, 1 000 mm
h	Distance verticale entre le conducteur de ligne et le point de connexion à la terre, 4 000 mm ou 8 000 mm
L_3	Longueur de câble entre la pince de conducteur et l'étau de terre, 5 000 mm
L_6	Longueur de la rallonge conductrice, 5 000 mm
(*)	Les longueurs données sont les longueurs normalisées, il convient de modifier la longueur exigée selon les dimensions réelles du site de travail

Figure 8 – Montages d'essai pour dispositifs monophasés pour lignes aériennes et pour postes ouverts

5.7.3 Montages d'essai et agencements

Des montages d'essai sont spécifiés dans les Figures 6, 7 et 8. Ils doivent être équipés de points de connexion adaptés ou de conducteurs aux dimensions, formes et surfaces adaptées aux pinces et étaux des dispositifs à essayer.

Les dispositifs qui ne s'adaptent pas dans les montages d'essais normalisés doivent être essayés dans un montage d'essai spécial, construit suivant les mêmes principes que les montages normalisés, ou représentant aussi près que possible les conditions des installations pour lesquelles ils ont été conçus.

Les montages d'essai pour dispositifs de mise à la terre et en court-circuit polyphasés pour des raccordements entre des conducteurs rigides et pour des applications dans les postes sont spécifiés dans la Figure 6. Une disposition verticale avec une alimentation par le bas est toujours utilisée pour représenter les conditions les plus défavorables, telle que décrite aux Figures 6, 7 et 8.

NOTE Les montages d'essais triphasés ne sont pas spécifiés dans cette norme et sont laissés à l'agrément entre client et fabricant.

Les montages d'essai suivant la Figure 7 sont conçus pour les dispositifs polyphasés de mise à la terre et en court-circuit utilisés pour les lignes aériennes.

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

Les montages d'essai de la Figure 8 sont conçus pour les dispositifs monophasés de mise à la terre et en court-circuit pour les postes ouverts et les lignes aériennes. Ces montages d'essai doivent être utilisés pour les câbles de terre des dispositifs polyphasés.

Les essais doivent être représentatifs des conditions dans lesquelles le dispositif est normalement utilisé. Lorsque les pinces de conducteur sont directement connectées sur des conducteurs de ligne, les matériaux des conducteurs doivent être usagés. Les conducteurs neufs en cuivre, en aluminium ou en alliage d'aluminium doivent subir, pendant dix jours, une épreuve de vieillissement artificiel conforme à la CEI 60068-2-42.

Le nettoyage et le polissage du conducteur ou des points de raccordement n'est pas permis mais le nettoyage des résidus de poussière ou de sel est nécessaire avant l'essai.

Toutes les branches de pince à pince ou de pince à étau doivent être essayées et raccordées au montage d'essai approprié selon les agencements des Figures 6, 7 et 8.

Pour les essais, les pinces et étaux doivent être serrés ou positionnés suivant les instructions d'emploi du fabricant ou de l'assembleur final.

5.7.4 Courant d'essai, intégrale de Joule et durée

5.7.4.1 Composante alternative du courant d'essai I_t

La composante alternative du courant d'essai I_t doit être égale à 1,15 fois le courant assigné I_r ($I_t = 1{,}15 \cdot I_r$).

5.7.4.2 Courant de crête de la première onde du courant d'essai $\hat{\imath}_{tm}$

Le courant de crête de la première onde du courant d'essai $\hat{\imath}_{tm}$ ne doit pas être inférieure à la composante alternative du courant d'essai multipliée par le facteur de crête du courant n ($\hat{\imath}_{tm} \geq n \cdot I_t$).

Pour les installations de haute tension (> 1 000 V à courant alternatif) un facteur de crête du courant de 2,5 doit être utilisé dans le cas d'équipement à 50 Hz et un facteur de crête du courant de 2,6 doit être utilisé dans le cas d'équipement à 60 Hz. Pour les installations de basse tension (U ≤ 1 000 V à courant alternatif), un facteur de crête de 2 doit être utilisé.

NOTE Le facteur de crête du courant de valeur 2,5 pour 50 Hz ou 2,6 pour 60 Hz a été choisi comme valeur commune pour les installations de haute tension mais pourrait être supérieur en fonction des caractéristiques de l'installation (voir C.5).

5.7.4.3 Temps d'essai t_t

Le courant alternatif d'essai I_t doit être appliqué pour un temps t_t inférieur ou égal à 1,15 fois le temps assigné t_r.

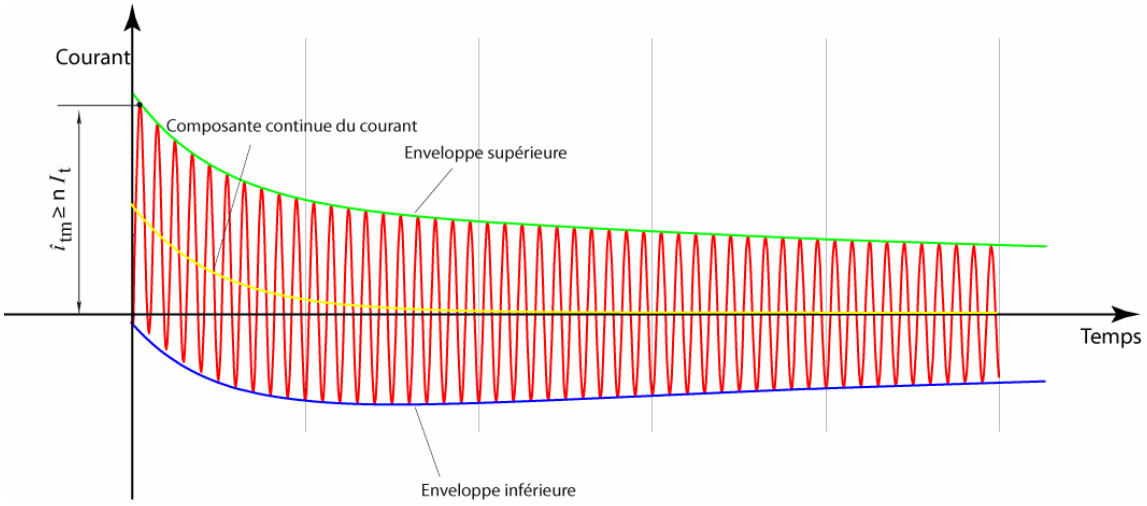
5.7.4.4 Intégrale de Joule

Lorsqu'il est impossible d'obtenir le facteur de crête avec les moyens d'essai disponibles, il est permis d'accroître la composante alternative du courant d'essai à une valeur I_t' pour obtenir le courant de crête de la première onde spécifié en 5.7.4.2 ($\hat{\imath}_{tm} \geq n \times I_t$). Dans un tel cas, la durée de l'essai t_t peut être réduite de façon à satisfaire l'exigence de l'intégrale de Joule définie ci-après.

L'intégrale de Joule $I_t'^2 \times t_t$ doit être égale ou supérieure à $I_t^{\,2} \times t_r$.

La forme du courant de court-circuit est illustrée à la Figure 9.

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



Légende

$\hat{\imath}_{tm}$ Courant de crête de la première onde du courant d'essai

I_t Composante alternative du courant d'essai

Figure 9 – Forme du courant de court-circuit en cours d'essai

Dans le cas où, pour déterminer la valeur $I_t^2 \times t_t$, aucune autre méthode est disponible, la valeur doit être déterminée en utilisant l'oscillogramme et en appliquant la méthode d'évaluation de I_t donnée à l'Annexe D.

5.7.4.5 Tolérances

Les tolérances qui s'appliquent pendant l'essai ne doivent pas dépasser les valeurs qui suivent, sans l'accord du fabricant:

– + 5 % pour le courant de crête;
– + 10 % pour l'intégrale de Joule.

5.7.5 Documentation et évaluation de l'essai

Durant l'essai de courant de court-circuit, les courbes de tension et de courant doivent être enregistrées. L'enregistrement doit être utilisé pour déterminer le courant de crête, l'intégrale de Joule, le temps d'essai et le courant à la fin du temps d'essai.

Le déplacement, le glissement ou la rotation des pinces ou des étaux sur les points de raccordement sont permis tant que le courant d'essai n'est pas interrompu. Des étincelles sont permises tant qu'il est possible d'enlever la pince ou l'étau après l'essai, avec la seule aide du composant isolant dédié (perche de mise à la terre ou autre), ou du moyen isolant requis.

Un rapport d'essai doit être établi comprenant en plus des résultats de l'essai, au moins ce qui suit:

– une désignation précise du dispositif ou du composant essayé;
– une description des agencements d'essai, si nécessaire accompagnée de photographies et/ou de dessins;
– un enregistrement incluant une ligne de temps et des échelles pour la tension d'essai et le courant d'essai.

L'essai doit être considéré comme réussi si l'enregistrement indique:

– qu'il n'y a pas d'interruption de courant durant le temps d'essai;

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

– que les valeurs mesurées du courant de crête, de l'intégrale de Joule, du temps d'essai et du courant efficace sont en accord avec celles prescrites en 5.7.4.

NOTE Le résultat d'essai est acceptable en pratique pour des câbles de longueur jusqu'à deux fois celle du dispositif soumis à l'essai ou pour une impédance additionnelle équivalente placée entre le point de raccordement du dispositif de court-circuit et le lieu de travail que l'on veut protéger. Pour la protection du travailleur, s'il y a d'autres impédances additionnelles dans l'application pratique, il convient pour le client d'évaluer la conformité à la combinaison des CEI 60479-1 et CEI 61201 et le besoin d'essais additionnels.

5.7.6 Moyen alternatif à l'essai de courant de court-circuit pour évaluer la conformité durant la phase de production

En fin de production, il n'y a pas vraiment d'essai alternatif à l'essai de courant de court-circuit pour vérifier la conformité à l'exigence qui y est associée. Néanmoins, le fabricant ou l'assembleur final doit prouver qu'il a respecté la même procédure d'assemblage documentée, en utilisant des composants identiques à ceux utilisés dans le dispositif soumis à l'essai de type (voir l'Annexe F).

5.8 Durabilité du marquage

La durabilité du marquage doit être vérifiée en nettoyant complètement le marquage pendant au moins 1 min avec un chiffon non pelucheux trempé dans de l'eau, puis en frottant vigoureusement à nouveau pendant au moins 1 min avec un chiffon non pelucheux trempé dans de l'isopropanol (CH_3-CH(OH)-CH_3).

L'essai doit être considéré comme réussi si les marquages restent lisibles et si les caractères ne bavent pas.

La surface de l'équipement ou du composant peut changer. Aucun signe de perte des étiquettes ne doit apparaître.

NOTE Cet essai ne concerne pas les marquages en surépaisseur ou en gravure.

6 Evaluation de la conformité

De manière à gérer l'évaluation de la conformité pendant la phase de production, la CEI 61318 doit être utilisée en conjonction avec la présente norme.

L'Annexe F, résultant d'une analyse du risque visant la performance de l'équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, fournit la classification des défauts et identifie les essais associés qui sont applicables en fin de production.

7 Modifications

Toute modification de la conception des composants ou des matériaux affectant la performance de l'équipement de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit (ou celle d'un de ses composants) doit exiger que les essais de type soient repris, en tout ou en partie, aussi bien qu'un changement de la documentation écrite de référence.

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

Annexe A
(informative)

Guide pour les équipements portables de mise à la terre pour utilisation sur les réseaux ferroviaires

A.1 Généralités

Cette annexe est donnée comme guide d'application de la présente norme aux réseaux ferroviaires lorsque les exigences du client sont différentes de celles de la norme. Il convient que les valeurs requises soient amendées suivant l'application sur le site. Il convient qu'un accord soit établi entre le client et le fabricant.

NOTE Les références aux articles et paragraphes entre parenthèses sont celles correspondant au corps de la présente norme.

A.2 Définitions (3)

Les termes et les définitions de l'Article 3 sont applicables à l'exception des suivants:

A.2.1 Etau de terre (3.6)

Pour les réseaux ferroviaires, l'étau de terre est remplacé par un «étau de rail» et le conducteur de terre est le rail lui-même.

A.2.2 Pince de conducteur (3.17)

Pour les réseaux ferroviaires, la pince de conducteur est remplacée par une «pince de caténaire» et elle est connectée à la caténaire.

A.2.3 Equipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit (3.20)

Pour les réseaux ferroviaires, l'équipement est utilisé uniquement pour la mise à la terre et est appelé « équipement portable de mise à la terre ».

A.3 Exigences (4)

A.3.1 Valeurs assignées électriques (4.2)

Pour les réseaux ferroviaires, il convient de vérifier les données de temps assigné, de courant de court-circuit assigné et de facteur de crête auprès du responsable de l'infrastructure du réseau, et il convient de prendre en compte les cycles particuliers de courant de transit (I_{tr}) dans les réseaux à courant continu (voir A.4.3 pour l'essai correspondant).

A.3.2 Câbles pour mise à la terre (4.3)

Les équipements de mise à la terre pour réseaux ferroviaires peuvent être laissés sur place, installés ou déposés le long de la voie pour usage ultérieur, pendant toute la période planifiée de travail. Pour cette raison, il convient d'exiger que les câbles aient une flexibilité adéquate dans des conditions froides.

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

A.3.3 Pinces et étaux (4.6)

Il convient que les pinces et étaux soient soumis au courant de transit et au courant de court-circuit. Il convient que les pinces et étaux soient résistants pour être utilisés pendant une longue période de temps et soient adaptés à la forme des rails et des caténaires.

Il convient que la pince de caténaire soit de type à serrage ou de type posé par gravité sur la caténaire.

Il convient que l'étau de rail soit résistant aux vibrations provenant de la circulation d'un train sur la voie adjacente pendant le travail (voir A.4.2 pour l'essai correspondant).

A.3.4 Dispositif de mise à la terre (4.7)

Pour l'application ferroviaire, en complément, il convient que tous les conducteurs et toutes les connexions du dispositif résistent au courant continu de transit (voir A.4.2 pour l'essai correspondant).

A.4 Essais (5)

NOTE Les valeurs données dans les paragraphes suivants sont données à titre d'exemple. Elles ne sont pas obligatoires et il convient de les adapter aux réseaux ferroviaires servant de référence.

A.4.1 Essais pour la sélection des câbles (5.3)

A.4.1.1 Essai de coup de fouet

Il convient d'exiger un essai de coup de fouet (clashing) puisque les équipements ferroviaires sont utilisés suivant des conditions sévères (voir CEI 61138).

A.4.1.2 Essai de flexibilité sous conditions froides

Si la flexibilité des câbles sous conditions froides selon la CEI 61138 n'est pas considérée comme suffisante, il convient pour le client de définir un nouvel essai et de le soumettre au fabricant.

A.4.2 Essai sur pinces et étaux (5.6)

Pour les réseaux ferroviaires, il convient de soumettre l'étau de rail à un essai aux vibrations par suite de la possibilité de circulation de trains sur la voie adjacente pendant le travail.

A.4.3 Essai de courant de court-circuit

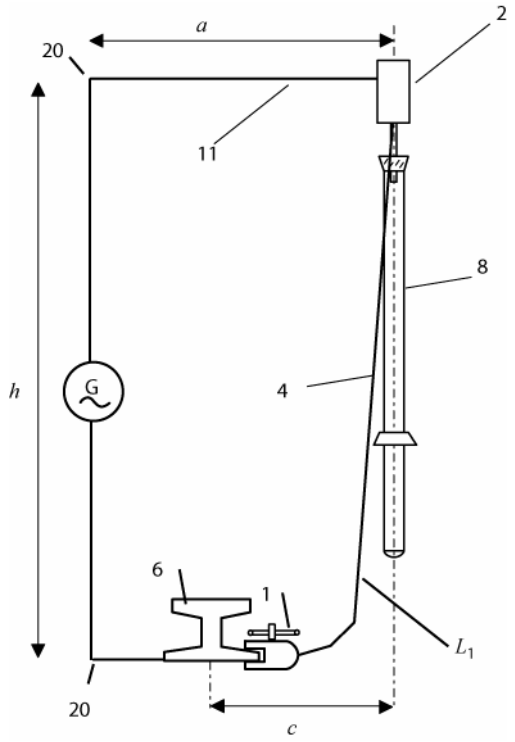
A.4.3.1 Généralités (5.7.1)

Il convient de réaliser les essais en courants alternatif et continu avec des montages d'essai monophasés tels que prescrits par le client. Pour les essais à courant continu, il convient de définir la source avec l'aide des laboratoires ou des centres d'essai ou d'utiliser le réseau ferroviaire lui-même. Pour les essais en courant alternatif, il convient que la plage de fréquences soit de 16 Hz à 60 Hz.

A.4.3.2 Montage d'essai et agencement (5.7.3)

Il convient d'utiliser les dispositifs monophasés pour les réseaux ferroviaires (voir Figure A.1). Il convient que les rails et caténaires soient anciens ou pré-conditionnés selon la présente norme. Si des sections différentes de caténaires sont utilisées, il convient que la plus petite section soit toujours choisie pour les essais.

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



Légende

1	Étau de rail
2	Pince de caténaire
4	Câble(s) de terre
6	Rail
8	Element isolant de la perche de mise à la terre
11	Caténaire
20	Point d'alimentation en courant
a	Distance entre la pince de caténaire et le point d'alimentation en courant, minimum 2 000 mm (*)
h	Distance verticale entre la caténaire et le point de raccordement au rail, minimum 5 000 mm (*)
c	Distance horizontale entre les points de raccordement à la caténaire et au rail, 1 000 mm (*)
L_1	Longueur de câble de terre entre la pince de caténaire et l'étau de rail, 10 000 mm (*)
(*)	Les longueurs données sont les longueurs normalisées, il convient de modifier la longueur exigée selon les dimensions réelles du site de travail

Figure A.1 – Montage d'essai pour équipement monophasé pour réseaux ferroviaires

A.4.3.3 **Valeurs d'essai** (5.7.4)

Pour le courant de court-circuit et pour le courant de transit, il convient d'appliquer des valeurs différentes de celles de la présente norme pour le courant assigné, le temps assigné et le facteur de crête, le cas échéant, en se référant à l'application sur site.

A.5 **Perche de mise à la terre** (B.3 et B.4)

Pour l'application aux réseaux ferroviaires, il convient d'exiger un essai de flexion alternatif sur les perches de mise à la terre pour simuler le travailleur marchant avec la perche sur l'épaule.

Il convient que cet essai remplace l'essai de flexion de B.3 et de torsion de B.4.

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

A.6 Sélection (C.2)

Avant utilisation, il convient de développer des procédures spécifiques pour utiliser ces équipements avec de longs câbles.

Il convient de définir des valeurs spécifiques de courant et d'intégrale de Joule en accord avec la réglementation ferroviaire.

A.7 Sélection de la section du câble (C.2.2.1)

Un exemple de calcul de la valeur de courant de court-circuit est donné comme suit.

Avec une température initiale de 20 °C et une température finale de 450 °C, il convient que la densité de courant soit de 225 A/mm^2, pour le câble de court-circuit.

NOTE Du fait du courant de transit, il convient que la température initiale soit supérieure à 20 °C.

Le facteur de correction pour le temps de court-circuit égal ou plus petit que 0,12 s est de 2,9.

$$I = 225 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 2{,}9 = 22{,}8 \text{ kA}$$

D'autres valeurs sont données au Tableau A.1

Tableau A.1 – Valeurs de courant de court-circuit pour câbles de cuivre et avec une température maximale de 450 °C

Section mm^2	**Courant pour temps de court-circuit ≤ 0,12 s** kA
16	10,4
25	16,3
35	22,8
50	32,8
70	45,7
95	62

NOTE Le tableau ne tient pas compte des conséquences d'un ré-enclenchement qui pourrait augmenter la température des câbles.

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

Annexe B
(informative)

Guide pour les perches de mise à la terre

B.1 Recommandations

Ces recommandations sont applicables aux perches de mise à la terre, détachables ou non, faisant office de composant isolant d'un équipement complet.

Il convient que la perche de mise à la terre, qu'elle soit fournie par le fabricant du dispositif de mise à la terre et en court-circuit ou par un fabricant séparé, soit conçue en accord avec la spécification du fabricant ou du client tout en respectant la méthode de travail.

Il convient que la perche de mise à la terre procure une sécurité en ce qui concerne les propriétés isolantes, les distances d'isolement dans l'air, la manipulation et les poids des composants.

Il convient qu'aucun câble ne descende de façon permanente le long de l'élément isolant de la perche de mise à la terre, à l'extérieur ou à l'intérieur de celle-ci, à moins que le niveau d'isolation du câble et de la perche en parallèle ne soit suffisant pour se conformer aux exigences d'isolation qui correspondent à la tension de service de l'installation.

B.1.1 Considérations d'isolation

L'isolation de sécurité du travailleur est obtenue par la conception correcte et l'utilisation de longueurs adéquates d'éléments isolants fabriqués suivant les normes qui s'appliquent (CEI, nationales ou régionales, telle la EN 50508) ou suivant la règlementation nationale.

La longueur d'une perche de mise à la terre n'est pas généralement déterminée par le besoin d'isolation mais par la nécessité de maintenir l'opérateur suffisamment loin des parties de l'installation non mises à la terre pendant la procédure de mise à la terre et en court-circuit, et en vue d'atteindre le point de raccordement.

Les distances d'isolement dans l'air telles que spécifiées dans la CEI 60071-1, la CEI 60071-2 ou la CEI 61936-1, ou encore telles que calculées en suivant la CEI 61472 (pour 72,5 kV et au-dessus) donnent une base permettant de déterminer les longueurs minimales des perches de mise à la terre. Il convient d'exiger une longueur adéquate de l'élément isolant pour satisfaire la sécurité dépendant de la tension nominale de l'installation et en accord avec la procédure de travail. On pourrait aussi sélectionner cette longueur en fonction d'une estimation adéquate de la valeur de tension résiduelle après le début de la procédure de mise hors tension (séparation).

B.1.2 Considérations mécaniques

Il convient que la perche de mise à la terre et ses jonctions résistent aux contraintes de flexion et de torsion produites par la charge et par les forces de serrage. Il convient de réduire la flèche au minimum, afin d'éviter des mouvements incontrôlables.

Il convient d'employer la CEI 60855 ou la CEI 61235 pour la sélection des éléments isolants afin de respecter les caractéristiques de flexion, de torsion et de la flèche. Pour les travaux sous tension, afin d'obtenir la longueur adéquate de la perche, la sélection d'une longueur appropriée de tubes creux peut être faite en complément de l'élément isolant.

Des adaptateurs différents de ceux spécifiés dans la CEI 60832 peuvent être utilisés pour permettre plusieurs usages.

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

Il convient d'indiquer dans les instructions d'emploi les longueurs minimales et maximales permises et les limites mécaniques et électriques de composition de la perche, qui peut être constituée de plusieurs parties ou sections.

En utilisation normale, il convient que les forces de flexion et de torsion n'occasionnent pas de dommages aux perches de mise à la terre. Il convient que la conformité soit assurée par des essais effectués suivant B.3 et B.4.

Pour les perches de mise à la terre des dispositifs ayant des pinces à gravité ou des pinces à ressort (pour lesquelles une valeur de traction de tirer-pousser est seulement nécessaire), il convient que les embouts amovibles entre une perche de mise à la terre et la pince de conducteur ou la rallonge conductrice (voir Figure 1, élément 14), ou la barre de court-circuit permettent la mise en place et l'enlèvement de la perche de mise à la terre sans que les forces de traction ou de poussée n'excèdent 100 N. De plus, il convient que la force de relâchement ne soit pas inférieure à 50 N. La conformité aux exigences est assurée par des mesures des forces de traction et de poussée.

B.2 Marquage

Il convient que chaque perche de mise à la terre porte au moins les éléments suivants de marquage:

– nom du fabricant ou marque de fabrication;
– référence du type;
– année de fabrication.

Si la perche est réalisée avec des composants différents, il convient que chaque composant porte un marquage spécifique.

Il convient que le marquage n'affecte pas les caractéristiques de la perche. Si une étiquette détachable est utilisée, il convient que les caractéristiques ne soient pas affectées par sa disparition.

Il convient d'assurer la conformité en réalisant la vérification visuelle selon 5.2 et l'essai selon 5.8.

B.3 Essai de flexion

Il convient de réaliser un essai de flexion sur une perche ayant une longueur totale minimale de 2 m. Il convient aussi de le réaliser sur la plus longue combinaison des sections.

L'essai qui suit est recommandé pour les perches de mise à la terre de section circulaire.

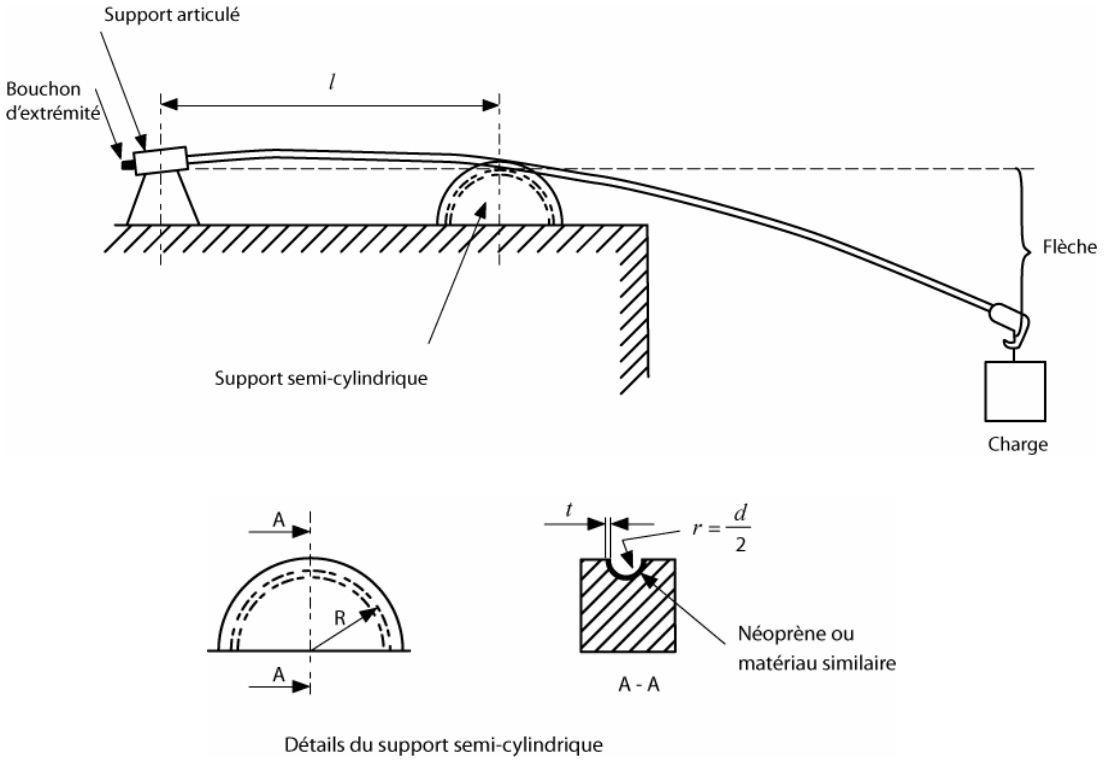
Les forces de flexion et les flèches maximales sont recommandées pour des perches de mise à la terre ayant une longueur totale limitée à 6 m avec un maximum de trois jonctions. Pour des longueurs plus grandes de perche ou un plus grand nombre de jonctions, il convient de définir d'autres forces de flexion et d'autres flèches maximales.

L'extrémité de la perche du côté du manche est fixée à un support articulé. Une partie intermédiaire du manche est supportée librement par une surface semi-cylindrique horizontale. Il convient que la surface semi-cylindrique soit munie d'une gorge recouverte de néoprène ou de matériau similaire d'une dureté de 40 DIDC à 50 DIDC (degré international de dureté du caoutchouc) correspondant à l'ISO 48, et d'une épaisseur de 6 mm.

Les dimensions et les dispositions générales des supports sont données en Figure B.1. Puisqu'il y a différentes conceptions possible pour les perches de mise à la terre, il convient

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

que le montage d'essai soit tel qu'il corresponde, pour la perche en essai, aux conditions habituelles de manipulation et d'application de la charge. Il convient que le support articulé soit fixé aussi près que possible de l'extrémité de la perche mais non par-dessus le bouchon d'extrémité, le cas échéant. Si le garde-main vient se placer dans la gorge il est possible de l'enlever.



Détails du support semi-cylindrique

Légende

l = 0,5 m pour une longueur de perche ≤ 3 m

l = 1,0 m pour une longueur de perche > 3 m

R = 100 mm

d diamètre de la perche de mise à la terre dans le support

t tolérance permettant une rotation facile

Figure B.1 – Disposition pour essais de flexion sur les perches de mise à la terre de section circulaire

Il convient de bloquer la perche dans le support articulé. Il convient ensuite d'appliquer à la tête de la perche de mise à la terre une force de flexion de 5 daN pour les perches d'une longueur jusqu'à 3 m, ou de 10 daN pour les perches de longueur supérieure à 3 m, aussi près que possible de l'endroit où il est prévu d'attacher à la perche le dispositif de mise à la terre et en court-circuit. La flèche est mesurée au point d'application de la charge.

Il convient de considérer l'essai comme réussi si la flèche ne dépasse pas les valeurs du Tableau B.1.

Tableau B.1 – Flèche maximale

Longueur totale de la perche(m)	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**
Flèche (mm)	90	200	240	420	700	1 080	1 600	2 250	3 070

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

Immédiatement après, la force de flexion est augmentée jusqu'à 150 % et maintenue pendant 30 s.

Il convient de considérer l'essai comme réussi si la perche ne présente pas de signe de rupture ou de dommage mécanique.

B.4 Essai de torsion

Trois perches complètes, munies de leurs jonctions sont essayées.

Il convient que la perche soit tenue de façon rigide par l'extrémité inférieure du manche. Il convient d'appliquer un couple de T N·m autour de l'axe de la perche avec l'aide d'un outil d'essai approprié au type de tête (voir Annexe C), tel que spécifié à la Figure B.2.

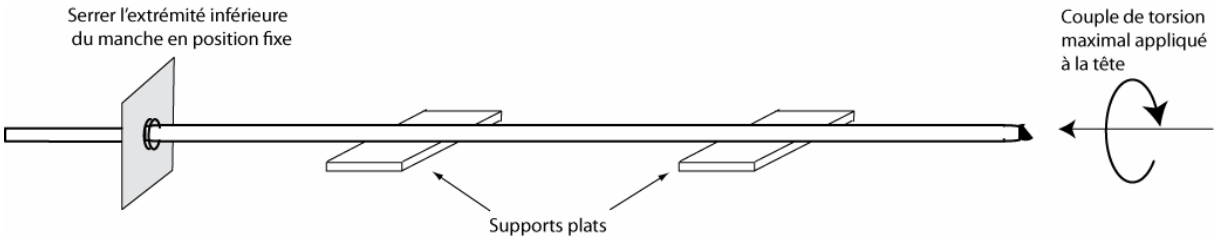


Figure B.2 – Disposition pour essais de torsion sur les perches de mise à la terre de section circulaire

Pour une perche formée de plusieurs sections, il convient de réaliser l'essai avec la plus grande combinaison d'assemblage.

T (N·m) = le diamètre du tube (mesuré en mm)

Pour les tubes de diamètre supérieur à 39 mm, la valeur de 40 N·m est appliquée.

Pendant l'essai, il convient de ne pas exposer la perche à des forces de flexion.

Il convient de maintenir le couple pendant 1 min dans une direction et ensuite dans la position inverse pendant 1 min. L'angle de torsion dans les deux directions sera mesuré.

Il convient de considérer l'essai comme réussi si la somme de la valeur absolue des angles mesurés dans les deux directions ne dépasse pas 25 °/m de la longueur totale de la perche.

Il convient ensuite d'augmenter le couple jusqu'à 1,2 T (N·m) dans les deux directions et de le maintenir pendant 30 s.

Il convient de considérer l'essai comme réussi si la perche ne présente pas de dommage mécanique. Pour une perche télescopique de mise à la terre, il convient que les ensembles de verrouillage opèrent toujours selon leur conception.

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

Annexe C
(informative)

Guide pour la sélection, l'utilisation et l'entretien des équipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit

C.1 Généralités

C.1.1 Principes de base

La mise à la terre et en court-circuit, des parties électriquement isolées ou hors tension des installations, est réalisée afin d'aider à réduire au minimum les tensions dangereuses et les arcs provenant d'une remise sous tension involontaire ou de la présence d'une énergie induite provenant d'une installation adjacente en service (voir l'IEEE 516 et l'IEEE 1048). Lorsque cela est réalisable en pratique, il convient d'atteindre des conditions d'équipotentialité afin d'éviter des blessures en cas de remise sous tension.

Les équipements de mise à la terre et en court-circuit peuvent aussi être utilisés pour atteindre des conditions d'équipotentialité de manière à protéger le travailleur lorsqu'il y a un courant de transit établi ou un courant induit sur le lieu de travail.

De manière à éviter les tensions dangereuses et les arcs, il est recommandé d'utiliser des équipements de mise à la terre et en court-circuit répondant à cette norme, qui soient correctement dimensionnés, choisis pour leur domaine d'application, mis en place suivant les instructions d'emploi et conservés dans de bonnes conditions. Lorsque soumis à un courant de court-circuit, des dommages mineurs ou partiels du dispositif de mise à la terre et en court-circuit peuvent survenir.

L'expérience montre que ces équipements devraient être faciles à utiliser. Des températures aussi élevées que possible des parties dans lesquelles le courant circule sont en conséquence permises pour réduire le poids des dispositifs à une valeur faible. Le contact avec le dispositif très peu de temps après un court-circuit peut provoquer des blessures sous forme de brûlures.

Il convient de prendre en compte le poids des composants de l'équipement de manière à ce que l'effort de mise en place soit compatible avec les capacités des travailleurs.

C.1.2 Eléments à prendre en compte

Il convient que le client et le fabricant prennent en compte les éléments suivants pour la conception correcte de l'équipement fabriqué en conformité avec la présente norme.

- information sur les installations sur lesquelles l'équipement ou le dispositif sera utilisé:
  - type d'installation(s);
  - longueur des câbles ou distances entre phase et terre;
  - type de neutre de l'installation (directement ou indirectement mis à la terre);
  - type de pinces et définition des points fixes de connexion;
- lors d'une utilisation à l'intérieur, évaluation des effets toxiques lorsque le recouvrement isolant du câble brûle;
- restriction, le cas échéant, pour l'évacuation du personnel et par conséquence de la nature du matériau isolant et de la valeur de la section des câbles;
- information sur la plage de températures en service;
- spécification de l'équipement ou du dispositif:
  - temps assigné;

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

- courant assigné;
- facteur de crête assigné;
- courant de transit;
- limitation, le cas échéant, de la température des câbles pendant le court-circuit;
- choix du câble suivant la CEI 61138 ou autre;
- nature des parties conductrices (cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium);
- isolation du bloc de jonction, le cas échéant;
- type d'équipement, complet ou séparé;
  - si séparé, type du moyen isolant (pour la compatibilité des raccords, si nécessaire);
  - si complet:
    - méthode de travail (sous tension ou hors tension);
    - type de composant isolant requis;
    - spécification de la perche de mise à la terre, le cas échéant;
    - parties isolantes complémentaires du dispositif;
- risque de coup de fouet (clashing) sur les structures métalliques;
- essais additionnels.

C.2 Sélection

Afin de valider la conformité à l'emploi, il convient de prendre en compte différentes caractéristiques de l'équipement (poids des composants, longueur de l'élément isolant, conception des pinces et étaux, etc.).

Pendant l'emploi, il convient que le dispositif ait une isolation adéquate pour assurer que le contact temporaire des parties du dispositif entre elles ou avec les structures environnantes ne crée pas d'arc électrique.

NOTE 1 Suivant l'information donnée par le client (voir C.1.2), les blocs de jonction peuvent être isolés ou non. Il convient qu'un bloc de jonction non isolé soit mécaniquement retenu s'il y a une possibilité de contact avec une structure conductrice.

NOTE 2 Des rallonges conductrices non isolées pourraient être utilisées dans des espaces libres de tout contact avec des structures conductrices.

C.2.1 Sélection des pinces et étaux

Il convient que la sélection des pinces permette une connexion facile aux points de connexion. Il convient que la sélection des points de connexion permette de répondre aux valeurs assignées de l'équipement.

Il convient que les pinces soient conçues de façon à éviter qu'elles ne se décrochent accidentellement des dispositifs de mise en place ou de l'embout d'extrémité de la perche de mise à la terre, lors de leur mise en place et de leur retrait, ainsi que pendant leur utilisation, de manière à éviter les accidents du personnel. Il convient que la connexion entre la pince et le dispositif de positionnement soit vérifiée par contrôle manuel.

C.2.2 Sélection des câbles

Il convient de sélectionner les câbles de mise à la terre et en court-circuit suivant 4.3 et suivant la courbe d'échauffement présentée ci-après. Il convient que les âmes conductrices aient une section normalisée satisfaisant à la CEI 60228 ou à des normes nationales ou régionales telle l'ASTM F855. Le Tableau C.1 compare différentes valeurs normalisées de sections. A la demande du client, des valeurs non normalisées de sections peuvent être utilisées.

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

Tableau C.1 – Comparaison de différentes valeurs normalisées de sections

Section de cuivre équivalente de câble de court-circuit et/ou de barre mm^2	
CEI 60228	**ASTM F855**
35	(33,63 = #2 AWG)
50	(53,48 = 1/0 AWG)
70	(67,42 = 2/0 AWG)
85 [a]	(85,03 = 3/0 AWG)
95	(107,2 = 4/0 AWG)
185	(177,36 = 350 kcmil)
240	(253 = 500 kcmil) [a]
[a] section hors norme	

Pour l'utilisation à l'intérieur, des restrictions de température pour le matériau isolant sélectionné peuvent entraîner des dimensions spéciales.

L'utilisation des matériaux isolants qui produisent des émanations toxiques et/ou des sous-produits corrosifs est acceptable pour les usages à l'intérieur des bâtiments à condition de prendre en compte les restrictions suivantes:

– l'évacuation du personnel n'est pas gênée par une mauvaise visibilité ou par l'irritation des yeux ou des voies respiratoires;
– aucun empoisonnement sérieux ne provient d'une brève exposition;
– les installations et les immeubles ne courent pas le risque de dommage permanent.

L'utilisateur peut soit sélectionner un matériau isolant différent pour le recouvrement des câbles ou utiliser un câble ayant une section nominale supérieure à celle requise pour satisfaire aux valeurs assignées de court-circuit de manière à réduire l'élévation de température. Par exemple: utiliser une section de 50 mm^2 au lieu de 35 mm^2.

Il convient que les câbles de mise à la terre et en court-circuit soient d'un poids minimal afin de permettre une opération facile. Des augmentations de température de câble plus élevées sont par conséquent adoptées pour réduire le poids.

Il convient que les longueurs des câbles de mise à la terre et de court-circuit correspondent aux dimensions de l'installation et aux distances entre les points de connexion.

Des longueurs de câble plus petites que 1,2 fois la distance entre les points de connexion peuvent conduire à des conditions plus sévères que celles des essais spécifiés dans la présente norme et il convient de les éviter. De trop longs câbles (1,5 fois) entraîneront des tensions inacceptables et des mouvements inutilement sévères. Le câble peut être attaché par des moyens fiables, par exemple en utilisant une corde isolante fixée sur un poteau de bois.

Il convient d'être soigneux dans la sélection de câbles en aluminium et d'inclure des précautions pour le stockage et l'inspection avant l'emploi.

C.2.2.1 Sélection des sections de câble

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour sélectionner la section des câbles de mise à la terre et des câbles de court-circuit.

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

C.2.2.1.1 Exemple basé sur l'application de la CEI 60865-1

Avec une température initiale de 20 °C et une température finale de 300 °C, selon la Figure 13 de la CEI 60865-1, pour un temps de court-circuit de 1 s, la densité de courant est de 190 A/mm^2 pour un câble de court-circuit en cuivre.

NOTE La Figure 13 de la CEI 60865-1 donne des valeurs qui ne détruisent pas le dispositif; elle décrit le processus adiabatique.

Le facteur de correction pour le temps de court-circuit inférieur à 0,5 s est égal à 1,41.

La valeur calculée du courant de court-circuit est:

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 1{,}41 = 9{,}4 \text{ kA}$$

Le facteur de correction pour un temps de court-circuit de 2 s est égal à $\sqrt{}$ (1 s/ 2 s) = 0,71

La valeur calculée du courant de court-circuit est:

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times 35 \text{ mm}^2 \times 0{,}71 = 4{,}7 \text{ kA}$$

Pour les câbles en cuivre, il convient d'utiliser les valeurs du Tableau C.2, en relation avec l'effet thermique, pour des sites de court-circuit à proximité des génératrices (voir Article 4 de la CEI 60909-0).

Tableau C.2 – Court-circuit à proximité des génératrices – Valeurs de courant de court-circuit en kA pour des câbles en cuivre ayant une température maximale de 300 °C

Section mm^2	**Temps de court-circuit** s				
	0,5 [a]	**1**	**2**	**5**	**10**
16	4,3	3,0	2,1	1,4	1,0
25	6,7	4,8	3,3	2,1	1,5
35	9,4	6,7	4,7	3,0	2,1
50	13,4	9,5	6,7	4,3	3,0
70	18,8	13,3	9,3	6,0	4,3
95	25,5	18,1	12,7	8,1	5,8
120	32,1	22,8	15,9	10,2	7,3
150	40,2	28,5	20,0	12,8	9,1
[a] Pour des temps inférieurs à 0,5 s, le calcul n'est pas applicable.					

Pour les courts-circuits loin des génératrices, il convient de multiplier les valeurs du Tableau C.2 par le facteur 1,19, arrondi à 1,20 (voir Figures 12a et 12b de la CEI 60865 -1). Par exemple, pour un câble de section de 35 mm^2 et un temps de court-circuit de 0,5 s, la valeur calculée du courant de court-circuit est

$$I = 9{,}4 \text{ kA} \times 1{,}2 = 11{,}3 \text{ kA}$$

Pour un câble en aluminium, la densité de courant donnée pour le cuivre (190 A/mm^2) est remplacée par 125 A/mm^2 pour le calcul du courant de court-circuit.

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

C.2.2.1.2 Exemple basé sur l'utilisation des courbes d'échauffement suivant la Figure C.1

Les courbes de la Figure C.1 donnent l'élévation de température d'un matériau lorsque le courant y circule pendant un temps court. Elles sont basées sur la loi physique de l'échauffement des matériaux.

Elles sont complétées par la formule suivante:

$$I = \sqrt{\frac{\left(J^2 t\right)^2 \times A^2}{t}}$$

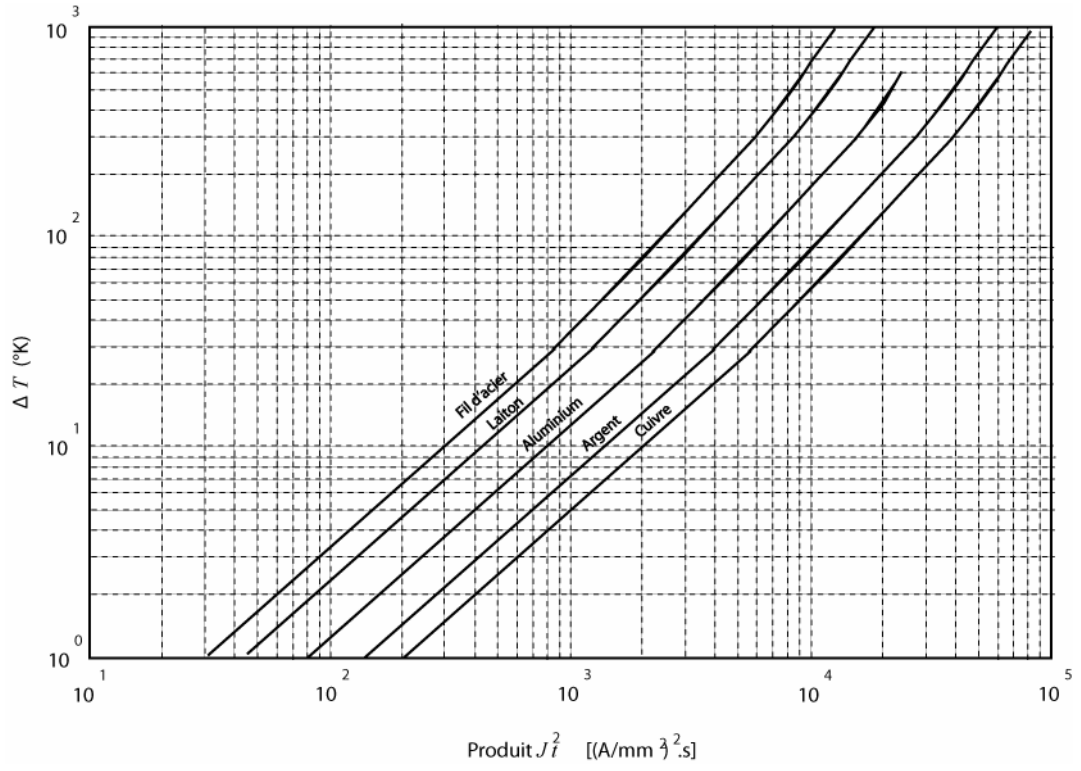


Figure C.1 – Courbes représentant l'élévation de température des conducteurs de nature différente relative à leur intégrale de Joule J^2t

Hypothèses:

- aucun échange thermique avec l'extérieur,
- la valeur du courant est stable pendant le temps où il circule dans le matériau,
- la température initiale du matériau est de 20 °C lorsque le courant est appliqué.

Données:

I est le courant qui circule dans le matériau (valeur efficace) en A,

A est la section du matériau en mm^2,

J est la densité de courant en A/mm^2 (J=I/A),

t est le temps pendant lequel le courant circule en s,

ΔT est l'élévation de température du matériau (à la fin du temps t) en °K.

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

Cas d'application 1:

Quelle est la température atteinte par un conducteur connu ayant une section A quand un courant I le traverse pendant un temps t ?

La formule donne:

$$J^2t = \frac{I^2t}{A^2}$$

Puis la courbe correspondant au matériau conducteur donne ΔT à partir de J^2t.

Exemple:

– câble en cuivre de section A = 120 mm^2
– courant de court-circuit I = 23 000 A
– temps t = 1 s

$$J^2t = \frac{I^2t}{A^2} = \frac{23\,000^2 \times 1}{120^2} = 36\,736\ (\text{A/mm}^2)^2.\text{s}$$

La courbe correspondante de la Figure C.2 donne une élévation de température ΔT = 250 °K.

Ainsi, ce conducteur atteindra approximativement (avec ΔT = 250 °K) ΔT + 20 °C = 270 °C à la fin du temps égal à 1 s.

NOTE 20°C est la température initiale lorsque le courant est appliqué.

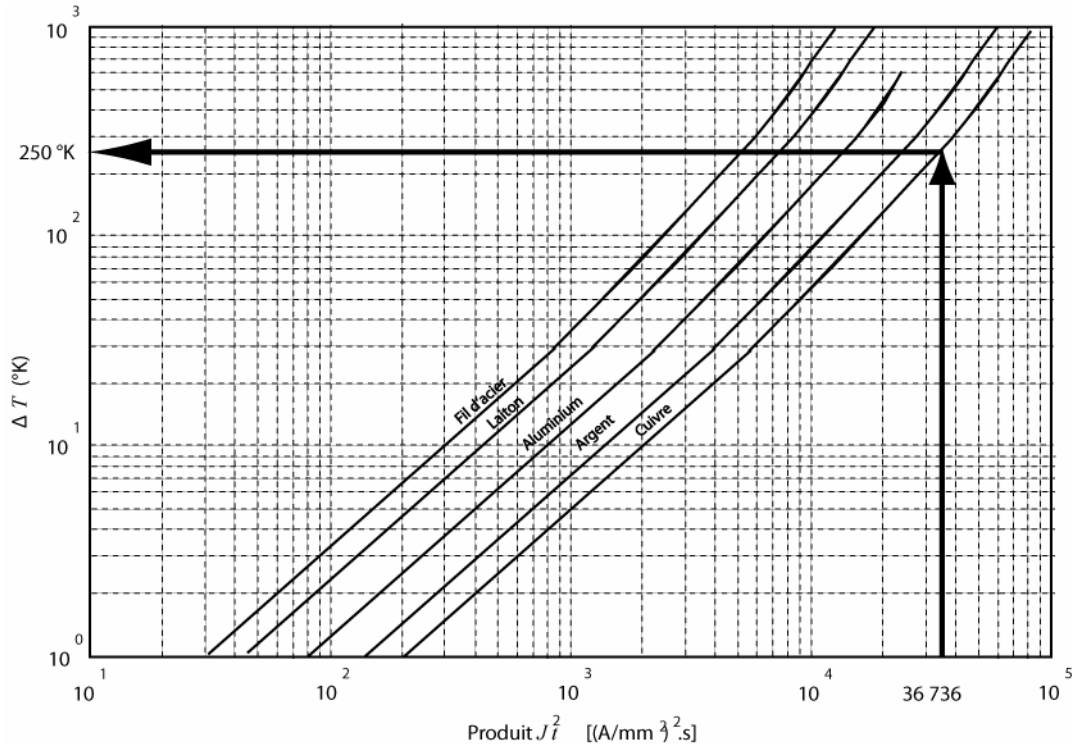


Figure C.2 – Détermination de la température du conducteur par échauffement

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

Cas d'application 2:

Quelle section d'un matériau de câble connu devrait être utilisée lorsqu'il convient de ne pas dépasser une température donnée et quand un courant de court-circuit donné circule pendant un temps déterminé?

La courbe correspondant au matériau conducteur donne J^2t à partir de ΔT. Ensuite, la formule donne:

$$A = \sqrt{\frac{I^2 t}{J^2 t}}$$

Exemple:

– câble en aluminium,
– courant de court-circuit I = 17 500 A
– temps t = 2 s
– température maximale atteinte ΔT + 20 °C = 550 °C, soit ΔT = 530 °K.

La courbe aluminium de la Figure C.3 donne $J^2t \approx$ 22 500 $(A/mm^2)^2.s$.

$$A = \sqrt{\frac{I^2 t}{J^2 t}} = \sqrt{\frac{17\,500^2 \times 2}{22\,500}} = 165 \text{ mm}^2$$

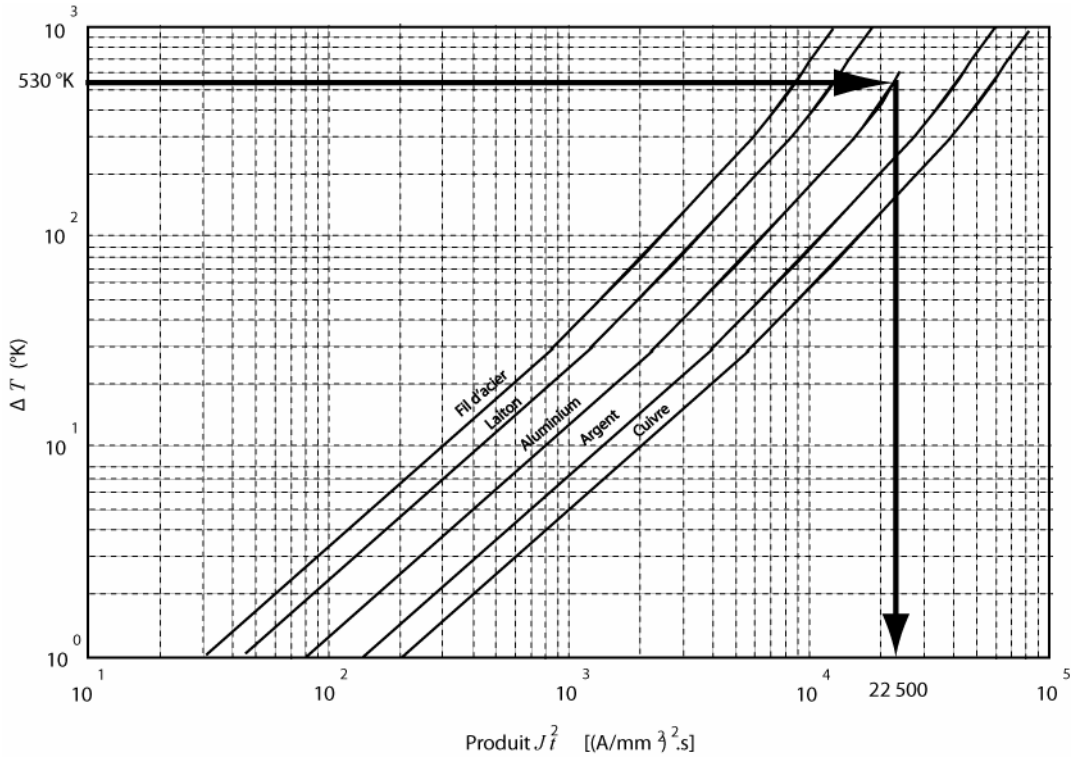


Figure C.3 – Détermination de J^2t

La méthode donne une section minimale de 165 mm^2. Il convient d'utiliser la valeur normalisée de la section immédiatement supérieure. Dans ce cas, il n'y en a pas d'indiquée dans la présente norme mais on pourrait prendre 185 mm^2.

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

C.2.2.1.3 Exemple basé sur la pratique Nord-Américaine

L'ASTM F855-04 donne aux utilisateurs un guide pour sélectionner la section des câbles de terre et de court-circuit en cuivre à partir du temps et du courant requis. La sélection du câble est basée sur le point de fusion du cuivre. Il convient que l'utilisateur reconnaisse que la capacité ultime du câble est la capacité calculée du câble à laquelle la fusion ou une défaillance apparaît. Il convient de maintenir une marge de sécurité confortable en sélectionnant la taille du câble.

La justification pour déterminer avec précision les valeurs assignées du câble de terre et de court-circuit de la façon présentée est qu'elle permet à l'utilisateur de choisir le câble et les valeurs assignées requises pour répondre à son réseau et à la philosophie de sa société.

Pour plus d'information et de détails spécifiques se reporter à l'ASTM F855-04.

C.2.3 Sélection de la perche de mise à la terre

Voir l'Annexe B pour le guide de sélection de la perche de mise à la terre.

C.2.4 Sélection du dispositif

Il convient que le client décide si la sélection du temps assigné du dispositif est en accord avec la durée du courant maximal de court-circuit lié au temps de fonctionnement de la protection principale du réseau ou au temps de la protection de secours. Si le ré-enclenchement automatique n'est pas empêché après un premier court-circuit, il convient d'évaluer les conséquences d'un deuxième court-circuit.

Il convient d'appliquer deux critères pour sélectionner adéquatement le dispositif à utiliser dans une installation donnée:

– il convient que les forces électromagnétiques ne dépassent pas celles qui sont assignées au dispositif;

– il convient que l'échauffement par effet Joule ne dépasse pas l'élévation de température assignée au dispositif.

Le premier critère est satisfait lorsque le produit de la valeur efficace du courant alternatif de court-circuit par le facteur de crête de l'installation n'est pas supérieur au produit de la valeur efficace du courant alternatif assigné par le facteur de crête assigné ($n_{\text{assigné}}$) au dispositif. Ce critère est relatif à la contrainte dynamique maximale. Le dispositif peut être utilisé dans des installations qui produisent un courant de court-circuit plus faible ou plus élevé que le courant de court-circuit assigné si le facteur de crête de l'installation est conséquemment plus haut ou plus bas:

$$I_{\text{court-circuit de l'installation}} \times n_{\text{installation}} \leq I_{\text{assigné}} \times n_{\text{assigné}}$$

Le second critère est satisfait lorsque la contrainte thermique maximale exprimée par l'intégrale de Joule de l'installation n'est pas supérieure à l'intégrale de Joule du dispositif calculée à l'aide des valeurs assignées:

$$I^2_{\text{court-circuit de l'installation}} \times t_{\text{installation}} \leq I^2_{\text{assigné}} \times t_{\text{assigné}}$$

Pourvu que l'équivalence en terme d'intégrale de Joule soit conservée, le durée du court-circuit peut être augmentée (jusqu'à 5 s) en abaissant le courant en conséquence afin d'obtenir la même condition adiabatique. Le client n'a alors aucun besoin supplémentaire de spécifier la durée du court-circuit.

Il convient d'utiliser le premier critère pour un temps de court-circuit inférieur au temps assigné.

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

Dans le cas d'un dispositif ayant un courant et un temps assignés de 1 000 A et 1 s, pour un facteur de crête constant, la Figure C.4 illustre la région utilisable de temps et de courant sous la frontière adiabatique reliée au second critère, ainsi que la frontière dynamique reliée au premier critère.

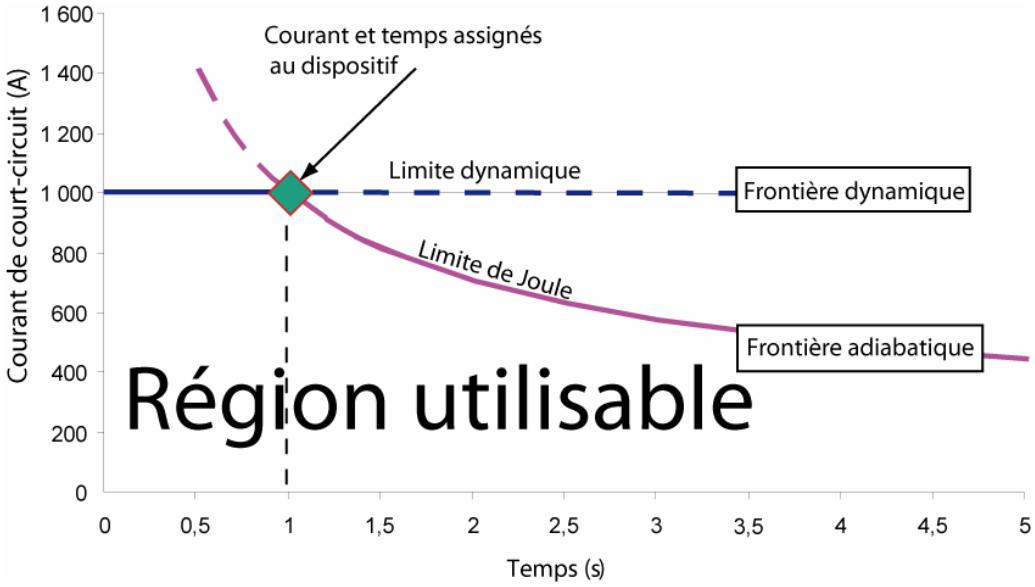


Figure C.4 – Exemple de la région utilisable pour un dispositif

C.3 Utilisation de l'équipement

C.3.1 Généralités

Pour éviter les dangers résultant des tensions résiduelles, lors de la connexion du dispositif de mise à la terre et en court-circuit, il convient de le connecter en premier lieu au réseau de terre. Si le travailleur n'est pas au potentiel de la terre, il convient qu'il utilise soit un composant isolant (une perche de mise à la terre ou autre) soit un moyen isolant pour connecter en premier lieu l'étau de terre.

Il convient de réaliser les autres connexions en utilisant un composant isolant (une perche de mise à la terre ou autre) ou un moyen isolant, jusqu'à ce que la connexion du dispositif soit terminée.

Pour éviter les dangers résultant des tensions résiduelles, lors du retrait du dispositif de mise à la terre et en court-circuit, les pinces ou étaux de conducteurs sont déconnectés en premier lieu en utilisant soit un composant isolant (une perche de mise à la terre ou autre) soit un moyen isolant, jusqu'à ce que toutes les pinces soient retirées, puis finalement l'étau de terre est retiré à son tour.

Si le travailleur n'est pas au potentiel de la terre, il convient qu'il utilise soit un composant isolant (une perche de mise à la terre ou autre) ou un moyen isolant pour déconnecter l'étau de terre.

Lors de la connexion ou de la déconnexion des pinces de conducteur, de petites étincelles peuvent se produire et il convient de les accepter.

Lorsqu'il est soumis à un courant de court-circuit, le dispositif peut produire des mouvements violents. Ceci peut se produire particulièrement lorsque les câbles sont longs. Comme l'utilisation thermique des matériaux conducteurs est élevée pour des raisons d'optimisation de poids, le dispositif atteindra rapidement après un court-circuit des températures élevées.

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

C.3.2 Vérification

C.3.2.1 Vérification avant utilisation

Pour des raisons de sécurité, il convient de manipuler l'équipement de mise à la terre et en court-circuit avec grand soin. Il convient de le vérifier complètement avant chaque utilisation.

Il convient de considérer comme important tout dommage visible des pinces, des étaux, des connexions, de l'isolation du câble ou la présence d'un conducteur dénudé et de retirer l'équipement de service.

Avant utilisation, il convient d'inspecter la surface de contact des pinces et étaux et de nettoyer le contact du point de connexion par brossage du tous les dépôts résiduels de manière à obtenir un bon contact électrique tant pour le courant de transit que pour le courant de court-circuit.

C.3.2.2 Inspection périodique et essai en service

Il convient que les utilisateurs développent leur propre guide pour prouver l'intégrité du dispositif et qu'ils définissent le temps nécessaire entre deux inspections périodiques qui peuvent comprendre un essai en service de l'équipement.

Suivent des exemples de méthodes qui peuvent être utilisées.

Exemple 1

Le critère par tout ou rien pour soumettre à l'essai les équipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, tel que résultant de l'ASTM F2249, est basé sur la valeur de résistance du dispositif de mise à la terre et en court-circuit, (comprenant le câble, les cosses et les pinces et étaux) qui est plus élevée que la valeur initiale établie. Cette augmentation de la résistance s'explique par la détérioration présumée normale de l'assemblage due au vieillissement, à la contamination et à la corrosion, en particulier aux surfaces de contact des cosses et des pinces et étaux. L'augmentation acceptable de la résistance est telle qu'elle permet à l'équipement portable de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit d'assurer la sécurité en cas de court-circuits électriques.

La valeur de résistance électrique de ce critère par tout ou rien est composée de deux parties, la résistance du câble et la résistance des deux extrémités comprenant de courts morceaux de câbles, des cosses et des pinces et étaux. Lorsque les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit sont soumis à l'essai avec une source à courant continu, la valeur de la résistance de l'assemblage exprimée en courant continu est utilisée pour l'évaluation de l'acceptation ou du rejet. Avec une source à courant alternatif, c'est l'impédance du câble et celle des extrémités (cosses et pinces) qui sont utilisées pour cette sanction par tout ou rien. Pour réaliser les mesures dans de bonnes conditions, il est recommandé d'utiliser un courant d'intensité supérieure à 10 A. Il convient que la résolution de l'instrument de mesure soit 1 $\mu\Omega$ ou même meilleure et que la plage de températures ambiantes soit prise en compte afin d'obtenir une mesure de bonne qualité et qui soit comparable.

Les valeurs de résistance du critère par tout ou rien ainsi que d'autres informations sur l'inspection en service et l'entretien sont données dans l'ASTM 2249.

Exemple 2

Les câbles peuvent être vérifiés, tous les cinq ans ou moins pour les dispositifs utilisés à l'extérieur et dix ans ou moins pour les dispositifs utilisés à l'intérieur, en coupant les extrémités des câbles et en inspectant visuellement les extrémités des câbles au regard de la corrosion. S'il y a une indication de corrosion ou d'autres problèmes (coupure de brins, recuit des brins de cuivre, etc.), il convient de mettre l'équipement au rebut. S'il n'y pas d'indication de problème, il convient d'installer de nouvelles extrémités et de remettre l'équipement en

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

service. Il convient d'utiliser le taux de défaillance pour déterminer la fréquence de ce type d'inspection de manière à le réaliser plus ou moins fréquemment.

C.4 Entretien, stockage, réparation et mise au rebut

Les essais d'entretien ne sont pas couverts par la présente norme mais peuvent être réalisés suivant les règlementations nationales ou régionales ou suivant les exigences du client.

C.4.1 Entretien et stockage

De manière à conserver la capacité de protection des travailleurs, il convient que l'équipement de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit soit entretenu et stocké dans de bonnes conditions par l'utilisateur. Il convient que les instructions d'emploi du fabricant ou de l'assembleur final servent de référence à cet égard.

C.4.2 Réparation

Si un nouvel assemblage peut être effectué en supprimant les parties de câbles endommagées, il convient de le réaliser en conformité complète avec le type initial. Il convient que la réparation soit faite par le fabricant ou sous les directives du fabricant ou de l'assembleur final. Cependant, il n'est pas recommandable de réparer l'équipement après qu'il ait été soumis à un court-circuit.

C.4.3 Mise au rebut

Il convient de mettre au rebut un dispositif ou un équipement qui a été soumis à un courant de court-circuit sauf s'il est prouvé par une investigation minutieuse, par calcul et par inspection, que son exposition a été suffisamment modérée pour qu'il n'ait pas subi d'effets mécaniques et thermiques nuisibles. S'il existe le moindre doute sur l'état parfait du dispositif ou de l'équipement, il convient de le mettre au rebut.

C.5 Effet des courants asymétriques

Il convient de déterminer avant utilisation la présence de courants asymétriques dans des installations et sur des équipements de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit. Des documents de référence utiles sont la CEI 60909-0, la CEI 60909-1, la CEI 60865-1, la CEI 60865-2 et l'ASTM F855 (voir aussi la Figure 9).

La valeur en augmentation des courants de court-circuit enregistrée dans les endroits où une réactance inductive est grande par rapport à la valeur de la résistance produit une augmentation de l'effet asymétrique entraînant des effets mécaniques importants.

L'augmentation de ce rapport se traduit par des courants de crête plus élevés pendant les premiers cycles, entraîne des forces mécaniques qui croissent comme le carré du courant et de grands rapports peuvent doubler le courant et augmenter les forces par quatre. Il convient que les équipements soient dimensionnés en conséquence.

Dans la présente norme, les facteurs de crête retenus sont de 2 pour la basse tension et de 2,5 pour la haute tension à 50 Hz (2,6 à 60 Hz), mais dans certains sites, le facteur de crête pourrait être supérieur, tel que 2,7 par suite de la valeur correspondante du rapport X/R et du point d'initiation du courant sur l'onde de tension.

La variation des valeurs de X/R et des points d'initiation du courant résultent en des courants asymétriques très différents. Plus le rapport X/R est grand, plus le courant instantané de crête est grand et plus grand est le temps qu'il faut au courant asymétrique pour revenir à une situation de forme symétrique.

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

Annexe D
(informative)

Guide pour la détermination de la valeur efficace équivalente d'un courant de courte durée lors d'un court-circuit de durée déterminée

Il convient d'utiliser la méthode illustrée à la Figure D.1 pour déterminer le courant de courte durée I_t (se référer à 5.7.4) dans le calcul de l'intégrale de Joule $I^2_t \times t_t$.

La durée totale t_t de l'essai est divisée en dix parties égales par des verticales numérotées 0 – 0,1 ... 1 et la valeur efficace de la composante alternative du courant est mesurée sur ces verticales.

Ces valeurs sont désignées par:

$$Z_0, Z_1 \ldots Z_{10}$$

où:

$Z = X / \sqrt{2}$ et X est la valeur de crête de la composante alternative du courant.

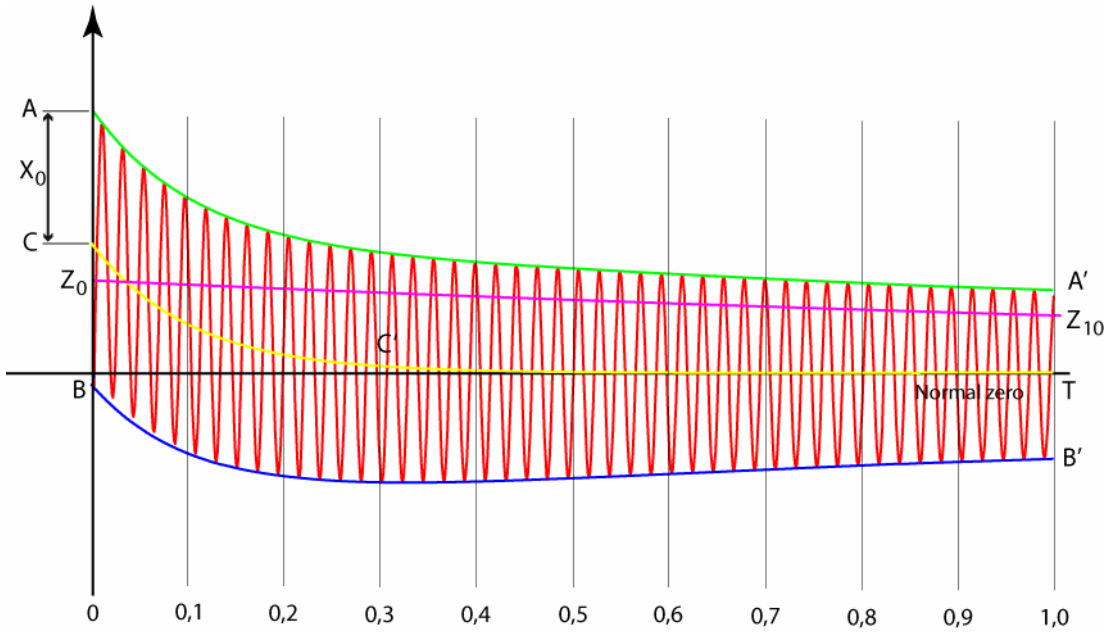
La valeur efficace équivalente du courant pour la durée t_t est donnée par:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{30}\left[Z_0^2 + 4\left(Z_1^2 + Z_3^2 + Z_5^2 + Z_7^2 + Z_9^2\right) + 2\left(Z_2^2 + Z_4^2 + Z_6^2 + Z_8^2\right) + Z_{10}^2\right]}$$

La composante continue du courant représentée par CC' n'est pas à prendre en compte.

NOTE La composante continue CC′ peut être négligée pour des durées de court-circuit de 1 s et plus. Pour des durées de 0,5 s il est nécessaire d'accroître les valeurs du courant de court-circuit de 4 % lors du calcul de l'intégrale de Joule. Pour de très courtes durées inférieures à 0,2 s la composante continue ne peut être négligée et la méthode ici décrite n'est pas applicable.

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



Légende

AA′	Enveloppe supérieure de l'onde de courant
BB′	Enveloppe inférieure de l'onde de courant
CC′	Composante continue; déplacement instantané de la ligne de zéro de l'onde de courant par rapport à la ligne de zéro normale; obtenu de la moitié de la distance verticale entre l'enveloppe supérieure et l'enveloppe inférieure
$Z_0 \ldots Z_{10}$	Valeur efficace à chaque instant de la composante alternative du courant, mesurée à partir de la ligne de zéro normale. Il n'est pas tenu compte de la composante continue
X_o	Valeur de crête de la composante alternative du courant au début du court-circuit; obtenue de la moitié de la distance verticale entre l'enveloppe supérieure et l'enveloppe inférieure au point 0
X_i	Valeurs de crête obtenues de la moitié de la distance verticale entre l'enveloppe supérieure et l'enveloppe inférieure aux points 0,1 à 1 uniformément répartis
BT	Durée du court-circuit, t_t

Figure D.1 – Détermination du courant de courte durée

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

Annexe E
(normative)

Liste des essais de type

Tableau E.1 – Liste des essais de type avec références des paragraphes

Nature de l'essai	Paragraphes		Description	Méthode d'essai
	Exigences	Essais		
Non destructif	4.1, 4.2, 4.3	5.2	Vérifier que les composants des dispositifs sont appropriés aux conditions de température et aux champs d'application	Vérification visuelle
Non destructif	4.5, 4.7	5.2	Vérifier l'assemblage complet des connexions et le dispositif complet	Vérification visuelle
Destructif	4.5	5.4.1	Essai de fatigue sur le câble et ses embouts d'extrémités	Essai [a]
Destructif	4.5	5.4.2	Essai de pénétration d'humidité sur le câble et ses embouts d'extrémités	Essai [a]
Destructif	4.5	5.5	Essai de tension sur le câble et ses embouts d'extrémités	Essai [a]
Non destructif	4.6	5.2	Adéquation des pinces et étaux aux points de connexion	Contrôle manuel
Destructif	4.5, 4.6	5.6	Essai sur les pinces, les étaux, les points fixes de connexions et les connexions des dispositifs	Essai [a]
Destructif	4.5, 4.6, 4.7	5.7.1 à 5.7.5	Essai de courant de court-circuit	Essai [a]
Non destructif	4.9	5.2	Vérification du marquage	Vérification visuelle
Non destructif	4.9	5.8	Essai de durabilité du marquage	Essai
Non destructif	4.8	5.2	Vérifier l'élément isolant	Vérification
Non destructif	4.10	5.2	Vérifier que les instructions du fabricant ou de l'assembleur final sont préparées conformément aux exigences	Vérification visuelle
Destructif et non destructif	4.3.1	Liste des essais de 5.3.2.1	Pour les câbles non conformes à la CEI 61138	

[a] Essai sur éprouvettes d'essai.

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

Annexe F
(normative)

Classification des défauts

F.1 Généralités

Cette annexe a été développée pour définir de façon cohérente le niveau des défauts (critique, majeur ou mineur) des équipements portables et des dispositifs de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit, ainsi que les composants séparés, issus de la production (voir CEI 61318).

Le Tableau F.1 identifie les exigences et les essais ainsi que les défauts associés pour un équipement complet. Pour un composant séparé, le Tableau F.1 doit être réduit au composant correspondant.

Tableau F.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés

Description des exigences		Type de défauts			Essais
		Critique	Majeur	Mineur	Paragraphes
4.1	Généralités (tenue au courant de court-circuit) (résistance mécanique)	X	 X		 5.7.6 5.7.6
4.2	Valeurs électriques assignées		X		5.2 vérification visuelle
4.3	Câbles pour mise à la terre et en court-circuit (conformes à la CEI 61138) Câbles non conformes à CEI 61138 (protection mécanique)		X X X		5.3.1 5.3.2.2 5.7.6
4.4	Barres de court-circuit (tenue au courant de court-circuit) (adéquation avec l'installation)	X	 X		 5.7.6 5.2 manuel
4.5	Connexions des câbles aux parties rigides des dispositifs (tenue à la tension mécanique) (fatigue et humidité) (capacité d'écoulement de courant) (qualité des connexions)	 X	 X 	 X X 	 5.5 5.4 (1) 5.7.6(1)
4.6	Pinces et étaux (tenue au courant de court-circuit) (torsion – pinces à serrage) (adaptabilité) (valeurs électriques assignées) (installation et retrait – pinces à ressort)	 X X 	 X X 	 X	 5.7.6 5.6.1 5.2 manuel 5.7.6 (1) 5.2 manuel
4.7	Dispositif de mise à la terre et en court-circuit (tenue au courant de court-circuit) (conception)	 X	 X	 	 5.7.6 5.2 visuel
4.8	Elément ou composant isolant	X			5.2 vérification (2)
4.9	Marquage (durabilité) (absence) (mauvais marquage)	 X	 X 	 X 	 5.8 5.2 visuel 5.2 visuel
4.10	Instructions d'emploi (absence)		 X		 5.2 visuel

(1) L'essai associé à la qualité des connexions vérifiera aussi la capacité d'écoulement du courant.
(2) Basé sur la déclaration du fabricant.

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

Bibliographie

Normes CEI et ISO

CEI 60050-101:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 101: Mathématiques*

CEI 60050-121:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 121: Electromagnétisme*
Amendement 1:2002

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-195:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*
Amendement 1:2001

CEI 60050-601:1985, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Généralités*
Amendement 1:1998

CEI 60050-651:1999, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 651: Travaux sous tension*

CEI 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

CEI/ST 60479-1:2005, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

CEI 60743:2001, *Travaux sous tension – Terminologie pour l'outillage, le matériel et les dispositifs*
Amendement 1 (2008)

CEI 60832, *Perches isolantes et outils adaptables pour travaux sous tension*

CEI 60855, *Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension*

CEI 60865-1:1993, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 1: Définitions et méthodes de calcul*

CEI/ST 60865-2:1994, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 2: Exemples de calcul*

CEI 60909-0:2001, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 0: Calcul des courants*

CEI 60909-1:2002, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909-0*

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

CEI/ST 61201, *Utilisation des tensions limites conventionnelles de contact – Guide d'application*

CEI 61235:1993, *Travaux sous tension – Tubes creux isolants pour les travaux électriques*

CEI 61472:2004, *Travaux sous tension – Distance minimales d'approche pour les réseaux à courant alternatifs de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul*

CEI 61936-1:2002, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

CEI 62475, *High current test techniques – Definitions and requirements for high current measurement (titre français non disponible)* [4)]

ISO 48:2007, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC)*

ISO 9005:2000, *Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire*

Norme CENELEC

EN 50508:2008, *Perches isolantes à usage multiples pour les opérations électriques sur les installations haute tension*

Normes ASTM

ASTM F855-04, *Standard Specifications for Temporary Protective Grounds to Be Used on De-energized Electric Power Lines and Equipment*

ASTM F2249-03, *Standard Specification for In-Service Test Methods for Temporary Grounding Jumper Assemblies Used on De-Energized Electric Power Lines and Equipment*

Normes IEEE

IEEE 516-2003, *Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines*

IEEE 1048-2003, *Guide for Protective Grounding of Power Lines*

_____

4) En préparation.

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.