

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical accessories – Residual current monitors (RCMs) –
Part 1: RCMs for household and similar uses**

**Petit appareillage électrique – Contrôleurs d'isolement à courant différentiel
résiduel (RCM) –
Partie 1: RCM pour usages domestiques et analogues**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical accessories – Residual current monitors (RCMs) –
Part 1: RCMs for household and similar uses**

**Petit appareillage électrique – Contrôleurs d'isolement à courant différentiel
résiduel (RCM) –
Partie 1: RCM pour usages domestiques et analogues**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-8145-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	10
1 Scope.....	11
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	13
4 Classification.....	15
4.1 According to the method of operation.....	15
4.1.1 RCM functionally dependent on line voltage	15
4.1.2 RCM functionally dependent on an energy source other than line voltage	15
4.2 According to the type of installation	15
4.3 According to the number of current paths.....	15
4.4 According to the ability to adjust the residual operating current.....	15
4.5 According to the possibility of adjusting the time-delay	15
4.6 According to the protection against external influences.....	15
4.7 According to the method of mounting	15
4.8 According to the method of connection	15
4.9 According to the type of connection of the load conductors.....	15
4.9.1 RCM to which the monitored line is not directly connected.....	15
4.9.2 RCM to which the monitored line is directly connected.....	16
4.10 According to fault indicating means.....	16
4.11 According to ability to directionally discriminate between supply-side and load-side residual currents.....	16
4.12 According to the supply system.....	16
4.12.1 RCM for use in AC supply systems	16
4.12.2 RCM for use in DC supply systems.....	16
4.13 According to the type of residual current monitored.....	16
4.14 According to the method of residual current detection	16
5 Characteristics of RCMs	16
5.1 Summary of characteristics.....	16
5.2 Rated quantities and other characteristics.....	17
5.2.1 Rated voltage	17
5.2.2 Rated current (I_n).....	17
5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$).....	17
5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	18
5.2.5 Rated frequency	18
5.2.6 Operating characteristics	18
5.3 Standard and preferred values	18
5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_e)	18
5.3.2 Preferred values of rated current (I_n).....	19
5.3.3 Preferred values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$).....	19
5.3.4 Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$).....	19
5.3.5 Standard minimum value of the non-operating overcurrent in the case of single-phase load through an RCM	19
5.3.6 Preferred values of rated frequency	19
5.3.7 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) (only applicable to RCMs classified according to 4.9.2)	19

5.3.8	Maximum actuating time ($T_{\max}$)	20
5.3.9	Minimum non-actuating time ($T_{\min}$)	20
5.4	Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs) (only valid for RCMs classified according to 4.9.2)	20
5.4.1	General	20
5.4.2	Rated conditional short-circuit current (I_{nc})	20
5.4.3	Rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)	20
6	Marking and other product information	20
7	Standard conditions for operation in service and for installation	23
7.1	Standard conditions	23
7.2	Conditions of installation	24
8	Requirements for construction and operation	24
8.1	Mechanical design	24
8.1.1	General	24
8.1.2	Features	24
8.1.3	Clearances and creepage distances	25
8.1.4	Screws, current-carrying parts and connections	26
8.1.5	Terminals for external conductors	27
8.2	Protection against electric shock	29
8.3	Dielectric properties	30
8.4	Temperature rise	30
8.4.1	General	30
8.4.2	Temperature rise limits	30
8.4.3	Ambient air temperature	31
8.5	Operating characteristic	31
8.6	Directional discrimination	31
8.7	Operational endurance	31
8.8	Performance at short-circuit currents	31
8.9	Resistance to mechanical impact	31
8.10	Resistance to heat	32
8.11	Resistance to abnormal heat and to fire	32
8.12	Test device	32
8.13	Correct operation of RCMs within the supply voltage range	32
8.14	Behaviour of RCMs in case of overcurrents in the main circuit	32
8.15	Resistance of RCMs to unwanted initiating of an alarm due to current surges caused by impulse voltages	33
8.16	Behaviour of RCMs in case of earth fault currents comprising DC components	33
8.17	Reliability	33
8.18	Electromagnetic compatibility (EMC)	33
8.18.1	General	33
8.18.2	Immunity requirements	33
8.18.3	Emission requirements	33
8.19	Connection of an external current transformer (CT)	33
8.20	Response to temporary overvoltages on the LV side due to fault conditions on the HV side	33
9	Tests	34
9.1	General	34
9.2	Test conditions	35

9.3	Test of indelibility of marking	35
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	36
9.5	Test of reliability of terminals for external conductors	37
9.6	Verification of protection against electric shock	38
9.7	Test of dielectric properties	39
9.7.1	Resistance to humidity	39
9.7.2	Insulation resistance of the main circuits of RCMs classified according to 4.9.2	39
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit of RCMs classified according to 4.9.2	40
9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of control and auxiliary circuits	41
9.7.5	Secondary circuit of detection transformers	42
9.7.6	Capability of the RCM to withstand high DC voltages due to insulation measurements	42
9.7.7	Verification of impulse withstand voltages	42
9.8	Test of temperature rise	44
9.8.1	Ambient air temperature	44
9.8.2	Test procedure	44
9.8.3	Measurement of the temperature rise of parts	45
9.8.4	Temperature rise of a part	45
9.9	Verification of the operating characteristics	45
9.9.1	Test circuit	45
9.9.2	Off-load tests with residual sinusoidal alternating currents at the reference temperature of 20 °C ± 2 °C	45
9.9.3	Verification of the correct operation with load at the reference temperature	46
9.9.4	Verification of the connection and the function of an external current transformer (CT)	46
9.9.5	Verification of directional discrimination for RCMs classified according to 4.11	47
9.10	Verification of operational endurance	48
9.10.1	General	48
9.10.2	Test procedure	48
9.11	Verification of short-circuit withstand capability	48
9.11.1	List of the short-circuit tests	48
9.11.2	Short-circuit tests	48
9.12	Verification of resistance to mechanical impact	53
9.12.1	General	53
9.12.2	Test for all RCM types	53
9.12.3	Rail-mounted RCMs	55
9.12.4	Plug-in type RCMs	55
9.13	Test of resistance to heat	55
9.14	Test of resistance to abnormal heat and to fire	56
9.15	Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage	57
9.16	Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	57
9.16.1	General	57
9.16.2	Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a load through an RCM with two current paths	57

9.16.3	Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCM.....	58
9.16.4	Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a single-phase load through an RCM with an external detecting device (transformer)	58
9.17	Verification of resistance against unwanted operation due to current surges caused by impulse voltages	59
9.18	Void	59
9.19	Additional verification of the correct operation at residual currents with DC components	59
9.19.1	General	59
9.19.2	Verification of the correct operation for RCM Type A, Type F and Type B.....	61
9.19.3	Verification of correct operation for RCM Type F and Type B.....	62
9.19.4	Verification of correct operation for RCM Type B	63
9.20	Verification of reliability.....	66
9.20.1	General	66
9.20.2	Climatic test	66
9.20.3	Test with temperature of 40 °C	68
9.21	Verification of ageing of electronic components	68
9.22	Verification of EMC requirements.....	68
9.22.1	General	68
9.22.2	Description of quiescent mode and operate mode.....	70
9.22.3	Criterion A1	70
9.22.4	Criterion A2	70
9.22.5	Criterion B	70
9.23	Response of the RCM to temporary overvoltages on the LV side, due to fault conditions on the HV side	71
9.24	Test of resistance to rusting.....	71
Annex A (normative)	Test sequence and number of samples to be submitted for verification of conformity to this document	102
A.1	General.....	102
A.2	Test sequences	102
A.3	Number of samples to be submitted for full test procedure	103
A.4	Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of RCMs of the same fundamental design	103
Annex B (normative)	Determination of clearances and creepage distances	106
Bibliography		109
Figure 1	– Standing current in FE conductor	72
Figure 2	– Standard test finger (9.6)	73
Figure 3	– Test circuit for verification of the operating characteristics for RCMs.....	74
Figure 4	– Test circuit for verification of directional discrimination in IT systems for RCMs classified according to 4.12	75
Figure 5	– Test circuit for verification of the correct operation of RCMs in the case of residual pulsating direct currents	76
Figure 6	– Test circuit for verification of the correct operation of RCMs in the case of residual pulsating direct currents superimposed by smooth direct current of 0,006 A	78
Figure 7	– Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with two current paths (9.11).....	79

Figure 8 – Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with three current paths in a three-phase circuit (9.11).....	80
Figure 9 – Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with four current paths on a three-phase circuit with neutral (9.11).....	81
Figure 10 – Test apparatus for verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the RCM (9.11.2.1 a)).....	82
Figure 11 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2)	83
Figure 12 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2)	84
Figure 13 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.12.2)	85
Figure 14 – Example of mounting an unenclosed RCM for mechanical impact test (9.12.2).....	86
Figure 15 – Example of mounting of panel mounting type RCM for the mechanical impact test (9.12.2).....	87
Figure 16 – Application of force for mechanical test of rail-mounted RCM (9.12.3).....	88
Figure 17 – Ball-pressure test apparatus (9.13.3)	88
Figure 18 – Test circuit for verification of the limiting value of overcurrent in the case of single-phase load	89
Figure 19 – Current ring wave 0,5 μ s/100 kHz	90
Figure 20 – Test circuit for the ring-wave test of RCMs	90
Figure 21 – Stabilizing period for reliability test (9.20.2.4).....	91
Figure 22 – Reliability test cycle (9.20.2.4)	92
Figure 23 – Example test circuit for verification of ageing of electronic components (9.21).....	93
Figure 24 – RCMs without monitored lines connected	94
Figure 25 – RCMs with monitored lines connected	94
Figure 26 – Example of a test circuit for verification of correct operation in case of residual sinusoidal alternating currents composed of multi-frequency components resulting from single-phase supplied speed motor control equipment	95
Figure 27 – Test circuit for verification of correct operation in case of residual sinusoidal alternating current up to 1 000 Hz	96
Figure 28 – Test circuit for 2-,3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases	97
Figure 29 – Test circuit for 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases.....	98
Figure 30 – Test circuit for 2-, 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of a residual smooth direct current	99
Figure 31 – Diagrammatic representation for glow-wire test.....	100
Figure 32 – Test circuit for 2-, 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of a residual alternating current superimposed on a smooth direct current.....	101
Figure B.1 – Illustrations of the application of creepage distances	107
Figure B.2 – Illustrations of the application of creepage distances	108
Table 1 – Marking	21
Table 2 – Standard conditions for operation in service	24
Table 3 – Clearances and creepage distances	26

Table 4 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals	28
Table 5 – Temperature rise values	31
Table 6 – List of type tests depending on RCM classification	34
Table 7 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	35
Table 8 – Screw thread diameters and applied torques	36
Table 9 – Pulling forces	37
Table 10 – Conductor dimensions	38
Table 11 – Test voltage of control and auxiliary circuits	41
Table 12 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation	44
Table 13 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	44
Table 14 – Silver wire diameter as a function of rated current and short-circuit currents	49
Table 15 – Minimum values of I^2t and I_p	50
Table 16 – Power factors for short-circuit tests	51
Table 17 – Overview of test details for the RCM types	60
Table 18 – Actuating current ranges	61
Table 19 – Frequency component values of test currents and starting current values for verifying operating	62
Table 20 – Operating current ranges for composite residual current	62
Table 21 – Residual non-operating and operating current according to frequencies that differ from the rated frequency 50/60 Hz for RCM Type B	64
Table 22 – EMC tests	69
Table 23 – Explanation of letter symbols used in Figure 6 to Figure 9	77
Table A.1 – Test sequences	102
Table A.2 – Number of samples submitted to tests	103
Table A.3 – Tests with a reduced number of samples	105

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL ACCESSORIES –
RESIDUAL CURRENT MONITORS (RCMs) –****Part 1: RCMs for household and similar uses**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62020-1 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This first edition cancels and replaces IEC 62020:1998 and IEC 62020:1998/AMD1:2003. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- definition of Type F and Type B RCM;
- marking of Type F and Type B RCM;
- introduction of a new subclause, 8.20;
- modification of 9.7;

- update of 9.9;
- modification of 9.14;
- modification of 9.19, for introduction of the relevant test for Type F and Type B RCM.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
23E/1180/FDIS	23E/1183/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62020 series, published under the general title *Electrical accessories – Residual current monitors (RCMs)*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

The contents of the corrigendum of July 2020 have been included in this copy.

INTRODUCTION

The purpose of a residual current monitor (hereinafter referred to as RCM) is to monitor an electrical installation or circuit for the presence of an unbalanced earth fault current and to indicate, by means of an alarm, the presence of such a residual current when it exceeds a predetermined level.

Installation and application rules are given in IEC 60364 (all parts).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020

ELECTRICAL ACCESSORIES – RESIDUAL CURRENT MONITORS (RCMs) –

Part 1: RCMs for household and similar uses

1 Scope

This document applies to residual current monitors for household and similar purposes, having rated operational voltages and a rated voltage of the monitored circuit not exceeding 440 V AC and rated currents not exceeding 125 A.

NOTE 1 The standard for residual current monitors having rated operational voltages and a rated voltage of the monitored circuit exceeding 440 V AC is in preparation, as IEC 62020-2.

RCMs are intended to monitor the residual current of the installation and to give a warning if the residual current between a live part and an exposed conductive part or earth exceeds a predetermined level.

RCMs covered by this document are not intended to be used as protective devices.

RCMs detect residual currents circulating in an AC circuit (e.g. residual alternating current, residual pulsating direct current, residual smooth direct current), whether suddenly applied or slowly rising.

NOTE 2 RCMs for DC systems are under consideration.

This document applies to monitors performing simultaneously the functions of detection of the residual current, of comparison of the value of this current with the residual operating current of the device and providing the specified warning signal(s) when the residual current exceeds this value.

RCMs supplied by internal batteries are not covered by this document.

The requirements of this document apply for standard conditions (see 7.1). Additional requirements can be necessary for RCMs used in locations having severe environmental conditions.

RCMs are intended for use in an environment with pollution degree 2 and overvoltage category III. For an environment with a higher pollution degree, enclosures giving the appropriate degree of protection are used.

RCMs in compliance with this document are suitable for use in TN, TT, and IT systems.

This document does not cover Insulation Monitoring Devices (IMDs), which are covered by the scope of IEC 61557-8.

NOTE 3 An RCM is distinguished from an IMD in that it is passive in its monitoring function and only responds to an unbalanced fault current in the installation being monitored. An IMD is active in its monitoring and measuring functions in that it can measure the balanced and unbalanced insulation resistance or impedance in the installation (see IEC 61557-8).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h hour cycle)*

IEC 60068-3-4, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

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

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2014, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-34, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-34: Testing and measuring techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current more than 16 A per phase*

IEC 62873-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 2: Residual current devices (RCDs) – Vocabulary*

IEC 62873-3-1, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-1: Particular requirements for RCDs with screwless-type terminals for external copper conductors*

IEC 62873-3-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-2: Particular requirements for RCDs with flat quick-connect terminations*

IEC 62873-3-3, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-3: Specific requirements for RCDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors*

CISPR 14-1:2016, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62873-2 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply RMS values, unless otherwise specified. In IEC 62873-2, the term RCD is used instead of RCM.

3.1.1

residual current monitor

RCM

device or association of devices which monitors the residual current in an electrical installation, and which activates an alarm when the residual current exceeds the operating value of the device

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.2

time-delay RCM

residual current monitoring device specially designed to attain a predetermined value of limiting non-actuating time, corresponding to a given value of residual current

[SOURCE: IEC 60050-442:2019, 442-05-05]

3.1.3

main circuit

<of an RCM> conductive part of an RCM included in the current paths (see 4.3)

Note 1 to entry: The main circuit includes the monitored circuit and the separate supply circuit, if applicable.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-15-02, modified – in the definition, "switching device" has been replaced by "RCM", the last part has been deleted, and the note added.]

3.1.4

alarm state

alarm state indicates that the residual current in the installation monitored has exceeded the preset level of the RCM

3.1.5

non-alarm state

non-alarm state indicates that the residual current in the installation monitored is less than the preset level of the RCM

3.1.6

actuating time

time taken for an RCM to change from the non-alarm state to the alarm state in response to the sudden appearance of a residual current which exceeds the preset level

3.1.7

functional earth connection

FE

electrical connection between RCM and earth which is provided to ensure:

- a reference point for RCMs having a discriminating function (see 4.11) and/or
- a continued operation in the event of loss of supply neutral

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.8

maximum actuating time

$T_{\max}$

maximum actuating time for residual currents greater than or equal to $I_{\Delta n}$

3.1.9

minimum non-actuating time

$T_{\min}$

minimum non-actuating time for RCMs with time delay

3.1.10

directionally discriminating RCM

type of RCM having the ability to discriminate between supply side and load side residual currents of the monitored lines, as declared by the manufacturer

3.1.11

limiting value of overcurrent in case of a load through an RCM with two current paths

maximum value of overcurrent of a load which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through an RCM with two current paths without causing it to switch to the alarm state

Note 1 to entry: This term and that of 3.1.12 define the limiting values of non-operating overcurrents in the main circuit. In the case of overcurrent in the main circuit, in the absence of residual current, operation of the detecting device may occur as a consequence of asymmetry existing in the detecting device itself.

3.1.12

limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through an RCM

maximum value of a single-phase overcurrent which in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through an RCM without causing it to switch to the alarm state

3.1.13

operation

alteration of the state of the RCM from the non-alarm state to the alarm state or vice versa

3.1.14

live parts

conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19]

4 Classification

4.1 According to the method of operation

4.1.1 RCM functionally dependent on line voltage

4.1.2 RCM functionally dependent on an energy source other than line voltage

4.2 According to the type of installation

- RCM for fixed installation and fixed wiring;
- RCM for mobile installation and corded connection (of the device itself to the supply).

4.3 According to the number of current paths

- two-current-path RCM;
- three-current-path RCM;
- four-current-path RCM.

4.4 According to the ability to adjust the residual operating current

- RCM with a non-adjustable residual operating current;

NOTE Some RCMs with non-adjustable residual operating current can include a pre-warning level.

- RCM with adjustable residual operating current.

4.5 According to the possibility of adjusting the time-delay

- RCM without adjustable time-delay;
- RCM with adjustable time-delay.

4.6 According to the protection against external influences

- enclosed-type RCM (not requiring an appropriate enclosure);
- unenclosed-type RCM (for use with an appropriate enclosure).

4.7 According to the method of mounting

- surface-type RCM;
- flush-type RCM;
- panel-board-type RCM, also referred to as distribution board type.

NOTE These types can be intended to be mounted on rails.

4.8 According to the method of connection

- RCMs the connections of which are not associated with the mechanical mounting;
- RCMs the connections of which are associated with the mechanical mounting, for example: plug-in type, bolt-on type.

NOTE Some RCMs can be of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.

4.9 According to the type of connection of the load conductors

4.9.1 RCM to which the monitored line is not directly connected

See Figure 24.

4.9.2 RCM to which the monitored line is directly connected

See Figure 25.

4.10 According to fault indicating means

- visual, non-resettable during fault condition (minimum requirement);
- visual and audible; the audible means may be disabled by the user during fault condition;
- visual, with relay output; the relay may be disabled by the user during fault condition;
- visual, with other output signal.

4.11 According to ability to directionally discriminate between supply-side and load-side residual currents

- directionally discriminating (applicable in IT systems);
- directionally non-discriminating.

4.12 According to the supply system

4.12.1 RCM for use in AC supply systems

4.12.2 RCM for use in DC supply systems

RCMs for use in DC supply systems are under consideration.

4.13 According to the type of residual current monitored

- RCM Type AC;
- RCM Type A;
- RCM Type F;
- RCM Type B.

This classification only applies to RCMs for use in AC supply systems.

4.14 According to the method of residual current detection

- RCM with internal current transformers;
- RCM with external current transformers.

5 Characteristics of RCMs

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of an RCM shall be stated in the following terms:

- type of installation (see 4.2);
- number of current paths (see 4.3);
- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated residual operating current $I_{\Delta n}$ (see 5.2.3);
- rated residual non-operating current $I_{\Delta no}$ (see 5.2.4);
- rated operational voltage (U_e) (see 5.2.1.1);
- rated voltage of the monitored circuit (U_{em}) (see 5.2.1.3);
- rated frequency (see 5.2.5);
- time-delay, if applicable;
- operating characteristics according to residual current waveforms (see 5.2.6);
- degree of protection (see IEC 60529);

- rated conditional short-circuit current I_{nc} (only for RCMs according to 4.9.2);
- rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$ (only for RCMs according to 4.9.2);
- behaviour of the RCM in case of failure of the line voltage (see 4.1.1);
- behaviour of the RCM in case of failure of the energy source other than the line voltage (see 4.1.2).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_e)

The rated operational voltage of an RCM is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

NOTE The same RCM can be assigned a number of rated voltages.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an RCM is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the RCM. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated voltage of the monitored circuit (U_{em})

The rated voltage of the monitored circuit (hereafter referred to as rated voltage U_{em}) of an RCM is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which the insulation performance of the current transformer is referred. Considering the monitored circuit is installed with non-insulated conductor(s) through the current transformer.

5.2.1.4 Rated insulation voltage of the current transformer (U_{im})

The rated insulation voltage of the transformer (hereafter referred to as rated voltage U_{im}) of an RCM is the value of voltage assigned by the manufacturer to which dielectric test voltages, clearances and creepage distances of the current transformer are referred. The requirements in this document ensure basic insulation for the transformer, considering the monitored circuit is installed with insulated conductor(s) through the current transformer.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage of the transformer is equal to the maximum rated monitored voltage of the RCM. In no case shall the maximum rated monitored voltage exceed the rated insulation voltage of the transformer.

5.2.2 Rated current (I_n)

The value of current, assigned to the RCM by the manufacturer, which the RCM can carry in uninterrupted duty. This characteristic applies to devices according to 4.9.2.

5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

The value of residual operating current, assigned to the RCM by the manufacturer, at which the RCM shall operate under specified conditions.

NOTE For an RCM having multiple settings of residual operating current, the highest setting is used to designate it.

5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The value of residual non-operating current, assigned to the RCM by the manufacturer, at which the RCM does not operate under specified conditions.

5.2.5 Rated frequency

The power frequency for which the RCM is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

NOTE The same RCM can have different rated frequencies in the supply circuit and the monitored circuit.

5.2.6 Operating characteristics

5.2.6.1 RCM Type AC

RCM for which initiating an alarm is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.6.2 RCM Type A

RCM for which initiating an alarm is ensured for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.6.3 RCM Type F

RCM for which initiating an alarm is ensured as for Type A, and in addition,

- for composite residual currents, whether suddenly applied or slowly rising intended for circuits supplied between phase and neutral or phase and earthed middle conductor;
- and for residual pulsating direct currents superimposed on smooth direct current of 0,01 A.

The above-specified residual currents may be suddenly applied or slowly increased, independent of polarity.

5.2.6.4 RCM Type B

RCM for which initiating an alarm is ensured as for Type F, and in addition:

- for residual sinusoidal alternating currents up to 1 000 Hz;
- for residual alternating currents superimposed on a smooth direct current of 0,4 times the rated residual current ($I_{\Delta n}$) or 10 mA whichever is the highest value;
- for residual pulsating direct currents superimposed on a smooth direct current of 0,4 times the rated residual current ($I_{\Delta n}$) or 0,01 A, whichever is the highest value;
- for residual direct currents which may result from rectifying circuits, i.e.,
 - two-pulse bridge connection line to-line for two-, three- and four-pole devices;
 - three-pulse star connection or six-pulse bridge connection for three- and four-pole devices;
- for residual smooth direct currents.

The above-specified residual currents may be suddenly applied or slowly increased, independent of polarity.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_e)

The voltages 230 V and 400 V are standardized in accordance with IEC 60038. These values shall progressively replace the values 220 V and 240 V, 380 V and 415 V, respectively.

Wherever in this document there is a reference to 230 V and 400 V, they may be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively.

For single-phase three-wire systems, the standardized voltages are 120/240 V.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

Preferred values of rated current are (only for RCMs according to 4.9.2)

10 A – 13 A – 16 A – 20 A – 25 A – 32 A – 40 A – 63 A – 80 A – 100 A – 125 A.

NOTE For RCMs according to 4.9.1, the rated current is limited by the physical size of the current transformer, external or internal to the RCM itself.

5.3.3 Preferred values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

Preferred values of rated residual operating current are

0,006 A – 0,01 A – 0,03 A – 0,1 A – 0,3 A – 0,5 A.

In the case of RCMs having multiple settings of residual operating current, the rating refers to the highest setting.

5.3.4 Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The standard value of residual non-operating current is $0,5 I_{\Delta n}$.

NOTE For residual pulsating direct currents, residual non-operating currents depend on the current delay angle α .

5.3.5 Standard minimum value of the non-operating overcurrent in the case of single-phase load through an RCM

The standard minimum value of the non-operating overcurrent in the case of single-phase load through an RCM is $6 I_n$.

For RCMs classified according to 4.9.1, the rated current shall be calculated by using the minimum value of the non-operating overcurrent divided by 6 (see note to 5.3.2). For this purpose, RCMs with adjustable residual operating current shall be set at the lowest value appropriate to each current transformer.

5.3.6 Preferred values of rated frequency

Preferred values of rated frequency are 50 Hz and/or 60 Hz.

If another value is used, the rated frequency shall be marked on the device and the tests carried out at this frequency.

5.3.7 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) (only applicable to RCMs classified according to 4.9.2)

5.3.7.1 Values up to and including 10 000 A

Up to and including 10 000 A, the values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} are standard. They are:

3 000 A – 4 500 A – 6 000 A – 10 000 A.

The associated power factors are specified in Table 16.

5.3.7.2 Values above 10 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A, a preferred value is 20 000 A.

The associated power factors are specified in Table 16.

Values above 25 000 A are not considered in this document.

5.3.8 Maximum actuating time ($T_{\max}$)

The actuating time for residual currents equal to or greater than $I_{\Delta n}$ shall not exceed 10 s.

5.3.9 Minimum non-actuating time ($T_{\min}$)

For RCMs with minimum non-actuating time according to 3.1.9, this time shall be declared by the manufacturer.

5.4 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs) (only valid for RCMs classified according to 4.9.2)

5.4.1 General

RCMs shall be protected against short-circuits by means of circuit-breakers or fuses complying with their relevant standards according to the installation rules of IEC 60364 (all parts).

Coordination between RCMs and the SCPD shall be verified under the general conditions of 9.11.2.1, by means of the tests described in 9.11.2.2 which are designed to verify that there is an adequate protection of the RCMs against short-circuit currents up to the conditional short-circuit current I_{nc} and up to the conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$.

5.4.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc})

The RMS value of prospective current, assigned by the manufacturer, which an RCM, protected by an SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.2.2 a).

5.4.3 Rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)

The value of residual prospective current, assigned by the manufacturer, which an RCM, protected by an SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.2.2 b).

6 Marking and other product information

Each RCM and the external devices of RCMs, if applicable, shall be marked in a durable manner with the following data, according to Table 1.

Table 1 – Marking

Item	Marking or information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a leaflet or manufacturer's catalogue
A	manufacturer's name or trade mark		X	X
B	type designation, catalogue number or serial number		X	X
C	rated voltage(s)		X	X
D	rated current	X		X
E	rated frequency; RCMs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly			X
F	rated residual operating current	X		X
G	settings of residual operating current for RCMs with multiple residual operating currents			X
H	degree of protection (only if different from IP 20)			X
I	position of use, if necessary		X	X
J	operating means of the test device, by the letter T	X		X
K	wiring diagram		X	X
L	maximum actuating time (see 5.3.8)			X
M	minimum non-actuating time (see 5.3.9)			X

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020

Item	Marking or information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a leaflet or manufacturer's catalogue
N	operating characteristic in presence of residual currents with the following symbols: – for RCM Type AC  (IEC 60417-6148:2012-01) – for RCM Type A  (IEC 60417-6149:2012-01) – for RCM Type F  (IEC 60417-6149:2012-01 + IEC 60417-6160:2012-04) or  (IEC 60417-6399:2017-12) – for RCM Type B  (IEC 60417-6149:2012-01 + IEC 60417-6160:2012-04 + IEC 60417-6297:2014-11) or  (IEC 60417-6398:2017-12)	X		
O	reference to IEC 62020-1		X	X
P	rated conditional short-circuit current and characteristics for the associated short-circuit protective device, according to 5.4.2			X
Q	rated conditional residual short-circuit current and characteristics for the associated short-circuit protective device, according to 5.4.3			X
R	terminals specifically intended for the connection of the neutral shall be indicated by the symbol N		X	X
S	disabling means for the audible signal, if any, by the symbol:  (IEC 60417-5014:2014-06)	X		

Item	Marking or information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a leaflet or manufacturer's catalogue
T	installation instructions, including identification of current transformer(s) which may be used with the RCM			X
U	directionally discriminating RCM, by the marking:  (IEC 60417-5022:2002-10)		X	
V	FE-terminal marked with letters "FE"		X	
W	RCM functionally dependent on an energy source other than line voltage, as applicable			X
X	Power-on indication (neither red, nor yellow, nor blue)	X		

Red shall not be used for the test button or for the resetting means, if any, of the RCM.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by the words "line" and "load" placed near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

Terminals on the RCM for connecting the current transformer shall be clearly identified.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol



(IEC 60417-5019:2006-08).

The marking shall be indelible, easily legible and not be placed on screws, washers or other removable parts.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

RCMs complying with this document shall be capable of operating under the standard conditions shown in Table 2.

Table 2 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ⁶⁾
Ambient temperature ^{1) 7)}	–5 °C to +40 °C ²⁾	20 °C	±5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value at 40 °C	50 % ³⁾		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	⁴⁾
Position	As stated by the manufacturer, with a tolerance of 2° in any direction ⁵⁾	As stated by the manufacturer	2° in any direction
Frequency	Reference value ±5 %	Rated value	±2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
¹⁾ The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. ²⁾ Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. ³⁾ Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C). ⁴⁾ When an RCM is installed in proximity of a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. ⁵⁾ The device shall be fixed without causing deformation liable to impair its functions. ⁶⁾ The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test. ⁷⁾ Extreme limits of –20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation and should be taken into account in the design of the device.			

7.2 Conditions of installation

RCMs shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

8.1.1 General

An RCM may provide remote indication of the basic insulation fault condition.

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the RCM by means of external interventions other than those specifically intended for changing the setting of the residual operating current or the time delay.

Where RCMs are fitted with an internal current transformer (CT), but have the capability of selecting an optional external CT, all relevant tests shall be carried out using the internal CT. The proper function of the external CT shall, however, be confirmed by testing it once according to 9.9.4.

8.1.2 Features

The RCM shall be provided with a visual "Power on" indicator which shall neither be red, yellow nor blue.

The RCM shall be provided with means for indicating a fault condition when the residual current exceeds the preset operating value, the primary indicating means being visual. The visual indicating means shall be an integral part of the RCM and shall be easily discernible from the front of the RCM when installed as for normal use. This visual indicating means shall not be coloured green. It shall not be possible to override the visual alarm whilst the fault is present.

Where an audible alarm is provided in addition, the audible signal shall be easily perceptible by persons with normal hearing and may have an adjustable sound level. It is permissible to switch off the audible alarm whilst the fault is present.

The audible alarm, if any, shall be automatically self-resetting on removal of the fault. In the event of a subsequent fault following removal of the first fault, the audible alarm shall be reactivated.

RCMs may be fitted with a resetting means to manually reset the RCM to the non-alarm state after removal of the fault. RCMs not fitted with a resetting means shall reset automatically after removal of the fault.

Where means are provided for adjustment of the residual operating current or of the delay time, such adjustment shall only be possible by the use of a tool.

Compliance with the above paragraphs is checked by inspection during the tests according to 9.9.

8.1.3 Clearances and creepage distances

Clearance and creepage distances applicable to the RCM (see also Annex B) and its external components, for example, current transformers, etc., with the exception of printed circuit boards, shall comply with the requirements of Table 3 when the RCM is mounted as for normal use.

The requirements specified in the preceding paragraph shall also apply to live conductors (phase and neutral) connected directly to the printed circuit board.

Creepage distances applicable to printed circuit boards of the RCM shall comply with the requirements of Table F.4 of IEC 60664-1:2007, "Creepage distances to avoid failure due to tracking", Pollution degree 2, Material group III.

Table F.4 of IEC 60664-1:2007 includes requirements for uncoated printed circuit boards. IEC 60664-3 provides for reduced clearance and creepage distances for printed circuit boards using a protective coating, potting or moulding. Such printed circuit boards may therefore be verified for compliance in accordance with IEC 60664-3 instead of Table F.4 of IEC 60664-1:2007.

Table 3 – Clearances and creepage distances

Description	Distance mm
<i>Clearances</i> ¹⁾	
– between live parts of different polarity ^{2) 3)}	3
– between live parts and	
• metal resetting means	3
• metal test button	3
• screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the RCM	3
• the surface on which the base is mounted ⁴⁾	6 (3)
• screws or other means for fixing the RCM ⁴⁾	6 (3)
• metal covers or boxes ⁴⁾	6 (3)
• other accessible metal parts ⁵⁾	3
• metal frames supporting flush-type RCMs	3
<i>Creepage distances</i> ¹⁾	
– between live parts of different polarity ^{2) 3)}	
• for RCMs having a rated voltage not exceeding 250 V	3
• for other RCMs	4
– between live parts and	
• metal resetting means	3
• metal test button	3
• screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the RCM	3
• screws or other means for fixing the RCMs ⁴⁾	6 (3)
• accessible metal parts ⁵⁾	3
¹⁾ Clearances and creepage distances of the secondary circuit and between the primary windings of the RCM transformer are not considered. ²⁾ Care should be taken for providing adequate spacing between live parts of different polarity of RCMs of the plug-in type mounted close to one another. Values are under consideration. ³⁾ In some countries greater distances between terminals are used in accordance with national practices. ⁴⁾ If clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the RCM is mounted are dependent on the design of the RCM only, so that they cannot be reduced when the RCM is mounted in the most unfavourable position (even in a metallic enclosure), the values in brackets are sufficient. ⁵⁾ Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight jointed test finger according to 9.6.	

8.1.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.1.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the RCM during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the RCM include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of an RCM.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.4.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.11, 9.12, 9.13 and 9.21.

8.1.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the RCM during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example, by guiding the screw by the part to be fixed by a recess in the female thread or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.1.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered with respect to the stability of the dimensions.

8.1.4.4 Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;
- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.24).

The requirements of this subclause do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.1.5 Terminals for external conductors

8.1.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 for screw-type terminals, by specific tests for plug-in or bolt-on RCMs included in this document, or by the tests of IEC 62873-3-1, IEC 62873-3-2 or IEC 62873-3-3 as relevant for the type of connection.

8.1.5.2 RCMs shall be provided with:

- either terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 4;
- or terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors according to IEC 62873-3-3.

For conductors other than connected to the main circuit (e.g. signalling circuits) smaller cross-sections and smaller terminals are permitted.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified in Table 4.

Table 4 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current A		Range of nominal cross-section to be clamped* mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	24 to 50	25 to 35
* It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm ² up to 6 mm ² be designed to clamp solid conductors only.			
NOTE 1 For correspondence between ISO and AWG cross-sections, see Annex ID of IEC 61008-1:2010.			
NOTE 2 For terminals not connected to the main circuit, no rated current is specified. The range of connectable cross-sections to be clamped shall be specified by the manufacturer taking into account appropriate values of this table.			

8.1.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection.

8.1.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of wires of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.1.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.2.

8.1.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.3.

8.1.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.2.

8.1.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.4.

8.1.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not work loose.

The requirements of the preceding paragraph do not imply that the terminals shall be so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement shall be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this document.

The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use;
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this document.

Compliance is checked by inspection, by measurement, and by the test of 9.4.

8.1.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs, special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, may be necessary.

8.1.5.11 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.2 Protection against electric shock

RCMs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that RCMs be installed according to the manufacturer's instructions.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the standard test finger (see 9.6).

The continuous current through the protective conductor shall not exceed 1 mA under normal supply conditions.

For RCMs other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the RCMs are mounted and wired as in normal conditions of use, shall either be of insulating material, or be lined throughout with insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of RCMs. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in RCMs, external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible for normal use, shall be of insulating material.

Metallic resetting means and metallic test buttons shall be insulated from live parts and their conductive parts which otherwise would be "exposed conductive parts" shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated resetting means of several current paths.

It shall be possible to easily replace plug-in RCMs without touching live parts.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by measurement, by inspection and by the test of 9.6.

8.3 Dielectric properties

RCMs shall have adequate dielectric properties.

Compliance is checked by the tests of 9.7.

8.4 Temperature rise

8.4.1 General

Subclause 8.4 is applicable to RCMs classified under 4.9.2. The temperature rise of RCMs classified under 4.9.1 is verified only by the test of 9.10.2.2.

8.4.2 Temperature rise limits

The temperature rises of the parts of an RCM specified in Table 5, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 5.

The RCM shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 5 – Temperature rise values

Parts ¹⁾	Temperature rise K
Terminals for external connections ²⁾	65
External parts liable to be touched during manual operation of the RCM	40
External metallic parts of resetting means and of test button	25
Other external parts, including that face of the RCM in direct contact with the mounting surface	60
¹⁾ No value is specified for parts other than those listed in this table, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the RCM shall not be impaired. ²⁾ For plug-in type RCMs, the terminals of the base on which they are installed.	

8.4.3 Ambient air temperature

The temperature rise limits given in Table 5 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 2.

8.5 Operating characteristic

The operating characteristic of RCMs shall comply with the requirements of 9.9.

8.6 Directional discrimination

8.6.1 For RCMs which are declared by the manufacturer to be able to discriminate between residual fault currents due to faults on the supply side and faults on the load side, compliance is checked by the tests of 9.9.5.

8.6.2 The internal impedance between the line terminal and the PE terminal shall have a value not less than 10 MΩ at 50/60 Hz. At higher frequencies the impedance may be reduced proportionally, however to not less than 1 MΩ.

Compliance is checked by the tests under 9.9.5 e).

8.7 Operational endurance

The test circuit and the functions activated by the test device shall endure a specified number of operations, and the visible signal, the audible signal (if any) and the relay (if any) shall be able to operate in the alarm state for a specified period of time.

Compliance is checked by the tests of 9.10.

8.8 Performance at short-circuit currents

RCMs shall be capable of withstanding a specified number of short-circuits during which they shall neither endanger persons or surroundings nor initiate flashovers between live parts or between such parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.11.

8.9 Resistance to mechanical impact

RCMs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.12.

8.10 Resistance to heat

RCMs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.13.

8.11 Resistance to abnormal heat and to fire

Parts of insulating material which might be exposed to thermal stresses due to electric effects, and the deterioration of which might impair the safety of the RCM, shall not be unduly affected by abnormal heat and fire.

Compliance is checked by the tests of 9.14.

8.12 Test device

RCMs shall be provided with a test device in order to allow a periodic testing of the ability of the RCM to operate. The test circuit shall be designed for continuous operation at 1,1 times the rated voltage.

NOTE 1 The test device is intended to check the actuating function, not the value at which this function is effective with respect to the rated residual operating current.

The ampere-turns produced when operating the test device of an RCM supplied at rated voltage or at the highest value of the voltage range, if applicable, shall not exceed 3,5 times the ampere-turns produced, when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is passed through the RCM. Alternative means of testing the RCM are acceptable, provided these confirm the correct operation of the device.

In the case of RCMs having several settings of residual operating current (see 4.4) the highest setting for which the RCMs have been designed shall be used. The test device shall comply with the test of 9.15.

If the test circuit is operated through the protective conductor, the current flowing through the conductor shall not exceed 1 mA.

The protective conductor of the installation shall not become live when the test device is operated.

The RCM may be fitted with a latching facility which retains the fault indication after the fault is cleared. Where such facility exists, the RCM shall be equipped with means for resetting.

Compliance is checked by inspection, measurement and by the test of 9.15.

NOTE 2 Additional requirements, taking into account the influence of the distribution system in which the RCM is installed, are under consideration.

8.13 Correct operation of RCMs within the supply voltage range

RCMs shall function reliably at any voltage between 85 % and 110 % of the rated voltage(s).

Compliance is checked by the tests of 9.9.

8.14 Behaviour of RCMs in case of overcurrents in the main circuit

RCMs shall not operate under specified conditions of overcurrents.

Compliance is checked by the test of 9.16.

8.15 Resistance of RCMs to unwanted initiating of an alarm due to current surges caused by impulse voltages

RCMs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitances of the installation.

Compliance is checked by the test of 9.17.

8.16 Behaviour of RCMs in case of earth fault currents comprising DC components

RCMs shall adequately perform in the presence of earth fault currents comprising DC components.

Compliance is checked by the tests of 9.19.

8.17 Reliability

RCMs shall operate reliably even after long service, taking into account the ageing of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.20 and 9.21.

8.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.18.1 General

Standard electromagnetic environmental conditions are those conditions which occur in installations connected to low voltage public networks or similar installations.

8.18.2 Immunity requirements

Immunity requirements for RCMs are given in Table 22.

Compliance is checked by the tests of 9.22.

8.18.3 Emission requirements

Emission tests are required for RCMs producing continuous or intermittent signals.

The requirements of CISPR 14-1 apply. Clause 7 of CISPR 14-1:2016 does not apply.

NOTE RCMs other than those containing a continuously operating oscillator do not usually generate continuous or transient disturbances except during their switching process. The frequency, the level and the consequences of such emissions are considered as part of the normal electromagnetic environment of low-voltage installations.

8.19 Connection of an external current transformer (CT)

If an external CT is used, the RCM shall automatically switch to the alarm state if the CT is disconnected.

Compliance is checked by the tests of 9.9.4.

8.20 Response to temporary overvoltages on the LV side due to fault conditions on the HV side

Devices with a functional earth connection (FE) shall withstand a temporary overvoltage applied between the live parts and FE without endangering persons or the surroundings.

Compliance is checked by the tests of 9.23.

9 Tests

9.1 General

9.1.1 The characteristics of RCMs are checked by means of type tests.

Type tests required by this document are listed in Table 6.

Table 6 – List of type tests depending on RCM classification

Test	Subclause	Classification according to	
		4.9.1	4.9.2
– Indelibility of marking	9.3	X	X
– Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4	X	X
– Reliability of terminals for external conductors	9.5	X	X
– Protection against electric shock	9.6	X	X
– Dielectric properties	9.7	X	X
– Temperature rise	9.8	n.a.	X
– Operating characteristics	9.9	X	X
– Operational endurance	9.10	X	X
– Short-circuit withstand capability	9.11	n.a.	X
– Resistance to mechanical impact	9.12	X	X
– Resistance to heat	9.13	X	X
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.14	X	X
– Operation of the test device at the limits of rated voltage	9.15	X	X
– Limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	9.16	X	X
– Resistance against unwanted operation due to current surges caused by impulse voltages	9.17	X	X
– Additional verification of the correct operation at residual currents with DC components	9.19	X	X
– Reliability	9.20	X	X
– Ageing of electronic components	9.21	X	X
– EMC	9.22	X	X
– Response of the RCM to temporary overvoltages on the LV side, due to fault conditions on the HV side	9.23	X	X
NOTE n.a.= not applicable.			

9.1.2 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences.

NOTE The term "certification" denotes either a manufacturer's declaration of conformity or third-party certification, for example by an independent certification body.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each type test (or sequence of type tests) is made on RCMs in a clean and new condition, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 2).

9.1.3 Routine tests are to be carried out by the manufacturer on each device.

9.2 Test conditions

The RCM is mounted individually according to the manufacturer's instructions and in free air, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

RCMs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest enclosure specified by the manufacturer.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

Unless otherwise specified, the RCM is wired with the appropriate cable having the cross-section specified in Table 7 and is fixed on a dull black painted plywood board of about 20 mm thickness, the method of fixing being in compliance with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 7 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
Cross-section mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 For correspondence between ISO and AWG copper conductors, see Annex ID of IEC 61008-1:2010.

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this document. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency ± 5 %.

During the tests, no maintenance or dismantling of the samples is allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.10 and 9.21, the RCM is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the length, with a tolerance of $^{+5}_0$ cm, of each temporary connection from terminal to terminal is
 - 1 m for cross-sections up to and including 10 mm²;
 - 2 m for cross-sections larger than 10 mm².

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 8.

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³.

Any aliphatic solvent hexane having both the main composition required by this document and the specific Chemical Abstracts Service Registry Number (CASRN) 110-54-3, specifically referred to as n-Hexane, is acceptable.

NOTE Explanation can be found in document CTL 1055.

Marking made by impressing, moulding or engraving is not subjected to this test.

After this test the marking shall be easily legible. The marking shall also remain easily legible after all the tests of this document.

It shall not be possible to easily remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.1.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the RCM, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 times in all other cases.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and reinserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 8.

The screws and nuts shall not be tightened in jerks.

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 4, solid or stranded, whichever is the most unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 8 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

Column I applies to screws without heads if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.

Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.

Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver.

Where a screw has a hexagonal head with a slot for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is made twice, first applying to the hexagonal head, the torque specified in column III, and then, on another sample, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver. If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is made.

During the test, the screwed connections shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the RCM.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of terminals for external conductors

9.5.1 Compliance with the requirements of 8.1.5 is checked by inspection, by the test of 9.4, for which a rigid copper conductor having the largest cross-section specified in Table 4 is placed in the terminal (for nominal cross-sections exceeding 6 mm², a rigid stranded conductor is used; for other nominal cross-sections, a solid conductor is used), and by the tests of 9.5.2, 9.5.3 and 9.5.4 using a suitable test screwdriver or spanner.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 4, solid or stranded, whichever is the most unfavourable.

The conductor is inserted into the terminal for the minimum distance specified or, where no distance is specified, until it just projects from the far side, and in the position most likely to permit the solid conductor or a strand (or strands) to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 8.

Each conductor is then subjected to the pull shown in Table 9.

The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the space intended for the conductor.

Table 9 – Pulling forces

Cross-section of conductor accepted by the terminal mm ²	Up to and including 4	Up to and including 6	Up to and including 10	Up to and including 16	Up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.3 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 4, solid or stranded, whichever is the most unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 8.

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage or severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, terminals shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the terminal.

9.5.4 The terminals are fitted with a rigid stranded copper conductor having the make-up shown in Table 10.

Table 10 – Conductor dimensions

Range of nominal cross-sections to be clamped mm ²	Stranded conductor	
	Number of strands	Diameter of strands mm
1,0 to 2,5* inclusive	7	0,67
1,0 to 4,0* inclusive	7	0,85
1,5 to 6,0* inclusive	7	1,04
2,5 to 10,0 inclusive	7	1,35
4,0 to 16,0 inclusive	7	1,70
10,0 to 25,0 inclusive	7	2,14
16,0 to 35,0 inclusive	19	1,53
25,0 to 50,0 inclusive	Under consideration	Under consideration

* If the terminal is intended to clamp solid conductors only (see asterisk of Table 4), the test is not made.

Before insertion into the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 8.

After the test, no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of RCMs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 2, on the RCM mounted as for normal use (see note of 8.2) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the RCM.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The standard test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V. The standard test finger shall not touch live parts.

RCMs with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of 35 °C ± 2 °C, the RCM being at this temperature.

RCMs are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the RCM, but it is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed RCMs having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel and mounted as for normal use.

In addition, RCMs equipped with a functional earth connection (FE) shall be tested by means of the test circuit and the test description shown in Figure 1.

The RCM is supplied at $1,1 U_e$. The voltage across R_e is measured under normal conditions. This voltage shall not exceed 1 mV.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the RCM for the test

Parts of the RCM which can be removed without the aid of a tool, are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.1.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity maintained between 91 % and 95 %.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within ± 1 °C of any convenient value T between 20 °C and 30 °C.

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between T and $T + 4$ K.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended to ensure constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.1.4 Condition of the RCM after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this document and shall withstand the tests of 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6 and 9.7.7.2 (if applicable).

9.7.2 Insulation resistance of the main circuits of RCMs classified according to 4.9.2

The RCM having been treated as specified in 9.7.1 is then removed from the cabinet and wired as in normal use (with external current transformer connected if applicable).

After an interval of between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after the application of a DC voltage of approximately 500 V, in the following order:

- a) for devices classified according to 4.9.2, in turn between each terminal and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- b) between all terminals connected together and the frame including a metal foil or part in contact with the outer surface of the housing of insulating material but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- c) for RCMs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

The measurements a), b) and c) are carried out after having connected all control and auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;
- the surface on which the base of the RCM is mounted, covered, if necessary, with metal foil;
- screws and other devices for fixing the base to its support;
- screws for fixing covers which have to be removed when mounting the RCM;
- metal parts of operating means referred to in 8.2;
- a metal foil in contact with the surfaces of the transformer where cables have to be fed through, or the conductor terminals of the monitored lines, if these are an integral part of the device.

If the RCM is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

For the measurements according to b) and c), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.3 Dielectric strength of the main circuit of RCMs classified according to 4.9.2

After the RCM has passed the tests of 9.7.2, the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.2.

The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the source shall operate when the current in the output circuit is less than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- 2 000 V for a) to b) of 9.7.2;
- 2 500 V for c) of 9.7.2.

Initially not more than half the specified voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.4 Insulation resistance and dielectric strength of control and auxiliary circuits

- a) The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the control and auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- b) The measurements of the insulation resistance are carried out:
- between the control and auxiliary circuits connected to each other and the frame;
 - between each of the parts of the control and auxiliary circuits which may be isolated from the other parts or circuits in normal service and the whole of the other parts and circuits connected together, at a voltage of approximately 500 V DC, after this voltage has been applied for 1 min.

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

- c) A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).

The voltage values to be applied are specified in Table 11.

Table 11 – Test voltage of control and auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (AC or DC)		Test voltage
V		
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test, the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of an RCM in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests can be made on samples specially prepared by the manufacturer or according to its instructions.

9.7.5 Secondary circuit of detection transformers

The circuit which includes the secondary circuit of the detection transformer is not submitted to any insulation test, provided that the circuit has no connection with accessible metal parts, with a protective conductor, or with live parts.

9.7.6 Capability of the RCM to withstand high DC voltages due to insulation measurements

This test is applicable only for RCMs with rated voltages greater than 50 V AC or greater than 120 V DC.

The test is carried out on the RCM fixed on a metal support with all external circuits including the external CT and remote alarm unit, if any, being connected as in service.

A DC voltage source is used with the following characteristics:

- open circuit voltage $600\text{ V }^{+25}_0\text{ V}$

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple 5 %

where

$$\text{ripple (\%)} = \frac{\text{max. value} - \text{min. value}}{\text{mean value}} \times 100$$

- short-circuit current: 12^{+2}_0

The test voltage is applied for 1 min between each supply terminal and the other supply terminals in turn.

After this test, the RCM shall be capable of performing satisfactorily the tests specified in 9.9.2 a), b) and c).

9.7.7 Verification of impulse withstand voltages

9.7.7.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 μs , and a time to half-value of 50 μs , the tolerances being as follows:

- $\pm 5\%$ for the peak value;
- $\pm 30\%$ for the front time;
- $\pm 20\%$ for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses shall be at least 1 s for impulses of the same polarity and be at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on the RCM, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The internal surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500 Ω .

The shape of the impulses is adjusted with the RCM under test connected to the impulse generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

For RCMs with incorporated surge arresters, the shape of the impulses is adjusted without connection of the RCM to the impulse generator.

Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

It is recommended that an oscilloscope be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.7.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of Table 3 does not show any reduced clearance, this test is not applied.

This test may be applied to replace the measurement of clearances of Table 3.

The test is carried out on an RCM fixed on a metal support and wired as in normal use (with external current transformer connected if applicable).

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 13 in accordance with the rated impulse withstand voltage of the RCM as given in Table 12. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 13.

Tests are made, applying the impulse voltage:

- a) for devices classified according to 4.9.2, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test.
 - 1) between all terminals connected together and the frame including a metal foil or part in contact with the outer surface of the housing of insulating material but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
 - 2) for devices with external current transformer, the test is carried out on the external current transformer, wired as in normal use and with metal foil covering the inner diameter area. The test is made at an impulse voltage as shown in the Table 13, the impulses being applied between the metal foil and the terminals of the current transformer.
- b) for RCMs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

NOTE The term "frame" is defined in 9.7.2.

Where applicable, the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

Tests for a) and b) are carried out after having connected all control and auxiliary circuits to the frame.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Table 12 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5		120/240 ^{a)}
4	230/400	120/240, 240 ^{b)}

a) For installation practice in Japan.
b) For installation practice in North American countries.

Table 13 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ AC peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.8 Test of temperature rise

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically distributed around the RCM at about half its height and at a distance of about 1 m from the RCM.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

RCMs and all relevant parts are mounted and connected according to the manufacturer's instructions and with the rated voltage applied. A residual current greater than $I_{\Delta n}$ shall be passed through the RCM to put it into the alarm state. Alarms, if any, shall not be switched off during this test. A current equal to I_n is passed simultaneously through all current paths of the RCM for a period of time sufficient for the temperature rise to reach the steady-state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature rise does not exceed 1 K per hour.

For RCMs with four current paths the test is first made by passing the specified current through the three current paths of the phases only.

The test is then repeated by passing the current through the path intended for the connection of the neutral and the adjacent current path.

During these tests, the temperature rise shall not exceed the values shown in Table 5.

9.8.3 Measurement of the temperature rise of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 5 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature rise of a part

The temperature rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.9 Verification of the operating characteristics

9.9.1 Test circuit

The RCM is installed as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance and correspond to Figure 3 or Figure 4, as applicable.

The instruments for the measurement of the residual current shall be at least of class 0,5 and shall show (or permit to determine) the true RMS value.

The instruments for the measurement of time shall have a relative error not greater than 10 % of the measured values.

9.9.2 Off-load tests with residual sinusoidal alternating currents at the reference temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$

The RCM shall perform the following tests made on one phase only, taken at random.

In the event of a sudden appearance of residual current, the RCM is connected according to the test circuit of Figure 3.

The supply voltage is set at 110 % of the rated voltage. In the case of more than one rated voltage, the test is made at each rated voltage.

RCMs with adjustable delay times are set to their minimum delay setting.

RCMs with adjustable residual operating current are set to their minimum value.

RCMs suitable for internal or external CTs shall be set for operation with an internal CT.

For the tests a), b), c) and d), S_1 is initially set to the TN position.

a) S_2 is opened.

Resistor R_1 is calibrated so as to provide a current of $0,5 \times I_{\Delta n}$ through the current transformer connected to the ammeter.

S_2 is closed for 15 s.

The RCM shall not switch to the alarm state.

- b) S_2 is opened.

Resistor R_1 is calibrated so as to provide a current of $I_{\Delta n}$ through the current transformer connected to the ammeter.

For RCMs without time delay this test is not applicable.

For RCMs with time delay, S_2 is closed for a period equal to the minimum non-actuating time ($T_{\min}$) of the RCM as declared by the manufacturer.

The RCM shall not switch to the alarm state.

- c) S_2 is opened.

Resistor R_1 is calibrated for a current of $I_{\Delta n}$ through the current transformer connected to the ammeter.

S_2 is closed for 15 s.

The RCM shall switch to the alarm state.

The time taken for the RCM to switch to the alarm state is measured. This time shall fall within the actuating time declared by the manufacturer and shall not exceed 10 s.

- d) S_2 is opened.

The current through the current transformer connected to the ammeter is calibrated by the resistor R_1 for a current of 5 times $I_{\Delta n}$ and for RCMs with adjustable residual operating current 5 times the maximum adjustable $I_{\Delta n}$.

S_2 is closed for 1,5 times $T_{\max}$.

The RCM shall switch to the alarm state.

The time taken for the RCM to switch to the alarm state is measured. This time shall not exceed $T_{\max}$.

- e) Test a), b), c) and d) are repeated at $0,85 U_e$.

- f) For RCMs with adjustable delay time, the tests a), b), c), d) and e) are repeated at their maximum setting of time delay.

- g) For RCMs with adjustable residual operating current, the tests a), b), c), d) and e) are repeated at their maximum setting of residual operating current.

9.9.3 Verification of the correct operation with load at the reference temperature

The tests of 9.9.2 are repeated, the RCMs being loaded with rated current and rated supply voltage as in normal service for a sufficient time so as to reach steady-state conditions.

In practice these conditions are reached when the variation of temperature rise does not exceed 1 K per hour.

9.9.4 Verification of the connection and the function of an external current transformer (CT)

This test is only applicable to RCMs with facility for connection of an external CT.

- a) The external CT is connected to the RCM as in normal use as specified by the manufacturer.

The RCM is connected according to the test circuit of Figure 3 and is supplied with rated supply voltage.

S_1 is in the TT position and S_2 is opened.

RCMs with adjustable time delay shall be set at their maximum time delay setting.

RCMs with adjustable residual operating current shall be set to their lowest residual operating current level.

There shall be no fault current flowing in the CT and the test circuit shall not be activated.

The external CT is disconnected and the RCM shall switch to the alarm state within 10 s.

This test is repeated twice, by re-connecting and subsequently disconnecting the CT.

Following this test, the resistor R_1 is adjusted so as to provide a current of $I_{\Delta n}$ through the external CT which is connected to the ammeter.

S_2 is closed for 15 s.

The RCM shall switch to the alarm state.

The time taken for the RCM to switch to the alarm state is measured. This time shall fall within the actuating time declared by the manufacture and shall not exceed 10 s.

- b) For RCMs with multiple settings of rated residual operating current, the test of 9.9.4 a) is made at the lowest and highest settings.

9.9.5 Verification of directional discrimination for RCMs classified according to 4.11

The RCM is connected in accordance with the test circuit of Figure 4. For RCMs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at the maximum and at the minimum settings. The tests are made for $T_{\min}$ and $T_{\max}$.

- a) Fault on the load side of the RCM:

S_1 is opened, S_2 is in position 1, S_3 is closed, S_4 is opened.

S_4 is closed for 1,5 times the actuating time.

The RCM shall switch to the alarm state within the actuating time specified by the manufacturer.

- b) Fault on the supply side of the RCM:

S_1 is opened, S_2 is in position 2, S_3 is closed, S_4 is opened.

The resistor R_1 is adjusted to practically 0 Ω .

S_4 is closed for 1,5 times the actuating time.

The RCM shall not switch to the alarm state.

- c) Discrimination against transient faults on the supply side of the RCM:

S_1 is opened, S_2 is in position 2, S_3 is closed, S_4 is opened.

With the same adjustments and settings as under b) above, switch S_4 is closed for approximately 2 times the declared actuating time of the RCM and then opened for approximately 5 s.

For an RCM with adjustable time delay, the test shall be conducted at the lowest setting of the time delay.

The RCM shall not switch to the alarm state.

This test is made 20 times.

- d) Discrimination against transient double faults on the supply side of the RCM when used in IT systems:

S_1 is closed, S_2 is in position 2, S_3 is closed, S_4 is closed.

Resistor R is calibrated for a current of $2 I_{\Delta n}$.

S_4 is opened.

The procedure described under c) is repeated with S_1 closed and S_2 in position 2.

The RCM shall not switch to the alarm state.

NOTE The main difference between the tests under c) and d) is that under c) the fault current is 90° leading in phase with respect to the voltage, while under d) the main part of the fault current is resistive and flows back to the supply side.

- e) Value of the internal impedance for directionally discriminating RCMs:

The requirements under 8.6.2 shall be verified.

9.10 Verification of operational endurance

9.10.1 General

These tests are made to verify the operational endurance of the test circuits and the alarm(s) of the RCM.

The RCM and its remote alarm accessories, if any, are mounted as for normal operation, supplied with 1,1 times rated voltage.

9.10.2 Test procedure

9.10.2.1 Circuit for the cycling test

The RCM shall undergo 500 test cycles as follows:

The test device is operated and maintained in the ON position until the alarm is activated.

For RCMs provided with manual reset, the test device is released as soon as the RCM alarm is activated. The RCM is then reset within 5 s.

For RCMs not provided with manual reset, the test cycle is repeated after a time interval between 1 s and 2 s.

After all the test cycles are completed, the test circuit and the alarm(s) shall function satisfactorily, and no changes shall have occurred which may adversely affect the further use of the RCM.

9.10.2.2 Endurance of alarm(s)

The RCM is brought to the alarm state and maintained there for 48 h. All alarm functions shall remain switched on and they shall function properly during and after this test and no temperatures shall exceed those listed in Table 5.

9.11 Verification of short-circuit withstand capability

9.11.1 List of the short-circuit tests

The tests to verify the withstand capability of RCMs under short-circuit conditions are the following:

- withstand at rated conditional short-circuit current I_{nc} , 9.11.2.2 a);
- withstand at rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$, 9.11.2.2 b).

9.11.2 Short-circuit tests

9.11.2.1 General conditions for test

The conditions of 9.11.2 are applicable to all tests intended to verify the behaviour of the RCMs under short-circuit conditions.

NOTE For RCMs having multiple settings of the residual operating current, the tests are made at the lowest setting.

a) Test circuit (applies only to RCMs classified according to 4.9.2 and 4.3)

Figure 7, Figure 8 and Figure 9, respectively, give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning

- RCM with two current paths;
- RCM with three current paths;

- RCM with four current paths.

The supply S feeds a circuit including resistors R, reactors L, the SCPD (if any), the RCM under test (D), and the additional resistors R_2 and/or R_3 , as applicable.

The values of the resistors and reactors of the test circuit shall be adjusted to satisfy the specified test conditions.

The reactors L shall be air-cored. They shall always be connected in series with the resistors R, and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is possible when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

In each test circuit the resistors R and reactors L are inserted between the supply source S and the RCM.

The SCPD is inserted between the resistors R and the RCM.

The additional resistors R_3 , if used, shall be inserted on the load side of the RCM.

For the tests of 9.11.2.2 a) and b) the RCM shall be connected with cables having a length of 0,75 m per phase and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 4.

It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the RCM.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report. It shall be in accordance with the relevant figure.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report.

R_2 , suitably calibrated, is a resistance used to obtain the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta C}$.

S_1 is an auxiliary switch.

The SCPD, if any, may be a circuit-breaker or a fuse, having Joule integral I^2t and peak current I_p not exceeding the I^2t and peak current I_p withstand capabilities stated by the manufacturer for the RCM.

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the RCM, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, shall be embodied by a silver wire using the test apparatus shown in Figure 10.

The silver wire shall have at least 99,9 % purity and a diameter as given in Table 14, according to the rated current I_n and the short-circuit currents I_{nc} and $I_{\Delta C}$.

Table 14 – Silver wire diameter as a function of rated current and short-circuit currents

All currents are in amperes.

I_{nc} and $I_{\Delta C}$	Silver wire diameter* (mm) corresponding to					
	$I_n \leq 16$	$16 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 40$	$40 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 125$
500	0,30	0,35				
1 000	0,30	0,50				
1 500	0,35	0,50	0,65	0,85		
3 000	0,35	0,50	0,60	0,80	0,95	1,15
4 500	0,35	0,50	0,60	0,80	0,90	1,15
6 000	0,35	0,50	0,60	0,75	0,90	1,00

* The silver wire diameter values are essentially based on peak current (I_p) considerations (see Table 15).

The corresponding approximate values of let-through energy I^2t and peak current are given in Table 15 and are considered conventionally as minimum values of reference.

Table 15 – Minimum values of I^2t and I_p

I_{nc} and $I_{\Delta c}$		$I_n \leq 16$	$16 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 40$	$40 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 125$
500	I_p kA	0,45	0,57				
	I^2t kA ² s	0,40	0,68				
1 000	I_p kA	0,65	1,18				
	I^2t kA ² s	0,50	2,7				
1 500	I_p kA	1,02	1,5	1,9	2,1		
	I^2t kA ² s	1	4,1	9,75	22		
3 000	I_p kA	1,1	1,85	2,35	3,3	3,7	3,95
	I^2t kA ² s	1,2	4,5	8,7	22,5	36	72,5
4 500	I_p kA	1,15	2,05	2,7	3,9	4,8	5,6
	I^2t kA ² s	1,45	5	9,7	28	40	82
6 000	I_p kA	1,3	2,3	3	4,05	5,1	5,8
	I^2t kA ² s	1,6	6	11,5	25	47	65

At the request of the manufacturer, a silver wire of a larger diameter may be used to verify coordination at values of I^2t and I_p higher than the minimum.

For intermediate values of short-circuit test currents, the silver wire diameter should be that corresponding to the next higher current in this table.

If another protective device gives the same results as the relevant silver wire in this test apparatus, it may be used for the test; for example, a fuse may be used for the test with the agreement of the manufacturer, if the corresponding I^2t and I_p values are nearly the same, but in any case not smaller than those of the silver wire used with the test apparatus. In case of doubt, the test should be repeated with the test apparatus.

The silver wire shall be inserted in the appropriate position of the test apparatus, horizontally and stretched. The silver wire shall be replaced after each test.

The verification of the minimum I^2t and I_p values is not needed if the manufacturer has stated for the RCMs values higher than the minimum ones in which case the stated values shall be verified.

For coordination with circuit-breakers, tests with the appropriate circuit-breaker are necessary.

All the conductive parts of the RCM normally earthed in service, including the metal support on which the RCM is mounted or any metal enclosure, shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral permitting a prospective fault current of at least 100 A.

This connection shall include a copper wire F of 0,1 mm diameter and not less than 50 mm in length for the detection of the fault current and, if necessary, a resistor R_1 limiting the value of the prospective fault current to about 100 A.

The current sensors O_1 are connected on the load side of the RCM.

The voltage sensors O_2 are connected:

- across the terminals of one phase, for RCMs with two current paths;
- across the supply terminals, for RCMs with three or four current paths.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least 100 Ω per volt of the power-frequency recovery voltage.

RCMs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages).

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of the correct coordination between RCMs and SCPDs shall be performed at values of influencing quantities and factors as stated by the manufacturer.

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- current: $+5\%$;
 -0% ;
- frequency: $\pm 5\%$;
- power factor: $+0$;
 $-0,05$;
- voltage (including recovery voltage): $\pm 5\%$.

c) Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factor of each phase.

The power factor shall be in accordance with Table 16.

Table 16 – Power factors for short-circuit tests

Short-circuit current I_c A	Power factor
$I_c \leq 500$	0,95 to 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

d) Calibration of the test circuit

The RCM and the SCPD or silver wire are replaced by temporary connections G_1 having a negligible impedance compared with that of the test circuit. If the RCM has no terminals for the main current, i.e. the cables are going through a current transformer core, the cables are routed outside this core during the calibration.

For the test of 9.11.2.2 a), the load terminals of the RCM being short-circuited by means of the connections G_2 of negligible impedance, the resistors R and the reactors L are adjusted so as to obtain a current equal to the rated conditional short-circuit current at the specified power factor; the test circuit is energized simultaneously in all phases and the current curve is recorded with the current sensor O_1 .

For the test of 9.11.2.2 b), only one cable is conducted through the RCM (or the current transformer), the magnitude of the residual conditional short-circuit current being adjusted by means of the resistance R and the reactor L .

e) Sequence of operations

The short circuit is established by the switch T , with the SCPD or silver wire in the closed position.

The SCPD or the silver wire opens the circuit.

f) Behaviour of the RCM under test

During the test the RCM shall not endanger the operator.

g) Condition of the RCM after test

After each of the tests applicable and carried out in accordance with 9.11.2.2 a) and 9.11.2.2 b) the RCM shall show no damage impairing its further use and shall be capable, without maintenance, of complying with the requirements of 9.7.3, without previous humidity treatment.

Under the test conditions of 9.9.2, the RCM shall operate with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made at one phase taken at random, without measurement of actuating time.

9.11.2.2 Verification of the coordination between the RCM and the SCPD

These tests are intended to verify that the RCM, protected by the SCPD, is able to withstand, without damage, short-circuit currents up to its rated conditional short-circuit current (see 5.3.8).

The short-circuit current is interrupted by the SCPD.

The SCPD is renewed after each operation, if required.

The following tests are carried out under the general conditions of 9.11.2.1:

- a test (see 9.11.2.2 a)) to verify that at the rated conditional short-circuit current I_{nc} the SCPD protects the RCM;
- a test (see 9.11.2.2 b)) to verify that in the case of phase-to-earth short circuits with currents up to the value of the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$, the RCM is able to withstand the corresponding stresses.

a) Verification of the coordination at the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

1) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the RCM and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains open: no residual current is established.

2) Test procedure

The switch T is closed and the SCPD operates. After opening of T and reclosing or renewing the SCPD, the switch T is closed once more in a time interval of 3 min.

b) Verification of the coordination at rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)

1) Test conditions

The RCM is connected in such a manner that the short-circuit current is a residual current.

The test is performed on one phase only. The other phases are not connected.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the RCM and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

2) Test procedure

The switch *T* is closed and the SCPD operates. After opening *T* and reclosing or renewing the SCPD, the switch *T* is closed once more in a time interval of 3 min.

3) Condition of the RCM after the tests

After the tests RCM shall not have suffered damage leading to non-compliance with this document.

9.12 Verification of resistance to mechanical impact

9.12.1 General

Compliance is checked on those exposed parts of the RCM and remote alarm units, if any, mounted as for normal conditions of use, which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.12.2 for all types of RCM and, in addition, by the tests of:

- 9.12.3 for RCMs intended to be mounted on a rail;
- 9.12.4 for plug-in type RCMs.

NOTE RCMs intended only to be totally enclosed are not submitted to this test.

9.12.2 Test for all RCM types

The samples are subjected to blows by means of an impact test apparatus as shown in Figure 11, Figure 12 and Figure 13.

The head of the striking element has a hemispherical face of radius 10 mm and is of polyamide having a Rockwell hardness of HR 100. The striking element has a mass of $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,025\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM specification D 785-65 (1970).

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type RCMs are mounted on a sheet of plywood, 175 mm × 175 mm, 8 mm thick, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 13.

The mounting support shall have a mass of $10\text{ kg} \pm 1\text{ kg}$ and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type RCMs are mounted in a device, as shown in Figure 14, which is fixed to the mounting support.

Panel-mounting type RCMs are mounted in a device, as shown in Figure 15, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type RCMs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the devices according to Figure 14 or Figure 15, as applicable.

RCMs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support.

The design of the test apparatus is such that:

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;
- the plywood can be turned about a vertical axis.

The RCM with its covers, if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate device, as applicable, so that the point of impact lies in the vertical plane through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 8.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the RCM is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact. The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element can be the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each RCM is subjected to 10 blows evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60°, about a vertical axis, and two blows each approximately midway between the side blow on a lateral side and the blows on the resetting means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about its axis perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this document. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the RCM, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such damage.

In case of doubt, it is verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.1.3 and small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are disregarded.

When testing RCMs designed for screw fixing as well as for rail mounting, the test is made on two sets of RCMs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.12.3 Rail-mounted RCMs

RCMs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied without jerks for 1 min on the forward surface of the RCM, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 16).

During this test the RCM shall not become loose and after the test the RCM shall show no damage impairing its further use.

9.12.4 Plug-in type RCMs

NOTE Additional tests are under consideration.

9.13 Test of resistance to heat

9.13.1 The samples, without removable covers, if any, are kept in a heating cabinet at a temperature of $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

During the test the samples shall not undergo any change impairing their further use, and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally not accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Under the test conditions of 9.9.2 the RCM shall actuate with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. Only one test is made, on one pole taken at random, without measurement of actuating time.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this document.

9.13.2 External parts of RCMs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts or parts of the protective circuit are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 17, except that, where applicable, the insulating parts necessary to retain in position terminals for protective conductors in a box, shall be tested as specified in 9.13.3.

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position, and a steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.13.3 External parts of RCMs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.13.2, but the test is made at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is higher.

NOTE For the purpose of the tests of 9.13.2 and 9.13.3, bases of surface-type RCMs are considered as external parts.

The tests of 9.13.2 and 9.13.3 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.13.2 and 9.13.3 are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to 9.13.2 or 9.13.3.

9.14 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete RCM in accordance with IEC 60695-2-10 under the following conditions:

- for external parts of RCMs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

For the purpose of this test, bases of surface-type RCMs are considered as external parts.

Small parts, where each surface lies completely within a circle of 15 mm diameter, or where any part of the surface lies outside a 15 mm diameter circle and it is not possible to fit a circle of 8 mm diameter on any of the surfaces, are not subjected to the test of this subclause (see Figure 31 for diagrammatic representation).

If insulating parts within the above groups are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts or to ensure that a part of the insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

The test is made on three samples, the points of application of the glow-wire test being different from one sample to another.

The glow-wire cannot be applied directly to terminal areas or arc chamber or magnetic tripping device areas, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever coming into contact with the glow-wire. In this situation, the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.

The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

If an internal part of insulation material influences the test with a negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. The glow-wire test shall then be repeated in the same location on this new sample.

In case it is not possible to perform the test on the complete end product, it is acceptable to remove the part under examination in its entirety and test it separately, according to 4.3 of IEC 60695-2-11:2014.

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if:

- either there is no visible flame and no sustained glowing;
- or flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pine wood board.

9.15 Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage

- a) The RCM being supplied by a voltage equal to 0,85 times the rated voltage, the test device is momentarily actuated 25 times at intervals of 5 s, the RCM being reset before each operation. For RCMs with delay time up to 10 s, the interval is increased to 15 s.
- b) Test a) is then repeated at 1,1 times rated voltage.
- c) Test b) is then repeated, but only once, the resetting means of the test device being held in the closed position for 30 s.

At each test the RCM shall activate the alarm. After the test, it shall show no change impairing its further use.

In order to check that the ampere-turns due to the operation of the test device are less than 3,5 times the ampere-turns produced by a residual current equal to $I_{\Delta n}$ at the rated voltage, the impedance of the circuit of the test device is measured and the test current is calculated, taking into account the configuration of the circuit of the test device.

If, for such verification, the dismantling of the RCM is necessary, a separate sample shall be used.

Where an alternative test method is used, the above verification of the ampere-turns does not apply.

NOTE The verification of the endurance of the test device is considered as covered by the tests of 9.10.

9.16 Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions

9.16.1 General

The tests of 9.16.2 and 9.16.3 are applicable only to RCMs classified under 4.9.2.

NOTE For RCMs having multiple settings, the test is made at the lowest settings.

9.16.2 Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a load through an RCM with two current paths

The RCM is connected according to Figure 18 a).

The RCM is connected as for normal use with a substantially non-inductive load corresponding to a current of $6 I_n$.

RCMs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).

The load is switched on using a two-pole test switch and then switched off after 1 s.

The test is repeated three times, the interval between two successive closing operations being at least 1 min.

The RCM shall not operate.

9.16.3 Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCM

The RCM is connected according to Figure 18 a).

RCMs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).

The resistance R is adjusted so as to let a current equal to $6 I_n$ flow in the circuit.

NOTE For the purpose of this current adjustment, the RCM can be replaced by connections of negligible impedance.

The test switch S_1 , being initially open, is closed and re-opened after 1 s.

The test is repeated three times for each possible combination of the current paths, the interval between two successive operations being at least 1 min.

The RCM shall not operate.

9.16.4 Verification of the limiting value of overcurrent in the case of a single-phase load through an RCM with an external detecting device (transformer)

The RCM is connected according to Figure 18 b).

RCMs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage (or if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).

The resistance R is adjusted so as to let a current equal to $6 I_n$ flow in the circuit.

NOTE For the purpose of this current adjustment, the RCM can be replaced by connections of negligible impedance.

The test switch S_1 , being initially open, is closed and reopened after 1 s.

The test is repeated three times for each possible combination of current paths, the interval between two successive operations being at least 1 min.

The RCM shall not operate.

9.17 Verification of resistance against unwanted operation due to current surges caused by impulse voltages

The RCM is tested using a surge generator capable of delivering a damped oscillatory current wave as shown in Figure 19. An example circuit diagram for the connection of the RCM is shown in Figure 20.

One phase of the RCM chosen at random shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional RCM of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, to meet the following requirements:

- peak value: 200^{+20}_0 A
or
 $25^{+2,5}_0$ A for RCMs with $I_{\Delta n} \leq 10$ mA
- virtual front time: $0,5 \mu\text{s} \pm 0,15 \mu\text{s}$
- period of the following oscillatory wave: $10 \mu\text{s} \pm 2 \mu\text{s}$
- each successive peak: about 60 % of the preceding peak

During the tests, the RCM shall not be actuated. After the ring wave test, the correct operation of the RCM is verified by a test according to 9.9.2 c) at $I_{\Delta n}$ only with the measurement of the actuating time.

NOTE Test procedures and relevant test circuits for RCMs with integral or incorporated overvoltage protection are under consideration.

9.18 Void

9.19 Additional verification of the correct operation at residual currents with DC components

9.19.1 General

The tests of 9.19 are not applicable for RCM Type AC. Table 17 gives an overview of the tests to be performed for RCM Type A, Type F and Type B.

Table 17 – Overview of test details for the RCM types

RCM type	Actuating current		Test procedure	Test circuit	Operating current	
					Lower limit	Upper Limit
A	Sinusoidal current		9.9.2	Figure 3 and Figure 4	$0,5 I_{\Delta n}$	$1,0 I_{\Delta n}$
	Pulsating direct current	Angle 0 °	9.19.2.1 9.19.2.2 9.19.2.3	Figure 5		$1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$
		Angle 90 °	9.19.2.1	Figure 5	$0,25 I_{\Delta n}$	
		Angle 135 °	9.19.2.1	Figure 5	$0,11 I_{\Delta n}$	
		Angle 0 °, superimposed by smooth DC of 6 mA	9.19.2.4	Figure 6	$0,35 I_{\Delta n}$	
F	All currents of RCM Type A					
	Composite current	I_{Δ} (fn): 69 % I_{Δ} (1 kHz): 69 % I_{Δ} (10 Hz): 17,5 %	9.19.3.1 9.19.3.2 9.19.3.4	Figure 26		$1,4 I_{\Delta n}$
	Pulsating direct current superimposed on a smooth direct current	Angle 0 °, superimposed by smooth DC of 10 mA	9.19.3.3	Figure 5		$1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$
B	All currents RCM Type F					
	Sinusoidal current	150 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,4 I_{\Delta n}$
		400 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$0,5 I_{\Delta n}$	$6 I_{\Delta n}$
		1 000 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$1,0 I_{\Delta n}$	$14 I_{\Delta n}$
	Sinusoidal current superimposed on a smooth direct current	I_{Δ} (fn) + I_{Δ} (DC) I_{Δ} (DC) = $0,4 \times I_{\Delta n}$	9.19.4.3	Figure 4		$1,0 I_{\Delta n}$
	Pulsating direct current superimposed on a smooth direct current	I_{Δ} (fn) + I_{Δ} (DC) I_{Δ} (DC) = $0,4 \times I_{\Delta n}$	9.19.4.4	Figure 6		$1,4 I_{\Delta n}$
	Direct current resulting from rectifying circuit supplied from two phases	$f(I_{\Delta}) = fn$	9.19.4.5	Figure 28	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Direct current resulting from a six pulse rectifying circuit	$f(I_{\Delta}) = fn$	9.19.4.6	Figure 29	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Smooth direct current		9.19.4.7	Figure 30	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Smooth direct current suddenly appearing		9.19.4.9	Figure 30	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$

The RCM is installed as for normal use. All tests shall be carried out with the RCM supplied first at $0,85 U_e$ and then at $1,1 U_e$ with rated frequency and unless otherwise specified, without load.

The test conditions of 9.9.1 and 9.9.5 apply, except that the test circuits shall be those shown in Figure 5, Figure 6, Figure 26, Figure 27, Figure 28, Figure 29, Figure 30 and Figure 32 as applicable.

Subclause 9.19.2 is applicable for RCM Type A, Type F and Type B.

Subclause 9.19.3 is applicable for RCM Type F and Type B.

Subclause 9.19.4 is applicable for RCM Type B.

9.19.2 Verification of the correct operation for RCM Type A, Type F and Type B

9.19.2.1 Verification of the correct operation in the case of a continuous rise of the residual pulsating direct current

The test shall be performed according to Figure 5.

NOTE For directionally discriminating RCMs, additional tests of the correct operation in the case of a continuous rise of the residual direct current are under consideration.

The auxiliary switches S_1 and S_2 shall be closed. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° and 135° are obtained. Each pole of the RCM shall be tested twice at each of the current delay angles, in position I as well as in position II of the auxiliary switch S_3 .

At every test, the current shall be steadily increased at an approximate linear rise of $1,4 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ for RCMs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, and at an approximate linear rise of $2 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ for RCMs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, starting from zero. The actuating current shall be in accordance with Table 18.

Table 18 – Actuating current ranges

Angle α	Actuating current A	
	Lower limit	Upper limit
0°	$0,35 I_{\Delta n}$	} $1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$
90°	$0,25 I_{\Delta n}$	
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	

9.19.2.2 Verification of the correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents

The test shall be performed according to Figure 5.

NOTE For directionally discriminating RCMs, additional tests of the correct operation in case of a continuous rise of the residual direct current are under consideration.

The circuit is successively calibrated at the values of $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$ and $5 I_{\Delta n}$, and the auxiliary switch S_1 is in the closed position.

The residual current is suddenly established by closing the switch S_2 . Two tests are made at each value of $I_{\Delta n}$ multiplied by 1,4 for RCMs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A and multiplied by 2 for RCMs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$, with the auxiliary switch S_3 in position I for the first test and in position II for the second test.

The RCM shall operate at each test without exceeding $T_{\max}$.

9.19.2.3 Verification at the reference temperature of the correct operation with load

The tests of 9.19.2.1 are repeated, the pole under test and one other pole of the RCM being loaded with the rated current, this current being established shortly before the test.

NOTE The loading with rated current is not shown in Figure 5.

9.19.2.4 Verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by smooth direct current of 0,006 A

The RCM shall be tested according to Figure 6 with a half-wave rectified residual current (current delay angle $\alpha = 0^\circ$) superimposed by a smooth direct current of 0,006 A.

Each pole of the RCM is tested in turn, twice at each of positions I and II.

The half-wave current I_1 , starting from zero, is steadily increased at an approximate linear rise of $1,4 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ for RCMs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A and $2 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ for RCMs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A. The device shall operate before the residual pulsating direct current reaches a value not exceeding $1,4 I_{\Delta n}$ for RCMs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A or $2 I_{\Delta n}$ for RCMs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

9.19.3 Verification of correct operation for RCM Type F and Type B

9.19.3.1 Increase of composite residual current

RCMs shall be installed as for normal use and shall be tested according to Figure 26.

Table 19 provides frequency component values for calibration purposes as well as the starting current values in RMS to verify the correct RCM operation in case of a steadily increased residual current. The tolerance of the test frequency is ± 2 %.

Table 19 – Frequency component values of test currents and starting current values for verifying operating

Frequency component values $I_{\Delta n}$ (RMS)			Composite starting current value (RMS)
At rated frequency	1 kHz	Motor 10 Hz I_F	I_{Δ}
$0,138 I_{\Delta n}$	$0,138 I_{\Delta n}$	$0,035 I_{\Delta n}$	$0,2 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ corresponds to the rated residual operating current of the device at the rated frequency.			
NOTE 2 For the test purposes, the values of 10 Hz and 1 kHz have been used for the output and clock frequency respectively representing the most severe condition.			

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the starting composite residual current value given in Table 19 shall be increased at a linear rate and trying to attain the value of $1,4 I_{\Delta n}$ within $100 \times T_{\max}$. The RCM shall operate to the alarm state within the limits of Table 20.

Table 20 – Operating current ranges for composite residual current

Operating current (RMS)	
Lower limit	Upper limit
$0,5 I_{\Delta n}$	$1,4 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ corresponds to the rated residual operating current of the device at the rated frequency.	
NOTE 2 Operating currents are composed of the ratio of frequency components given in Table 19.	

During the test, the ratios of the different frequencies shall be maintained from the initial value up to the operating value.

9.19.3.2 Four-pole RCM Type F powered on two poles

Tests to verify the correct operation when a four-pole RCM Type F is powered on only two poles, shall be performed with a four-pole RCM according to 9.19.3.1, but the RCM is only supplied between the neutral terminal and one phase terminal chosen at random with rated frequency and without load.

9.19.3.3 Residual pulsating direct currents in presence of a standing smooth direct current

The test conditions to verify the correct operation in case of residual pulsating direct currents in the presence of a standing smooth direct current of 0,01 A are according to 9.19.2.4, but the RCM is tested with a smooth current of 0,01 A instead of 0,006 A.

9.19.3.4 Sudden appearance of composite residual current

Correct operation of the RCM shall be tested with the RCM being in the closed position, where a composite residual current, according to Table 19, equal to 5 times the upper limit given in Table 20 is suddenly applied. Three measurements of the actuating time are made. The actuating times shall not exceed $T_{\max}$.

9.19.4 Verification of correct operation for RCM Type B

9.19.4.1 General

The RCM is installed as for normal use.

For RCMs with multiple settings of residual operating current, the tests are performed for each setting.

9.19.4.2 Residual sinusoidal alternating currents that differ from the rated frequency 50/60 Hz

The test for the verification of the correct operation in the case of residual sinusoidal with frequencies up to 1 000 Hz shall be performed according to Figure 27.

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the residual current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of residual operating current given in Table 21, the operating current being measured.

The test is carried out on one pole taken at random at each frequency given in Table 21 and repeated two times; the operating values shall be in compliance with Table 21.

Table 21 – Residual non-operating and operating current according to frequencies that differ from the rated frequency 50/60 Hz for RCM Type B

Frequency Hz	Residual non-operating current $I_{\Delta no}$	Residual operating current $I_{\Delta n}$
150	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,4 I_{\Delta n}^a$
400	$0,5 I_{\Delta n}$	$6 I_{\Delta n}^a$
1 000	$I_{\Delta n}$	$14 I_{\Delta n}^{a b}$
NOTE 1 The definitions of "residual non-operating current" and of "operating currents" are those given in 5.3. NOTE 2 The waveform for the given frequencies is sinusoidal. NOTE 3 The maximum permissible earthing impedance at a frequency f_x depends on the upper limit of the operating currents of the RCM at that frequency. The relationship between the frequency of the acceptable touch voltages and the dissipated power in the human body is under consideration. Until final values are fixed, the maximum allowed touch voltage is 50 V for 50/60 Hz. ^a The values correspond to the threshold of ventricular fibrillation according to IEC/TS 60479-1 in combination with the frequency factor for ventricular fibrillation according to IEC/TS 60479-2. ^b IEC 60479 (all parts) gives no factors for frequencies above 1 kHz.		

9.19.4.3 Residual alternating current superimposed on a residual smooth direct current

Correct operation of the RCM shall be tested where the RCM being in closed position, a residual smooth direct current is applied through one pole chosen at random and is adjusted to $0,4 I_{\Delta n}$ or 10 mA whichever is the highest value, in accordance with Figure 32. The residual alternating current of the rated frequency is applied to another pole and is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $I_{\Delta n}$ within 30 s. The current actuating to the alarm state shall be measured.

The alternating actuating current shall be equal to or lower than $I_{\Delta n}$.

9.19.4.4 Residual pulsating direct current superimposed on a residual smooth direct current

The test for the verification of the correct operation in case of a residual pulsating direct current superimposed on a residual smooth direct current shall be performed according to Figure 6.

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the residual smooth direct current is applied through one pole chosen at random and is adjusted to $0,4 I_{\Delta n}$ or 10 mA, whichever is the highest value.

The residual pulsating direct current is applied to another pole chosen at random with a current delay angle α of 0° and is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $1,4 I_{\Delta n}$ for RCM with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, or $2 I_{\Delta n}$ for RCM with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A within $100 \times T_{max}$, the operating current being measured.

The RCM is tested, twice at each position I and II of S_3 and S_4 .

The RCM shall operate before the residual pulsating direct current reaches a value not exceeding $1,4 I_{\Delta n}$ for RCM with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, or $2 I_{\Delta n}$ for RCM with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

9.19.4.5 Residual direct currents as a result of rectifying circuits supplied from two phases

The test for the verification of the correct operation in case of residual direct currents that may result from rectifying circuits supplied from two phases shall be performed according to Figure 28.

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the residual pulsating direct current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $2 I_{\Delta n}$ within $100 \times T_{max}$, the operating current being measured.

- The test circuit is connected to the RCM at two line terminals chosen at random
- The RCM is tested twice at each position I and II of S_3 .
- The RCM shall operate within the limits of $0,5 I_{\Delta n}$ to $2 I_{\Delta n}$.

9.19.4.6 Residual direct currents as a result of rectifying circuits supplied from three phases

This test does not apply to two-pole RCM Type B.

The test for the verification of the correct operation in case of residual direct currents that may result from rectifying circuits supplied from three phases shall be performed according to Figure 29.

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the residual pulsating direct current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $2 I_{\Delta n}$ within $100 \times T_{max}$, the tripping current being measured.

- The RCM is tested twice at each position I and II of S_3 .
- The RCM shall operate within the limits of $0,5 I_{\Delta n}$ to $2 I_{\Delta n}$.

9.19.4.7 Residual smooth direct current

The verification of the correct operation in case of residual smooth direct currents without load shall be performed according to Figure 30.

The test switches S_1 and S_2 and the RCM being in the closed position, the residual smooth direct current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $2 I_{\Delta n}$ within $100 \times T_{max}$, the operating current being measured.

- One pole of the RCM, chosen at random and exemplified in Figure 30, is tested twice at each position I and II of S_3 .
- The RCM shall operate within the limits of $0,5 I_{\Delta n}$ to $2 I_{\Delta n}$.

The test is then repeated, the RCM being loaded with the rated current as for normal service for a sufficient time so as to reach thermal steady-state conditions.

NOTE The loading with rated current is not shown in Figure 30.

9.19.4.8 Three- and four-pole RCM Type B powered by two poles

Tests to verify the correct operation when a three-pole or four-pole RCM Type B powered on only two poles, shall be performed according to 9.19.4.2 and 9.19.4.7, but the RCM is only supplied between the neutral terminal and one phase terminal chosen at random for four-pole devices or between two phase terminals chosen at random for three-pole devices with rated frequency and without load, if applicable.

9.19.4.9 Verification of the correct operation in case of suddenly appearing residual smooth direct currents

RCMs shall be tested according to Figure 30.

NOTE For directionally discriminating RCMs, the test of the correct operation in the case of a suddenly appearing residual smooth direct current is under consideration.

The circuit is successively calibrated at the values of $2 I_{\Delta n}$, $4 I_{\Delta n}$ and $10 I_{\Delta n}$, and the auxiliary switch S_1 is in the closed position.

The residual current is suddenly established by closing the switch S_2 . Two tests are made at each value of I_{Δ} with the auxiliary switch S_3 in position I for the first test and in position II for the second test.

The RCM shall operate at each test within 10 s.

9.20 Verification of reliability

9.20.1 General

Compliance is checked by the tests of 9.20.2 and 9.20.3.

NOTE For RCMs having multiple settings, the tests can be made at the lowest settings.

9.20.2 Climatic test

9.20.2.1 General

The test is based on IEC 60068-2-30 taking into account IEC 60068-3-4.

9.20.2.2 Test chamber

The chamber shall be constructed as stated in Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and not used again until it has been re-purified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than 500 Ωm and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test the resistivity should be not less than 100 Ωm and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.20.2.3 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- number of cycles: 28.

9.20.2.4 Testing procedure

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005 and with IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the RCM to the test according to 9.9.2 c).

b) Conditioning

The RCM, mounted and wired as for normal use, is placed into the chamber.

The temperature of the RCM shall be stabilized at $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (see Figure 21):

- either by placing the RCM in a separate chamber before placing it into the test chamber;
- or by adjusting the temperature of the test chamber to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ after placing the RCM into the chamber and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits specified for standard atmospheric conditions for testing (see Table 2).

During the final hour, with the RCM in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

c) 24-hour cycle (see Figure 22)

The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature specified in 9.20.2.3.

The upper temperature shall be achieved in a period of $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area in Figure 22.

During this period, the relative humidity shall not be less than 95 %. Condensation shall occur on the RCM during this period.

The condition that condensation shall occur implies that the surface temperature of the RCM is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 % if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

The temperature shall then be maintained for $12\text{ h} \pm 30\text{ min}$ from the beginning of the cycle at a substantially constant value within the specified limits of $\pm 2\text{ °C}$, for the upper temperature.

During this period, the relative humidity shall be $93\% \pm 3\%$ except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the RCM during the last 15 min.

The temperature shall then fall to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ within 3 h to 6 h. The rate of temperature fall for the first 1 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 22, it would result in a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ being attained in $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

The temperature shall then be maintained at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ with a relative humidity of not less than 95 % until the 24-h cycle is completed.

9.20.2.5 Recovery

At the end of the cycles, the RCM shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation is stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles, the RCM shall not actuate.

9.20.2.6 Final verification

Under the conditions of tests specified in 9.9.2 c), the RCM shall actuate with a test current of $1,25\text{ }I_{\Delta n}$. One test only is made on one phase taken at random, without measurement of actuating time.

9.20.3 Test with temperature of 40 °C

The RCM is mounted as for normal use on a dull black painted plywood wall, about 20 mm thick.

For each phase, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 4, is connected on each side of the RCM, the terminal screws or nuts being tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 8. The assembly is placed in a heating cabinet.

The RCM is loaded with a current equal to rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch.

For four-path RCMs, only three paths are loaded.

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples; this temperature rise shall not exceed 65 K.

After this test the RCM, in the cabinet, is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

Under the conditions of tests specified in 9.9.2 c), the RCM shall actuate with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one phase taken at random without measurement of actuating time.

9.21 Verification of ageing of electronic components

NOTE 1 A revision of this test is under consideration.

The RCM is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The supply voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test, the RCM, in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

Under the conditions of tests specified in 9.9.2 c), the RCM shall actuate with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one phase taken at random without measurement of actuating time.

NOTE 2 An example for the test circuit of this verification is given in Figure 23.

9.22 Verification of EMC requirements

9.22.1 General

RCMs shall be submitted to the EMC tests according to Table 22 which is based on the requirements of IEC 61543.

Table 22 – EMC tests

Phenomenon	Basic standard	Port	Test value	Performance criteria	Specification
Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2	Enclosure	±6 kV contact discharge ±8 kV air discharge	A2 A2	
Radiated radio-frequency electromagnetic fields	IEC 61000-4-3	Enclosure	80 MHz to 1 GHz, 10 V/m for $I_{\Delta n} \geq 30$ mA 80 MHz to 1 GHz, 3 V/m for $I_{\Delta n} < 30$ mA 1 GHz to 6 GHz, 3 V/m	A1 A1 A1	
Electrical fast transients / bursts	IEC 61000-4-4	Monitored circuit ports (U_{em}) Auxiliary ports ≥ 100 V Auxiliary ports < 100 V	4 kV (5 kHz or 100 kHz) 4 kV (5 kHz or 100 kHz) 2 kV (5 kHz or 100 kHz)	A2 A2 A2	
Surges	IEC 61000-4-5	Monitored circuit ports (U_{em}) Auxiliary ports ≥ 100 V Auxiliary ports < 100 V > 10 m	2 kV line to line (2 Ω) 4 kV line to earth (12 Ω) 2 kV line to line (2 Ω) 4 kV line to earth (12 Ω) 1 kV line to line (42 Ω) ^a 2 kV line to earth (42 Ω)	A2 B A2 A2 A2 A2	Not intended for symmetrical operated circuits/lines
Conducted disturbances induced by RF fields	IEC 61000-4-6	all ports	150 kHz to 80 MHz 10 V for $I_{\Delta n} \geq 30$ mA 150 kHz to 80 MHz 3 V for $I_{\Delta n} < 30$ mA	A1 A1	
Power frequency magnetic fields		Enclosure			Covered by tests of 9.11. For RCMs with external current transformers, the short-circuit tests shall be performed with the current transformer as close as possible to the RCM, according to manufacturer instruction
Voltage dips, short interruptions and voltage variations	IEC 61000-4-11 IEC 61000-4-34		0 % during 1 cycle 40 % during 10/12 cycles 70 % during 25/30 cycles 0 % during 250/300 cycles	A2 B B B	For example, "25/30 cycles" means "25 cycles for 50 Hz test" or "30 cycles for 60 Hz test"
Ring waves			200 A for $I_{\Delta n} > 10$ mA 25 A for $I_{\Delta n} \leq 10$ mA		Covered by test 9.17. Only in Quiescent mode, without residual current, according to 9.17

For the purposes of this document, the acceptance criteria of IEC 61000 (all parts) are replaced for each test as specified in 9.22.3 to 9.22.5.

9.22.2 Description of quiescent mode and operate mode

Quiescent mode: the device is operating under conditions where – as a result of residual current measurement – no alarm is detected.

For devices allowing the residual current value $I_{\Delta n}$ to be configured within a range of values, the test shall be performed with the lowest and the highest settings.

For devices with a fixed value for the specified response value $I_{\Delta n}$, the test shall be made with this specified value.

For RCMs, a residual current of $0,3 \times I_{\Delta n}$ is applied.

Operate mode: the device is in a mode where an alarm is detected.

For devices allowing $I_{\Delta n}$ to be configured within a range of values, the test shall be performed with the lowest and the highest settings.

For devices with a fixed value for $I_{\Delta n}$, the test shall be made with this specified value.

For RCMs, a residual current of $1,25 \times I_{\Delta n}$ is applied.

9.22.3 Criterion A1

In quiescent mode: the alarm digital output and the visual indicators shall not switch to the alarm state during the test.

In operate mode: the alarm digital output and the visual indicators shall switch to the alarm state and remain in the alarm state during the test.

When the RCM includes indicators for the residual current or equivalent values, the measurement uncertainty during the immunity test shall not be greater than the specified measurement uncertainty declared by the manufacturer.

Visual indicators (for example, displays, LEDs) and remote control shall work as intended.

9.22.4 Criterion A2

In quiescent mode: the alarm digital output and the visual indicators shall not switch to the alarm state during the test.

In operate mode: the alarm digital output and the visual indicators shall switch to the alarm state and remain in the alarm state during the test.

During the test, the measurement functions may be transiently influenced. After the test, the EUT shall continue to operate as intended for normal operation.

Visual indicators (for example, displays, LEDs) and remote functions (for example, analogue or digital control interfaces) may be transiently influenced.

9.22.5 Criterion B

In quiescent mode: the alarm digital output and the visual indicators may switch to the alarm state but shall not remain in the alarm state after the test.

In operate mode: the alarm digital output and the visual indicators need not remain in the alarm state during this test but shall switch to or remain in the alarm state after the test.

During the test, the measurement functions may be transiently influenced. After the test, the EUT shall continue to operate as intended for normal operation.

Visual indicators (for example, displays, LEDs) and remote functions (for example, analogue or digital control interfaces) may be transiently influenced.

9.23 Response of the RCM to temporary overvoltages on the LV side, due to fault conditions on the HV side

For devices with a protective earth connection (PE), the following test shall be applied:

A test voltage of $1\,200\text{ V} + U_0$ at power frequency is applied for 5 s between all live terminals (phases and neutral) connected together and the PE terminal. Electronic circuitry connected to the PE terminal shall not be disconnected. The test generator shall be capable of supplying a short-circuit current of $0,2\text{ A} \pm 0,02\text{ A}$. During and after the test, damage, if any, shall be confined to the RCM itself.

9.24 Test of resistance to rusting

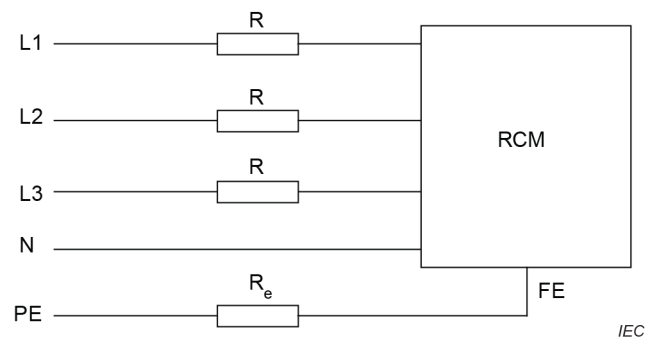
All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser, such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

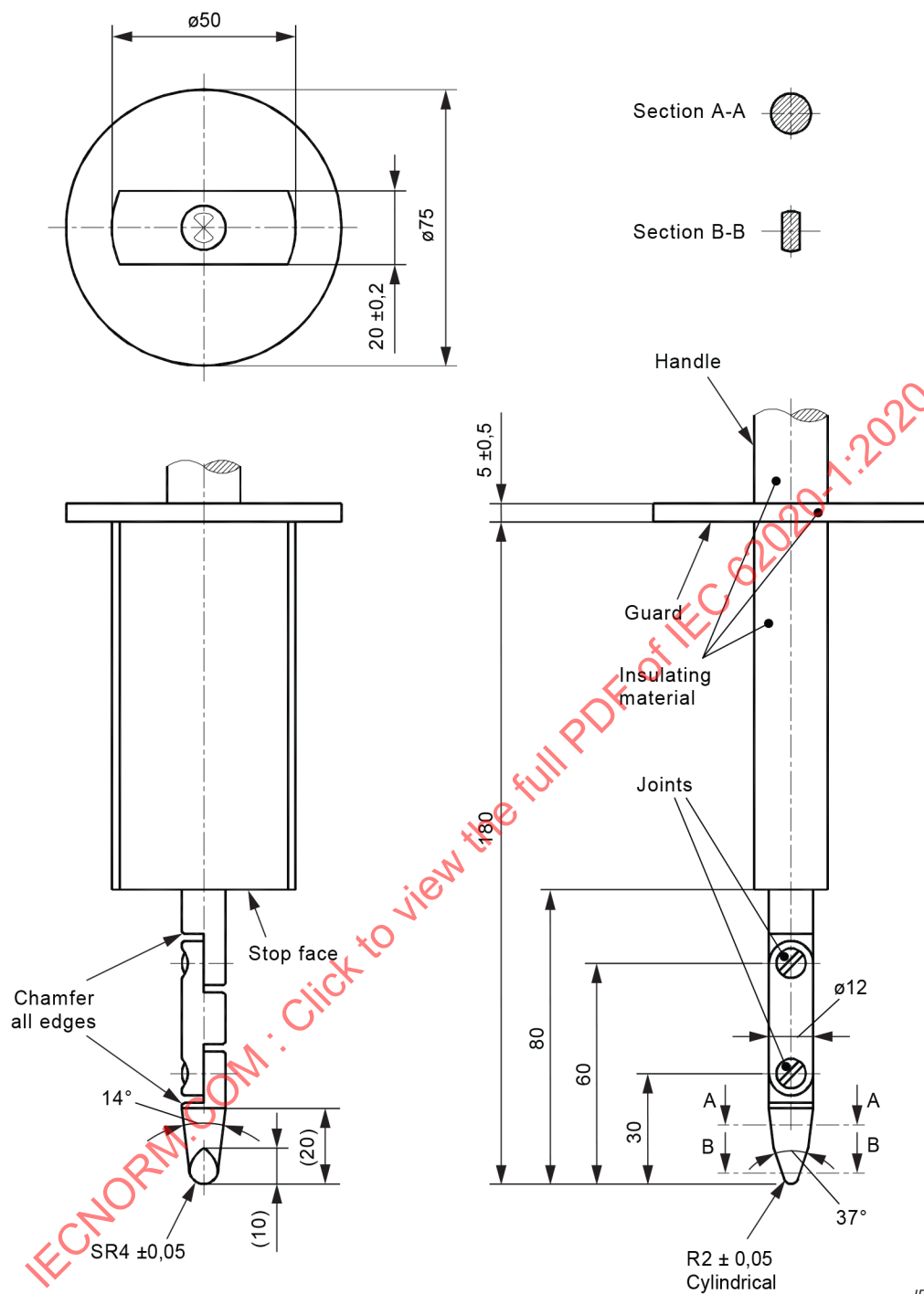
For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.



$$R = R_e = 1 \, \Omega$$

Figure 1 – Standing current in FE conductor

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020



Material: metal, except where otherwise specified

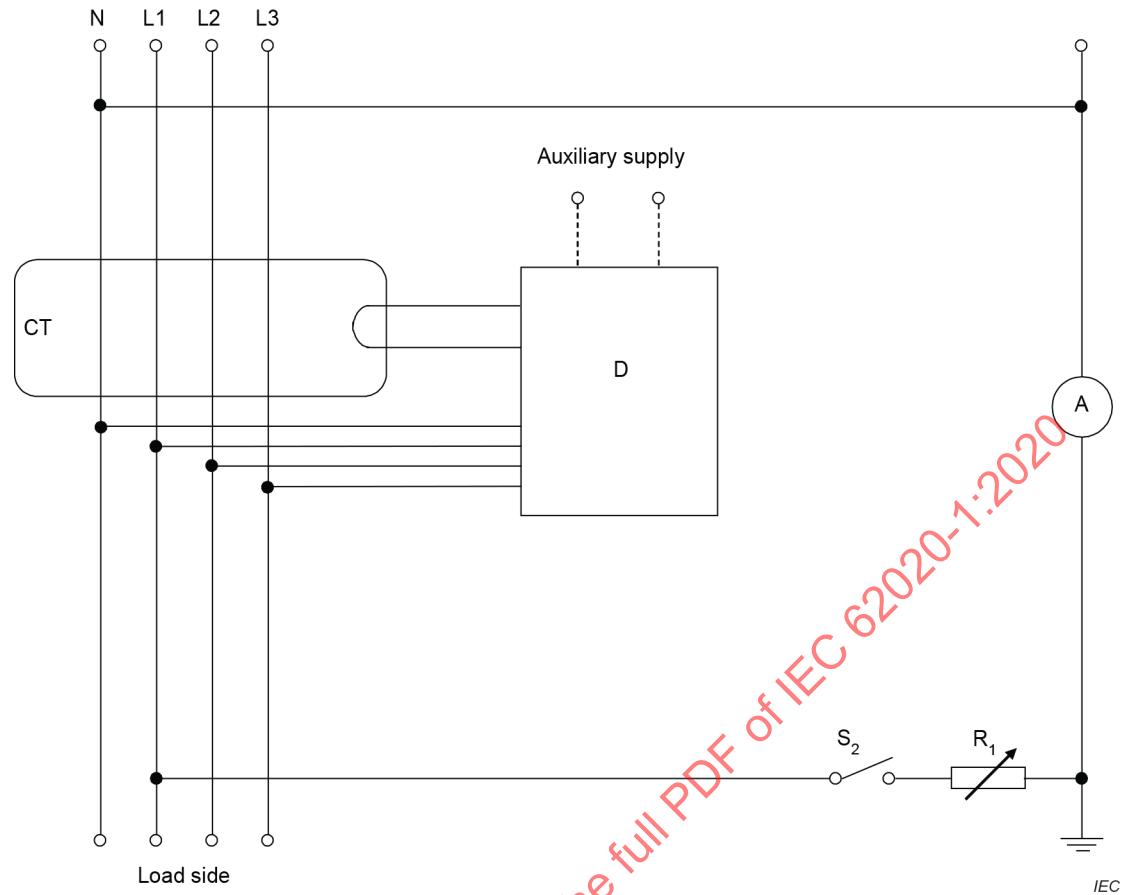
Linear dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

- on angles: $_{-10}^{0}$,
- on linear dimensions:
 - up to 25 mm: $_{0,05}^{0}$ mm
 - over 25 mm: $\pm 0,2$ mm

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of $_{0}^{+10}$.

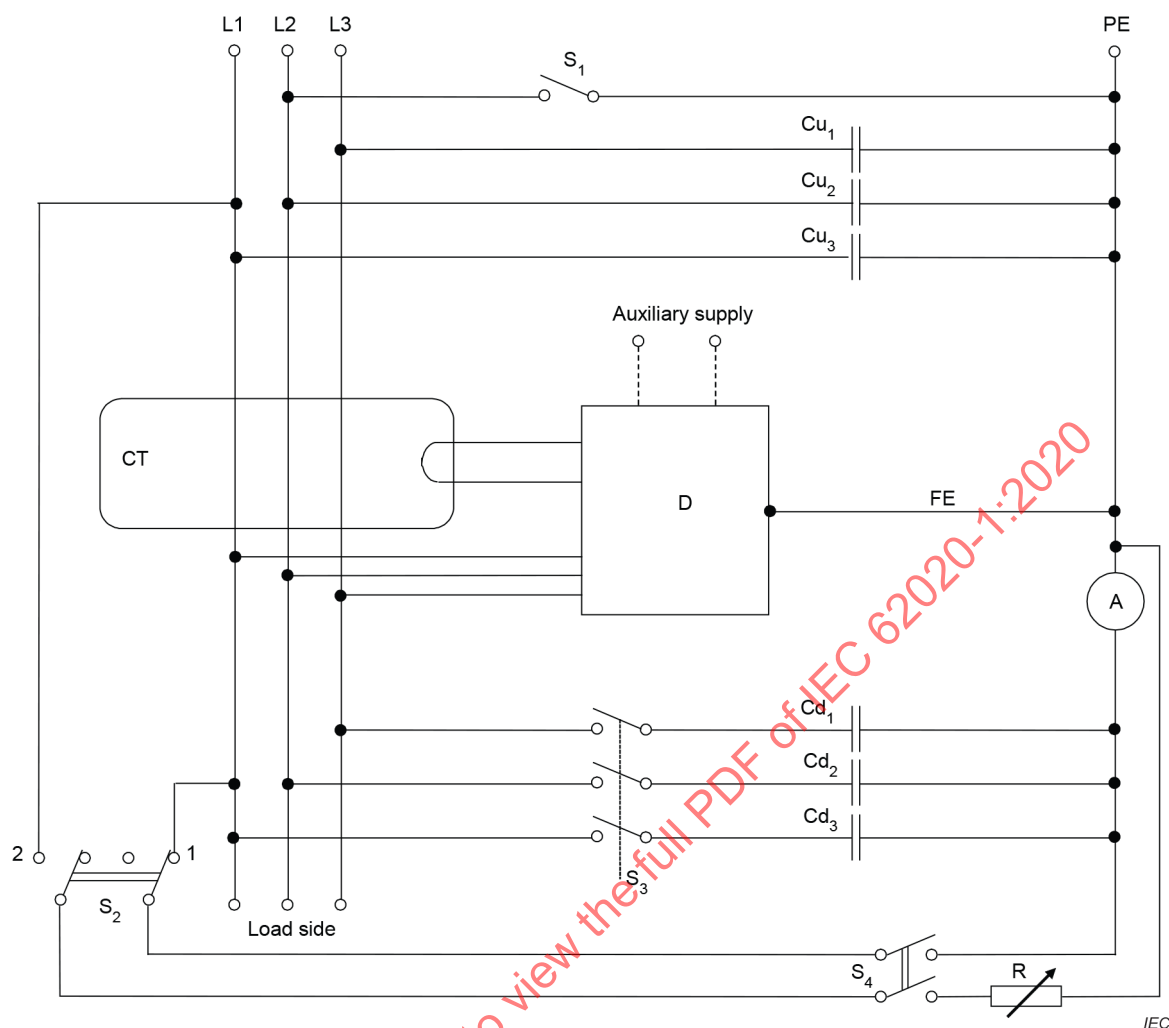
Figure 2 – Standard test finger (9.6)



Key

N, L1, L2, L3	Supply side (for single-phase RCMs, delete L2 and L3)
R_1	Adjustable resistor
R_2	Resistor 100 Ω
S_2	Switch for connection of simulated earth fault
D	RCM under test
CT	Residual current transformer for RCM
A	True RMS ammeter

Figure 3 – Test circuit for verification of the operating characteristics for RCMs



Key

- L1, L2, L3 Supply side (for single phase, delete L3)
 S_1 Switch for testing discrimination in case of earth fault on supply side
 S_2 Two-way switch for testing discrimination
 S_3 Three-pole switch for connecting load-side capacitance
 S_4 Switch for the connection of simulated earth fault
D RCM under test
CT Residual current transformer for RCM
A True RMS ammeter

Cu_1, Cu_2, Cu_3 Test capacitors simulating the leakage capacitance – supply side (Cu_3 deleted for single-phase supply)

$Cu = (12 I_{\Delta n} \times 10^6) / (U \times 2\pi f)$, where the value of Cu , expressed in μF , is given with a tolerance of $\pm 30\%$

Cd_1, Cd_2, Cd_3 Test capacitors simulating the leakage capacitance – load side (Cd_3 deleted for single phase supply)

$Cd = (2 I_{\Delta n} \times 10^6) / (U \times 2\pi f)$ where the value of Cd , expressed in μF , is given with a tolerance of $\pm 30\%$

U is the phase/phase voltage

f is the supply frequency

$I_{\Delta n}$ is the residual operating current

R is an adjustable resistor

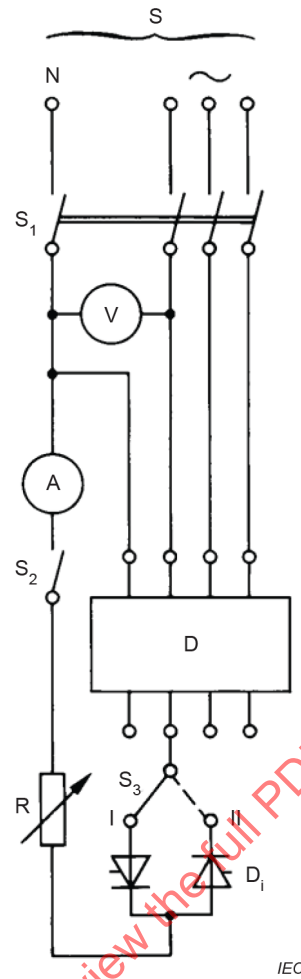
FE connection required for directionally discriminating RCMs (see 3.1.7)

Explanation of the test circuit:

The equations for Cu and Cd provide values which are high enough to give the respective $I_{\Delta n}$ and to test the discrimination under practical mains conditions.

The values calculated for Cu or Cd are those for each separate capacitor.

Figure 4 – Test circuit for verification of directional discrimination in IT systems for RCMs classified according to 4.12



Key

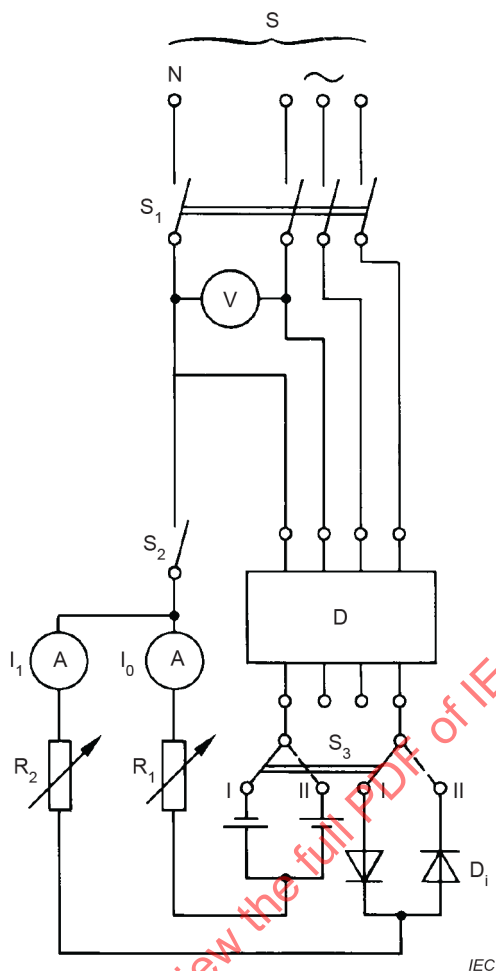
- S Supply side
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D RCM under test
- D_i Thyristors
- R Variable resistor
- S₁ Multipole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ Two-way switch

Figure 5 – Test circuit for verification of the correct operation of RCMs in the case of residual pulsating direct currents

Table 23 – Explanation of letter symbols used in Figure 6 to Figure 9

N	Neutral conductor
S	Supply side
R	Adjustable resistors
L	Adjustable reactors
P	Short-circuit protective device (SCPD)
D	RCM under test
G ₁	Temporary connections for calibration
G ₂	Connections for the test with rated conditional short-circuit current
T	Device making the short circuit
O ₁	Recording current sensor(s)
O ₂	Recording voltage sensor(s)
F	Device for the detection of a fault current
R ₁	Resistor limiting the current in the device F
R ₂	Adjustable resistor for the calibration of I_{Δ}
R ₃	Additional adjustable resistor to obtain current below the rated conditional short-circuit current
S ₁	Auxiliary switch

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020



Key

S	Supply side
V	Voltmeter
A	Ammeter (measuring RMS values)
D	RCM under test
D_i	Thyristors
R_1, R_2	Variable resistor
S_1	Multipole switch
S_2	Single-pole switch
S_3	Two-way switch

Figure 6 – Test circuit for verification of the correct operation of RCMs in the case of residual pulsating direct currents superimposed by smooth direct current of 0,006 A

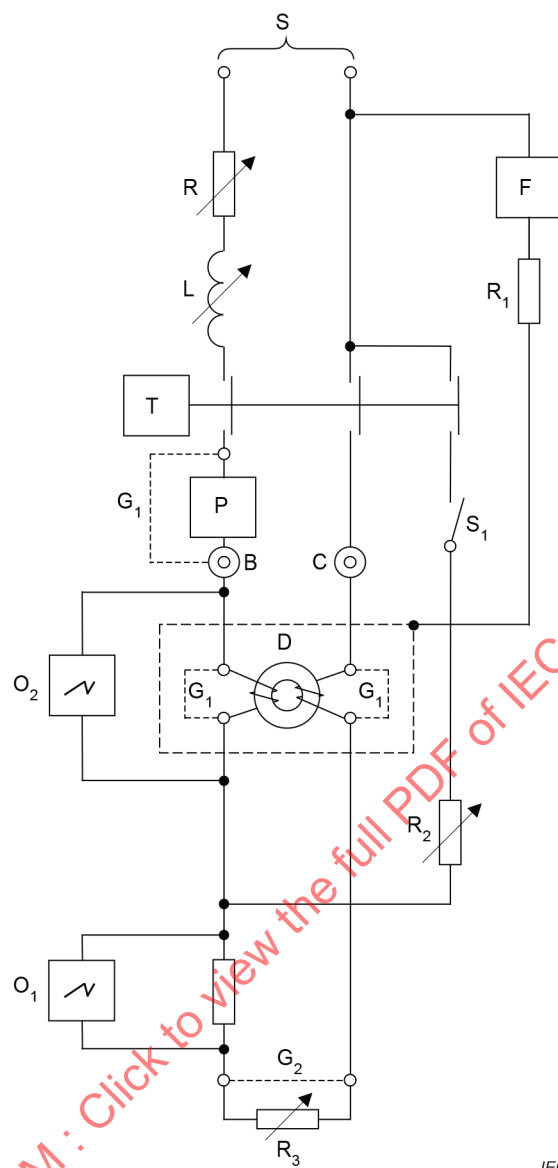
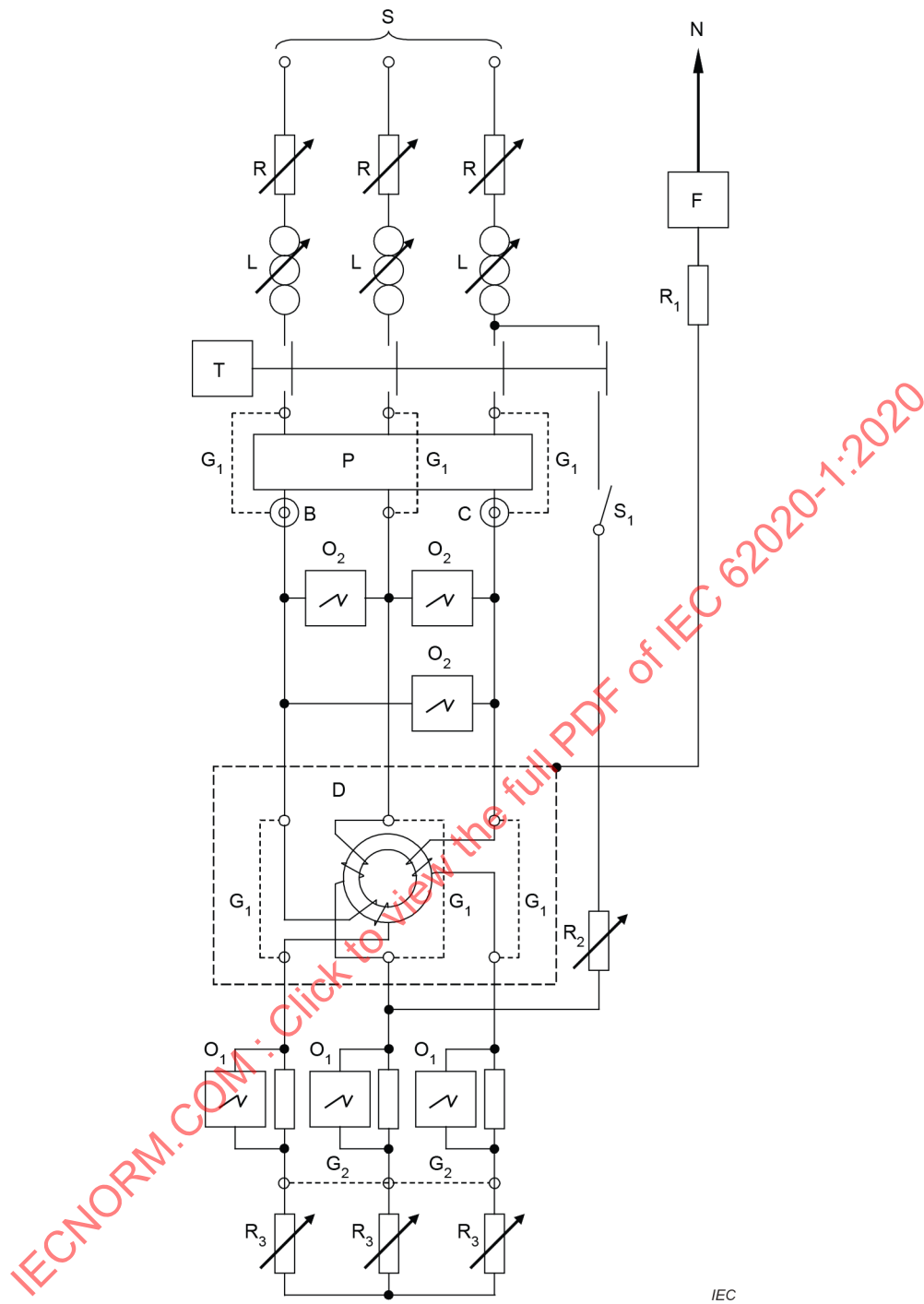
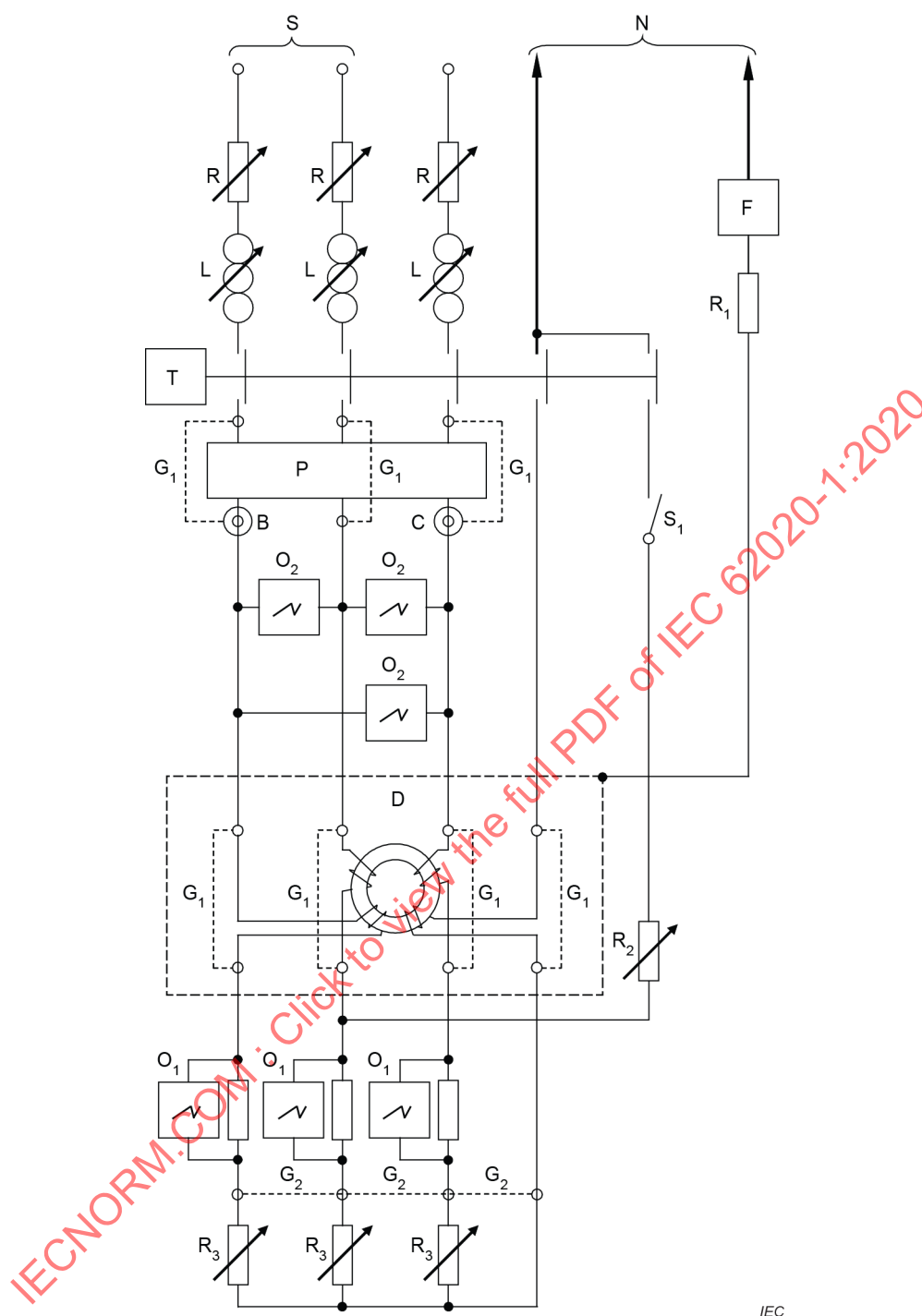


Figure 7 – Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with two current paths (9.11)



IEC

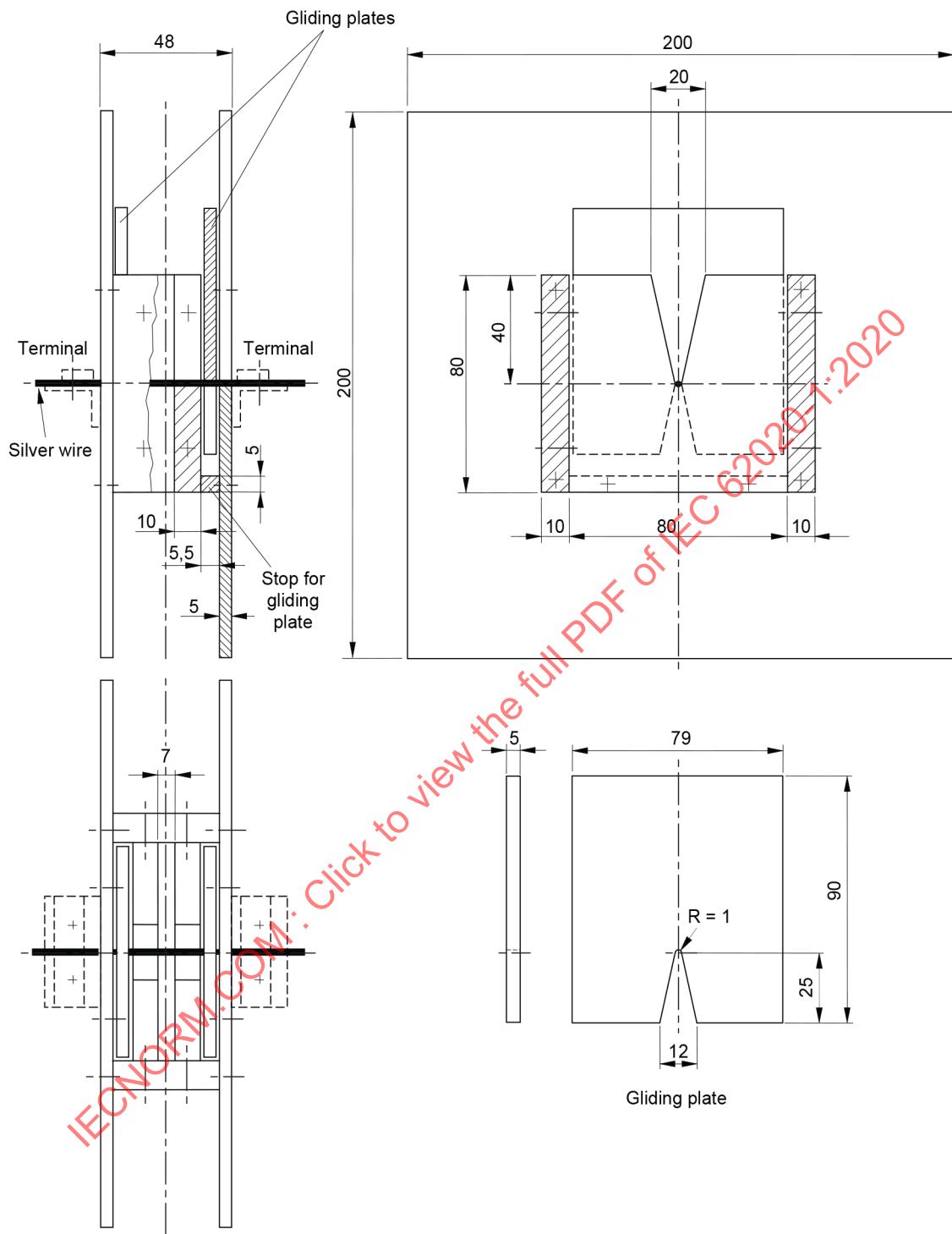
Figure 8 – Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with three current paths in a three-phase circuit (9.11)



IEC

Figure 9 – Test circuit for verification of the coordination with an SCPD of an RCM with four current paths on a three-phase circuit with neutral (9.11)

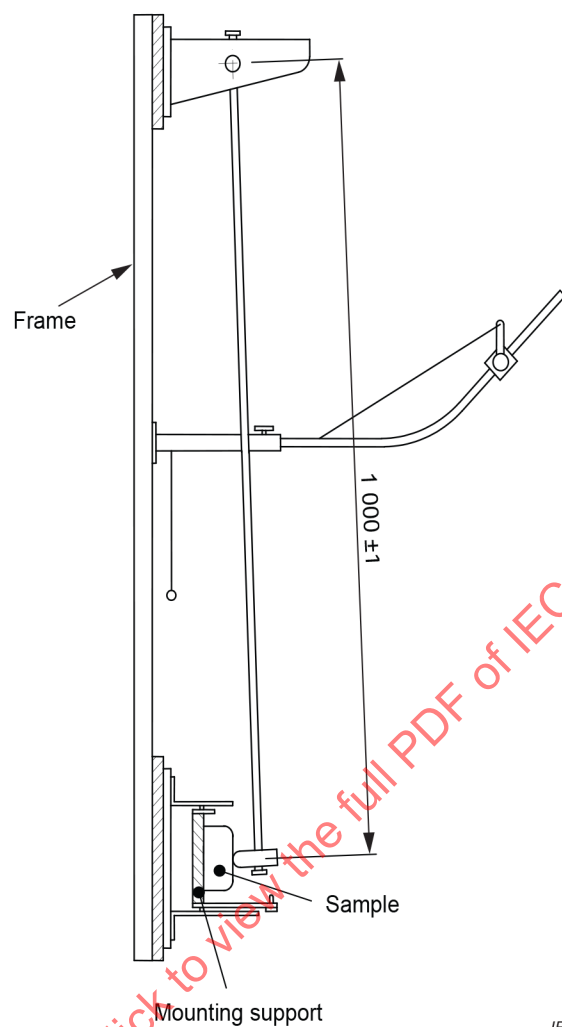
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 10 – Test apparatus for verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the RCM (9.11.2.1 a))

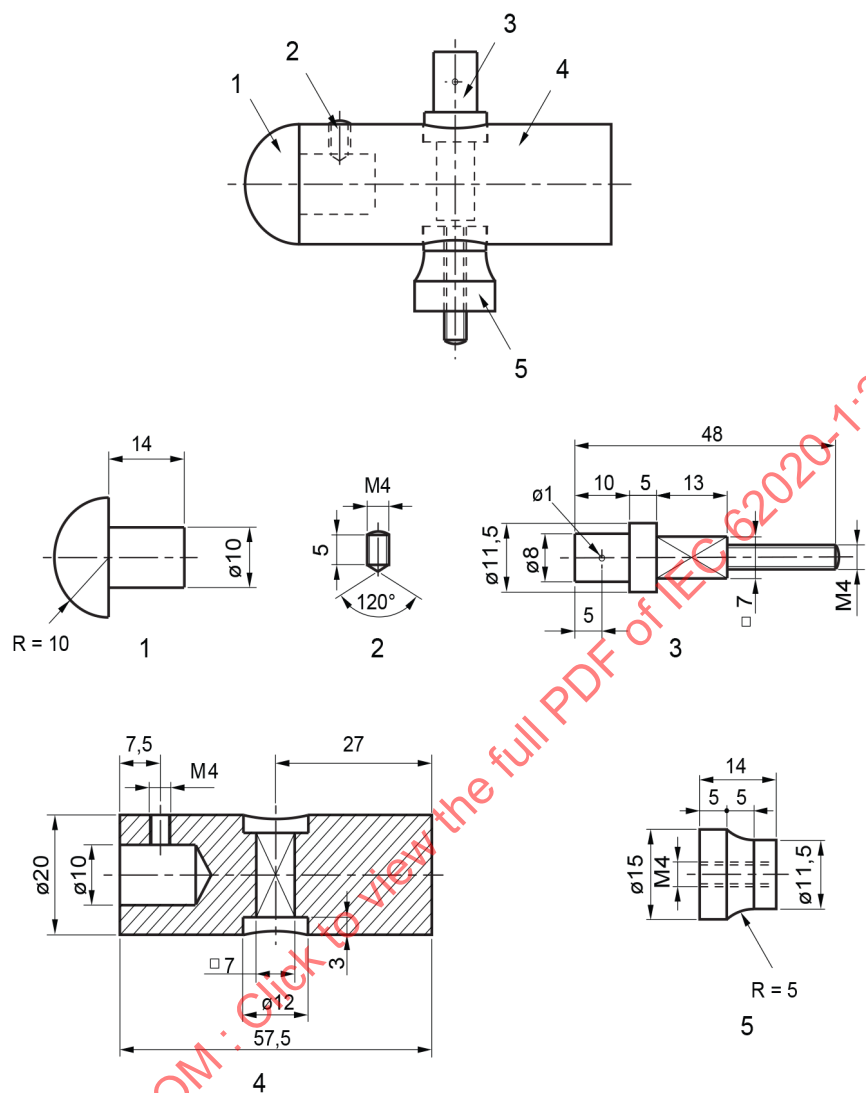
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 11 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2)

Dimensions in millimetres



IEC

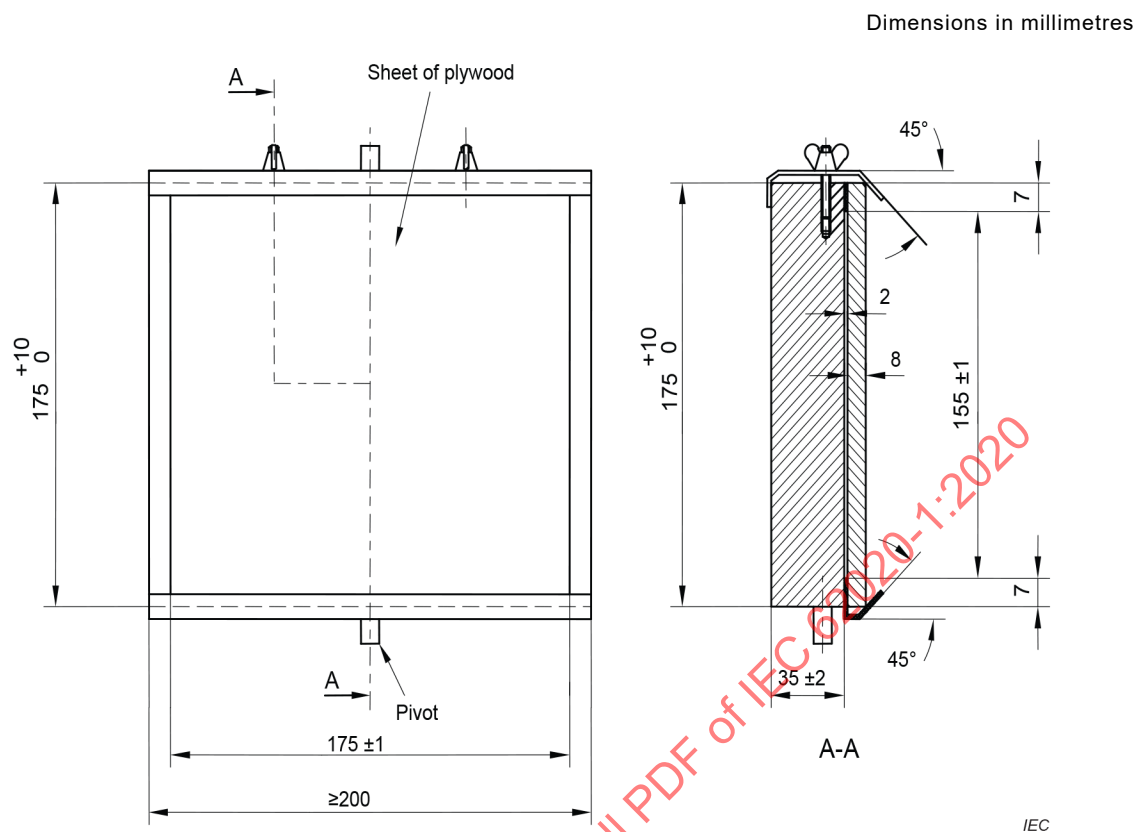
Key

Material of the parts:

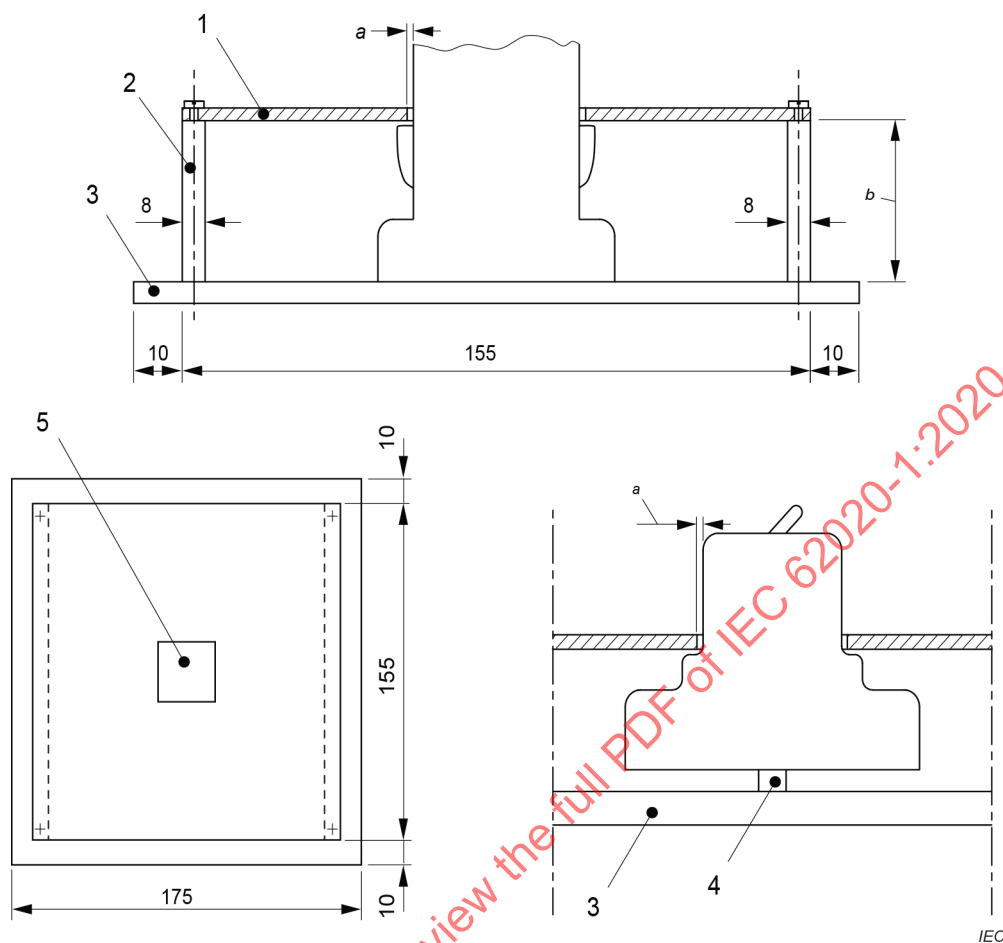
1: polyamide

2, 3, 4, 5: steel Fe 360

Figure 12 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2)



Dimensions in millimetres

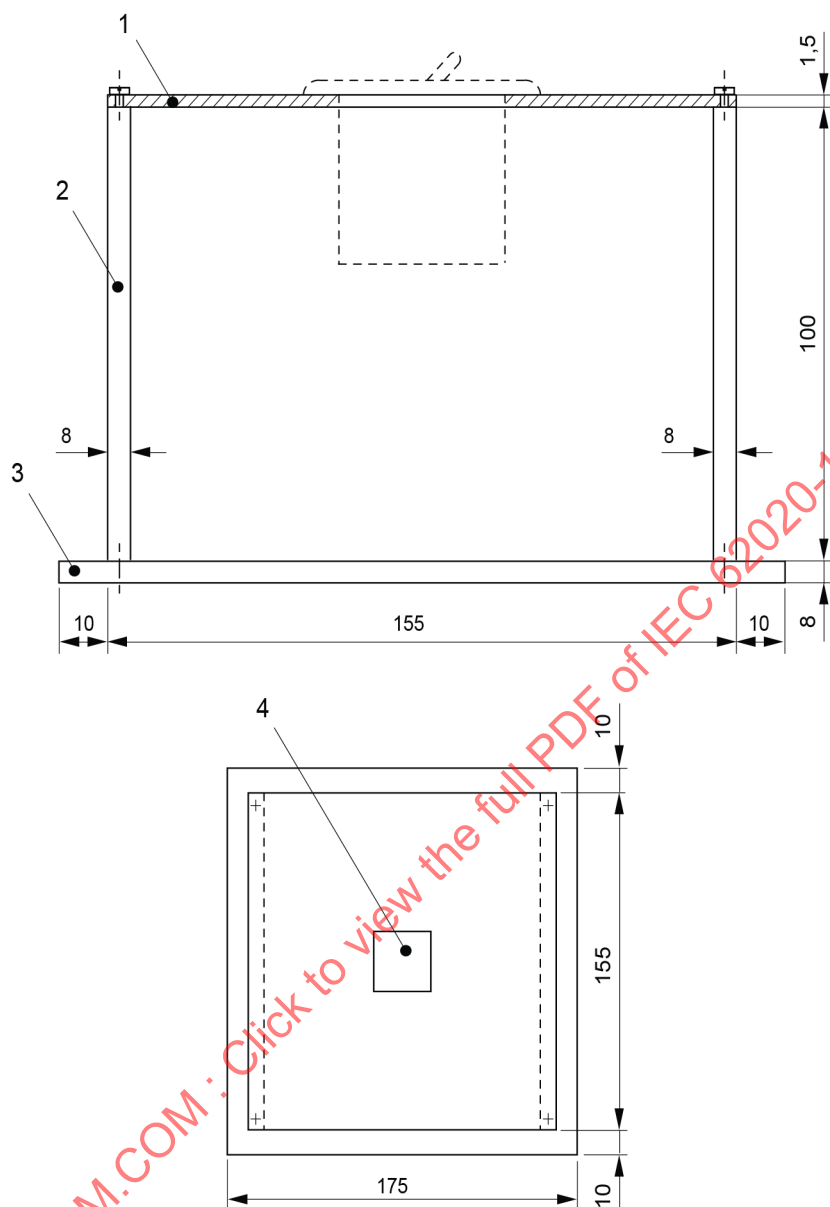


Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Rail for RCM designed to be mounted on a rail
- 5 Cut-out for the RCM in the steel plate
 - a) The distance between the edges of the cut-out and the faces of the RCM shall be between 1 mm and 2 mm.
 - b) The height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the RCM. If the RCM has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

Figure 14 – Example of mounting an unenclosed RCM for mechanical impact test (9.12.2)

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the RCM in the steel plate

NOTE In particular cases, the dimensions can be increased.

Figure 15 – Example of mounting of panel mounting type RCM for the mechanical impact test (9.12.2)

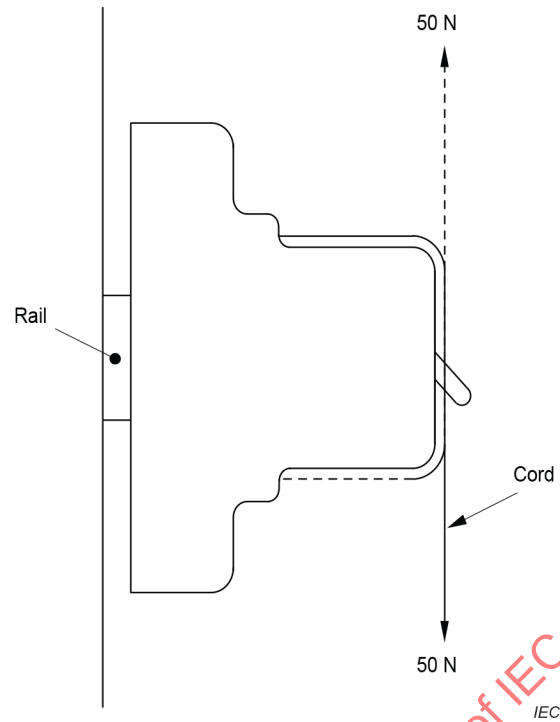


Figure 16 – Application of force for mechanical test of rail-mounted RCM (9.12.3)

Dimensions in millimetres

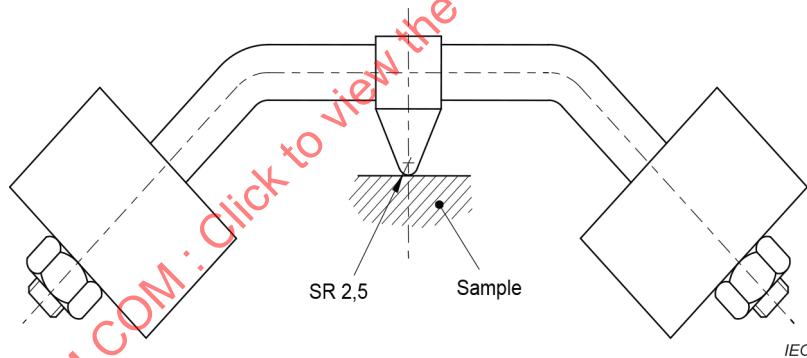
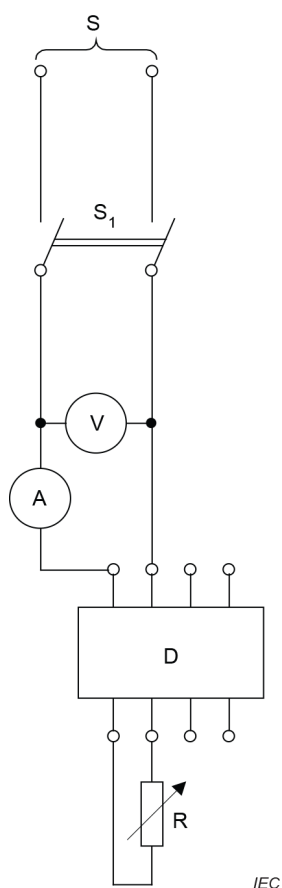
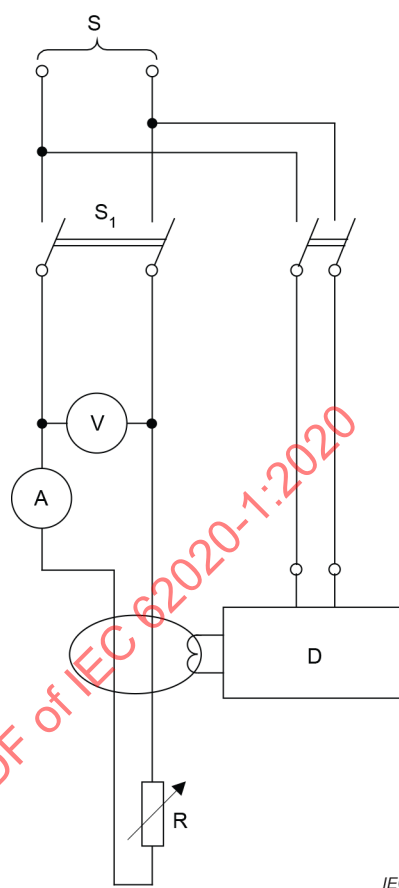


Figure 17 – Ball-pressure test apparatus (9.13.3)



a) – Test circuit for verification of the limiting value of overcurrent in the case of single-phase load through a three-phase RCM



b) – Test circuit for verification of the limiting value of overcurrent in the case of single-phase load through an RCM with an external detecting device

Key

- S Supply side
- S_1 Two-pole switch
- V Voltmeter
- A True RMS ammeter
- D RCM under test
- R Variable resistor

Figure 18 – Test circuit for verification of the limiting value of overcurrent in the case of single-phase load

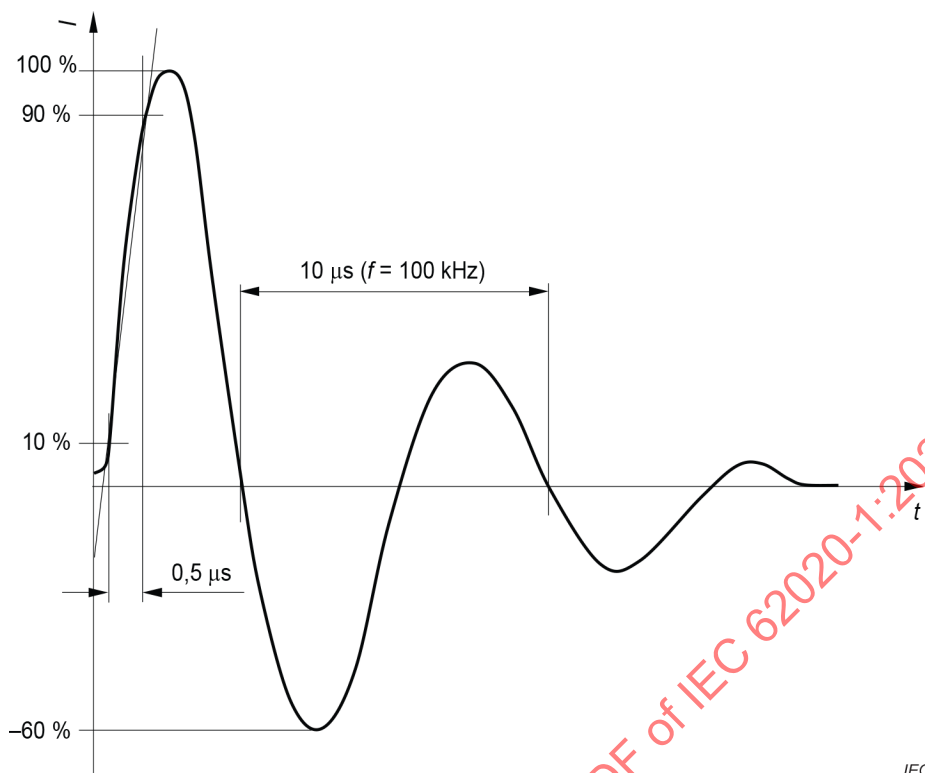
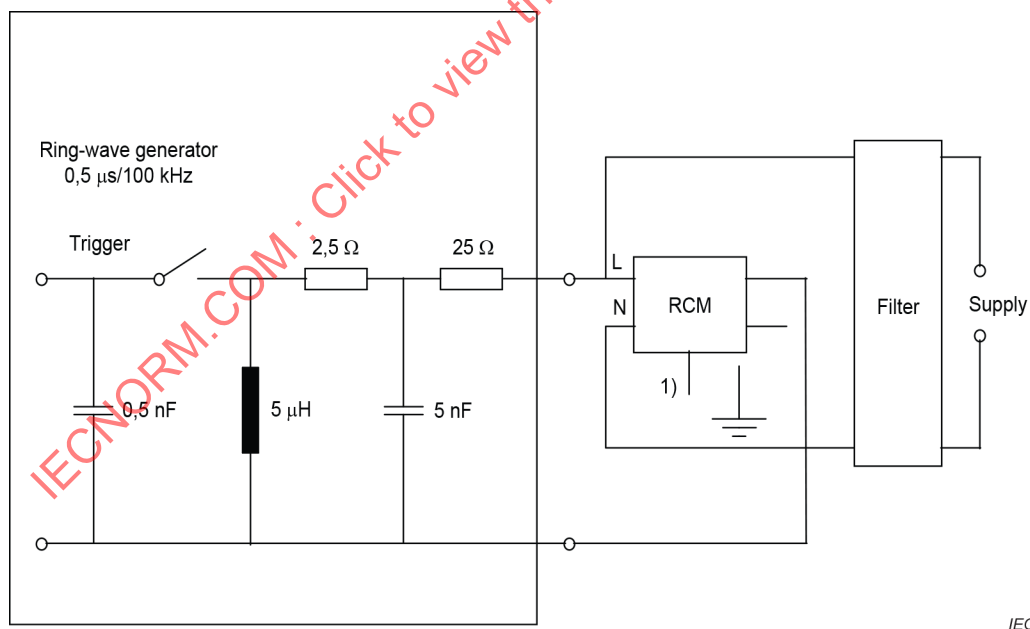


Figure 19 – Current ring wave 0,5 μs/100 kHz



Key

- 1) If the RCM has an earthing terminal, it shall be connected to the neutral terminal, if any, and this shall be marked on the RCM or, failing that, it shall be connected to any phase terminal.

Figure 20 – Test circuit for the ring-wave test of RCMs

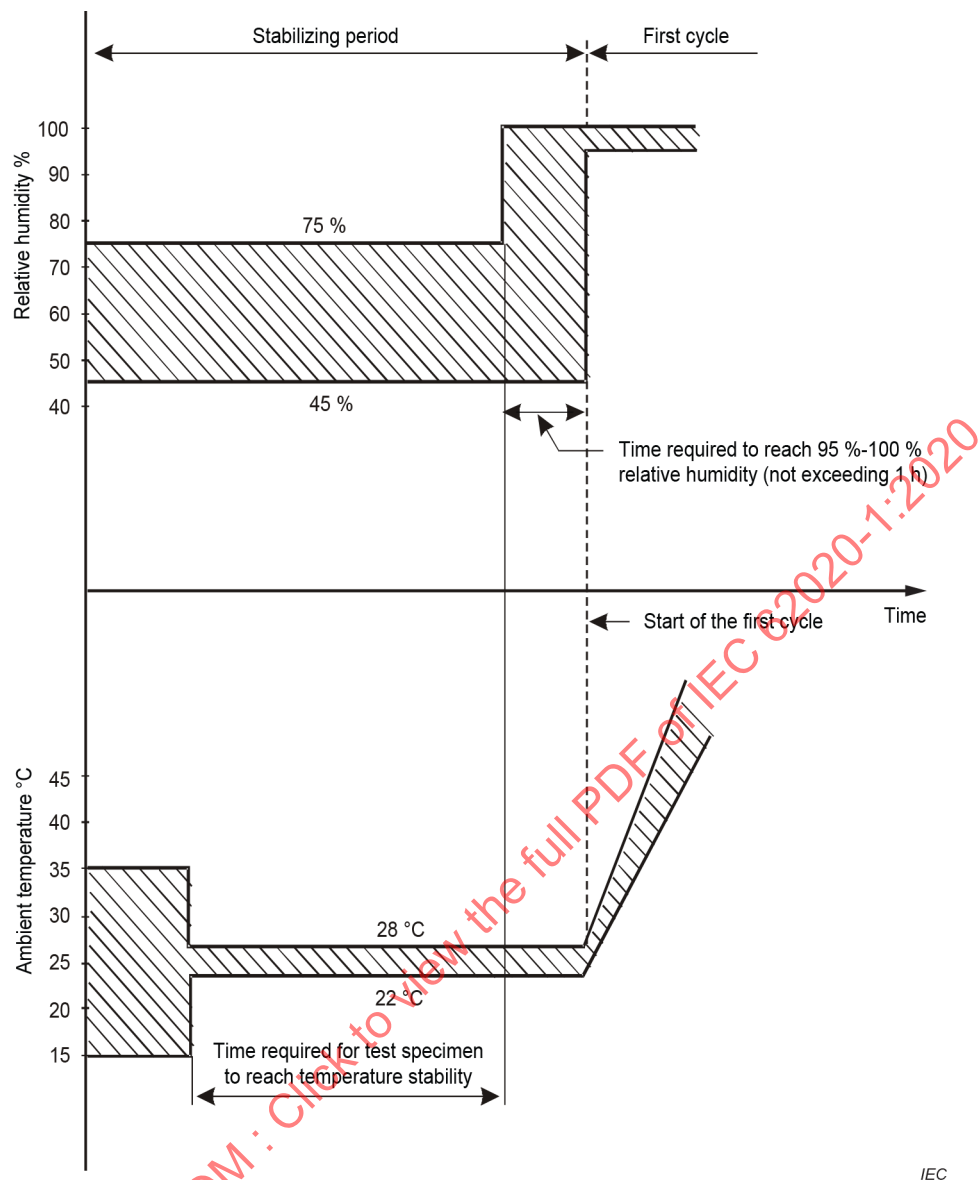


Figure 21 – Stabilizing period for reliability test (9.20.2.4)

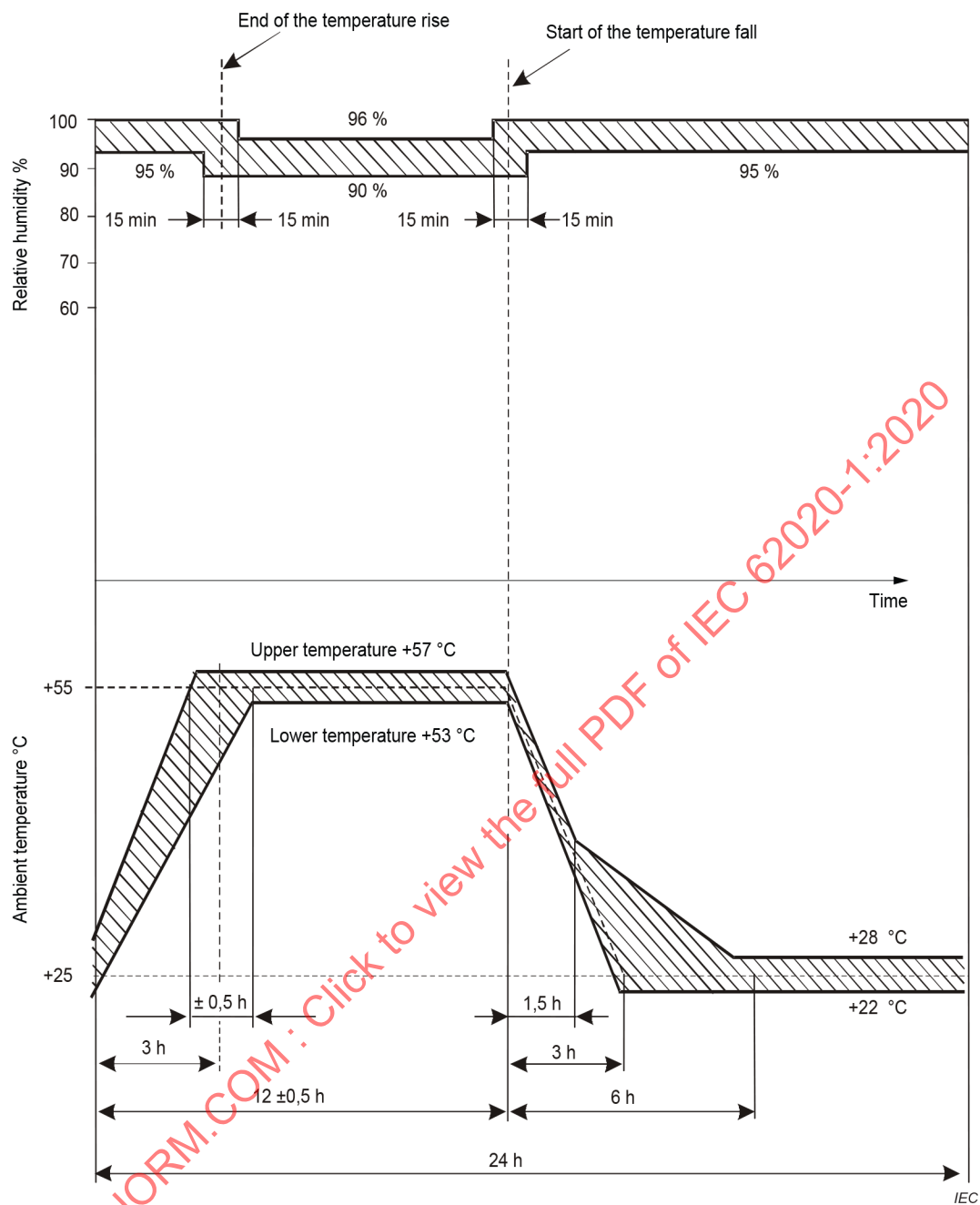
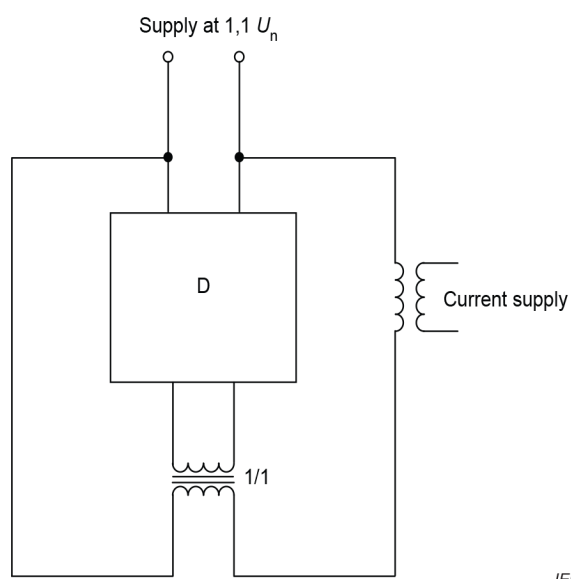


Figure 22 – Reliability test cycle (9.20.2.4)

**Key**

D RCM under test

Figure 23 – Example test circuit for verification of ageing of electronic components (9.21)

Figure 24 and Figure 25 are representative of RCMs covered by this document.

RCMs can be divided into two distinct categories:

- i) those to which the monitored lines are not connected (4.9.1);
- ii) those to which the monitored lines are connected (4.9.2).

The RCM may use an internal or an external CT or have a facility for selecting an internal or external CT for monitoring purposes as shown below, depending on the design.

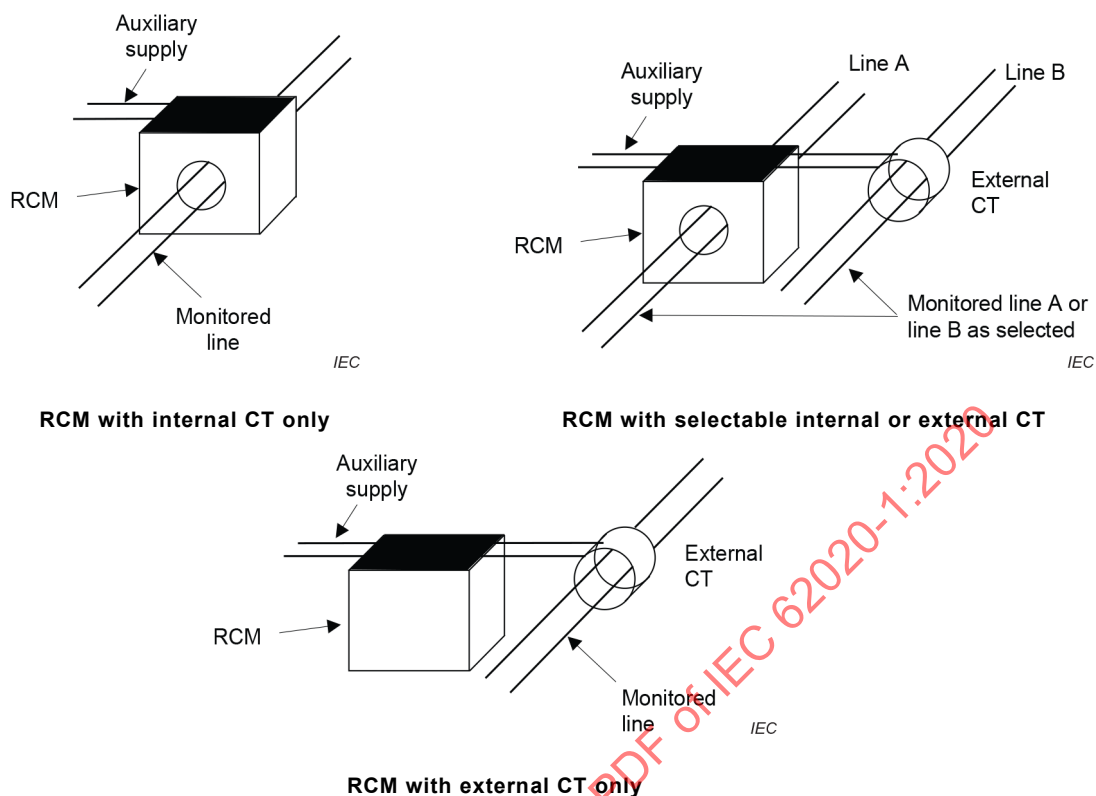


Figure 24 – RCMs without monitored lines connected

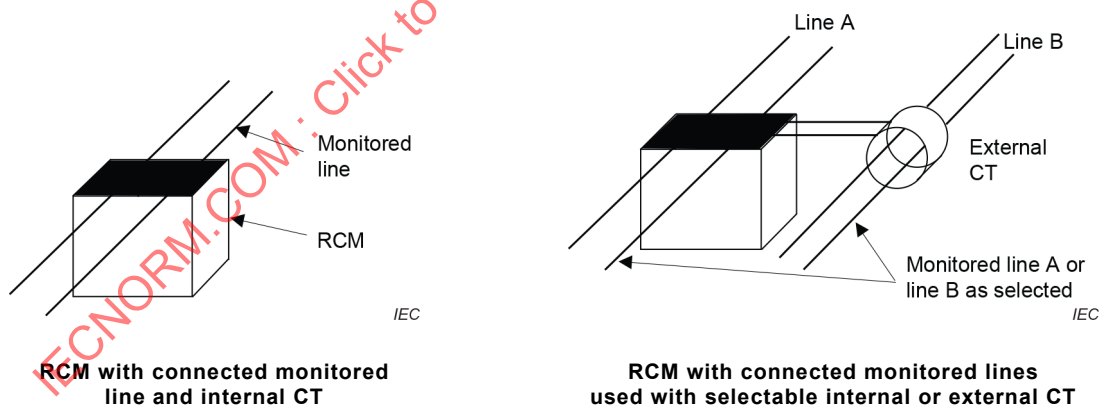
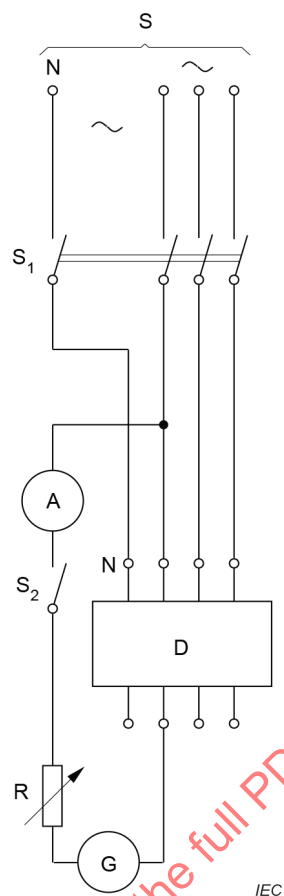
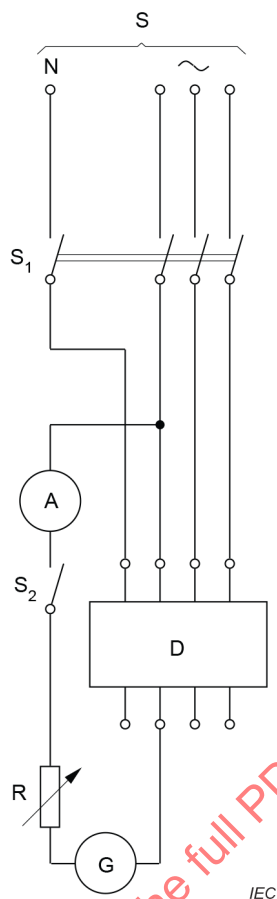


Figure 25 – RCMs with monitored lines connected

**Key**

- S Supply side
- S₁ Multi-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- D RCM under test
- R For example, 10 Ω (any suitable value)
- G Arbitrary waveform generator (combination of 10 Hz, 50 Hz and 1 kHz)
- A Ammeter

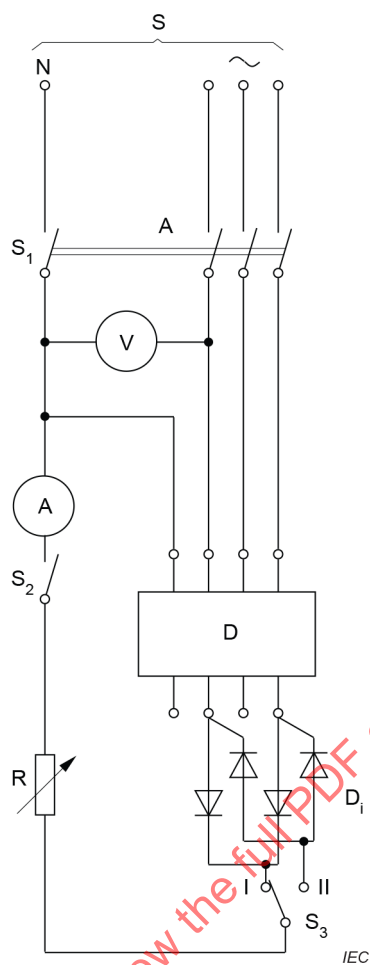
Figure 26 – Example of a test circuit for verification of correct operation in case of residual sinusoidal alternating currents composed of multi-frequency components resulting from single-phase supplied speed motor control equipment



Key

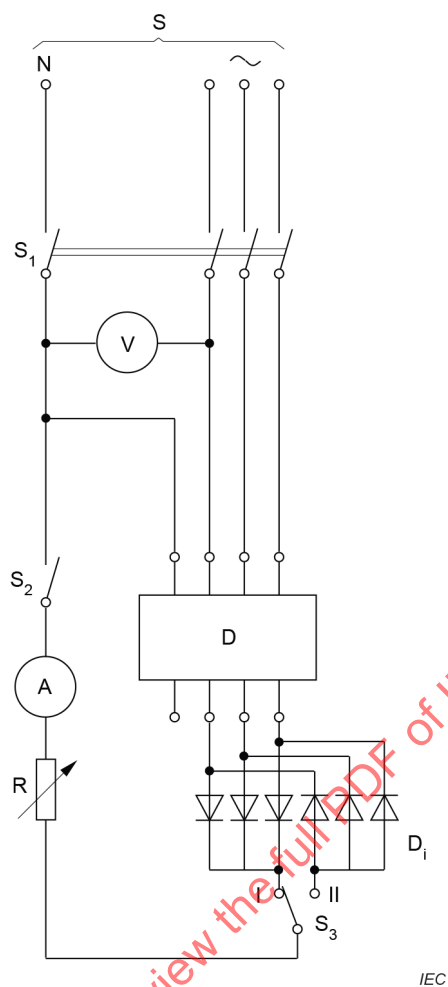
- S Supply side
- A Ammeter (measuring RMS values)
- S₁ Multi-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- D RCM under test
- R Variable resistor
- G Generator

Figure 27 – Test circuit for verification of correct operation in case of residual sinusoidal alternating current up to 1 000 Hz

**Key**

Point A	Supplies by two phases chosen at random
S	Supply side
V	Voltmeter
A	Ammeter (measuring RMS values)
D	RCM under test
D_i	Diodes
R	Variable resistor
S_1	Multipole switch
S_2	Single-pole switch
S_3	Two-way switch

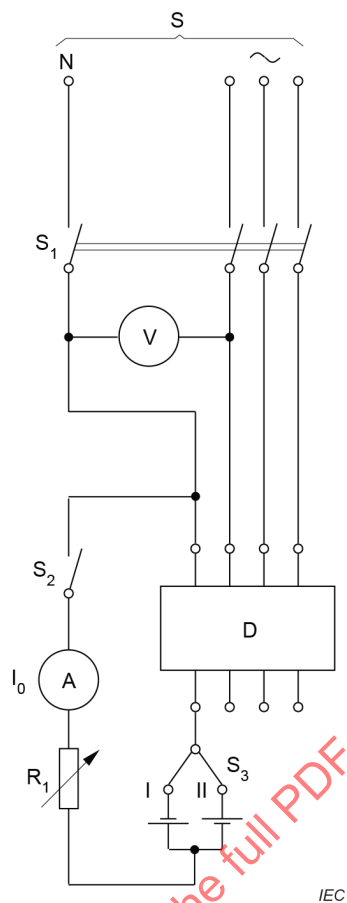
Figure 28 – Test circuit for 2-,3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases



Key

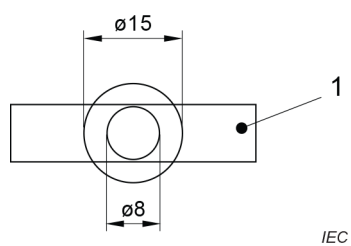
- S Supply side
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D RCM under test
- D_i Diodes
- R Variable resistor
- S_1 Multipole switch
- S_2 Single-pole switch
- S_3 Two-way switch

Figure 29 – Test circuit for 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases

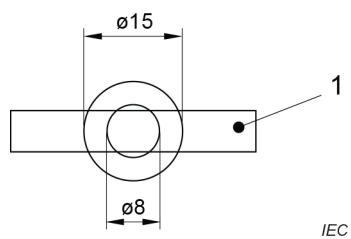
**Key**

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D RCM under test
- R₁ Variable resistor
- S₁ Multipole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ Two-way switch

Figure 30 – Test circuit for 2-, 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of a residual smooth direct current



To be tested



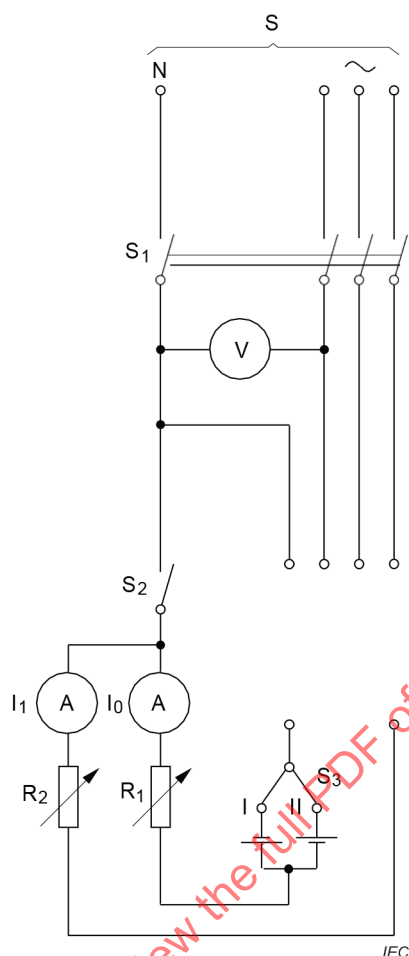
No test is required

Key

1 Sample

Figure 31 – Diagrammatic representation for glow-wire test

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020

**Key**

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D RCM under test
- R_1, R_2 Variable resistor
- S_1 Multipole switch
- S_2 Single-pole switch
- S_3 Two-way switch

Figure 32 – Test circuit for 2-, 3- and 4-pole RCM Type B to verify the correct operation in case of a residual alternating current superimposed on a smooth direct current

Annex A (normative)

Test sequence and number of samples to be submitted for verification of conformity to this document

A.1 General

The verification of conformity may be made:

- by the manufacturer for the purpose of the supplier's declaration;
- by an independent certification body for certification.

A.2 Test sequences

The tests are made according to Table A.1 of this annex, where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

Table A.1 – Test sequences

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A		6	Marking General ^a
		9.3	Indelibility of marking
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external connections
		9.6	Protection against electric shock
		9.10	Operational endurance
		9.13	Resistance to heat
		8.1.3	Clearances and creepage distances
		9.14	Resistance to abnormal heat and fire
		9.24	Resistance to rusting
B		9.7	Test of dielectric properties
		9.8	Temperature rise
		9.20.3	Reliability at 40 °C
		9.21	Ageing of components
C	C ₀	9.9	Operating characteristics
	C ₁	9.17	Unwanted tripping
		9.19	DC components
		9.15	Test device
		9.12	Resistance to mechanical impact
		9.16	Non-operating current under overcurrent condition
D		9.11.2.2 a)	Coordination at I_{nc}
E		9.11.2.2 b)	Coordination at $I_{\Delta c}$
F		9.20.2	Reliability (climatic test)
G		9.22	Electromagnetic compatibility
H		9.23	Response of the RCM to temporary overvoltages on the LV side due to fault conditions on the HV side

^a "General" consists of inspections and measurements contained in 8.1.1 and 8.1.2. Individual tests to these subclauses may be performed at any convenient place within the test sequence A.

A.3 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of RCM, of one current rating and one residual operating current rating, is submitted for the test, the number of samples to be submitted to the different test series is indicated in Table A.2 where the minimum test criteria are also indicated.

If all samples according to the second column of Table A.2 pass the tests, compliance with this document is achieved. If only the minimum number of samples given in the third column pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

Table A.2 – Number of samples submitted to tests

Test sequence	Number of samples ^a	Minimum number of accepted samples ^b	Number of samples for repeated tests ^c
A ^d	1	1	–
B ^d	2	1	2
C	2	1 ^e	2
D	2	1 ^e	2
E	2	1 ^e	2
F	2	1	2
G	2	1	2
H	2	1	2

^a In total, a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed the test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all the tests shall be passed successfully.

^d If dismantling is necessary for test purposes, one additional sample may be required. In this case the manufacturer shall supply samples, which may be specially prepared.

^e All samples shall meet the requirements in 9.9.2 and 9.9.3 as appropriate. In addition, permanent arcing shall not occur in any sample during the tests of 9.11.2.2 a) or 9.11.2.2 b).

A.4 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of RCMs of the same fundamental design

A.4.1 If a range of RCMs of the same fundamental design, or additions to such a range of RCMs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.3.

NOTE For the purpose of this annex, the same fundamental design comprises a series of rated currents (I_n) and a series of rated residual operating currents ($I_{\Delta n}$).

RCMs can be considered to be of the same fundamental design if the conditions from a) to i) inclusive are satisfied:

- they have the same basic design, for example, types dependent on line voltage and types dependent on another energy source shall not occur together in the same range;
- the residual current operating means have identical actuating functions and identical relays, etc. except for the variations permitted in 3) and 4) below;
- the materials, finish and dimensions of the internal current-carrying parts are identical other than the variations detailed in 1) below;
- the terminals are of similar design (see 2) below);

- e) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;
- f) the moulding and insulating materials are identical;
- g) the basic design of the residual current sensing device is identical for a given kind of characteristic other than the variations permitted in 3) below;
- h) the basic design of the residual current actuating device is identical except for the variations permitted in 4) below;
- i) the basic design of the test device is identical except for the variations permitted in 5) below.

The following variations are permitted provided that the RCMs comply in all other respects with the requirements detailed above:

- 1) cross-sectional area of the internal current-carrying connecting means and length of the toroid connections;
- 2) size of terminals;
- 3) number of turns and cross-sectional area of the windings and the size and material of the core of the differential transformer;
- 4) the sensitivity of the relay and/or the associated electronic circuit, if any;
- 5) the ohmic value of the means to produce the maximum number of ampere turns necessary to comply with the test of 9.15. The circuit may be connected across phases or phase to neutral.

A.4.2 For RCMs of the same classification according to 4.7 and 4.11 and of the same fundamental design, having different current rating and rated residual current, the number of samples to be tested may be reduced in accordance with Table A.3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020

Table A.3 – Tests with a reduced number of samples

Test sequence	Number of samples according to the number of current paths ^a		
	Two-pole ^b	Three-pole ^c	Four-pole
A	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
B	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
$C_0 + C_1$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C_0	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$		
D	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
E	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$
F	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$
G	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$
H	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 2 min. rating I_n^d max. rating $I_{\Delta n}$
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Table A.2, a new set of samples is used for the relevant test. All the new samples shall pass the relevant test. ^b If only three-pole or four-pole RCMs are submitted, this column shall also apply to a set of samples with the smallest number of paths. ^c This column is omitted when four-current-path RCMs have been tested. ^d If only one value of $I_{\Delta n}$ is submitted, these sets of samples are not required.			

Annex B (normative)

Determination of clearances and creepage distances

In determining clearances and creepage distances, the following points shall be considered.

If a clearance or creepage distance is influenced by one or more metal parts, the sum of the sections shall have at least the specified minimum value.

Individual sections of less than 1 mm in length should not be taken into consideration in the calculation of the total length of clearances and creepage distances.

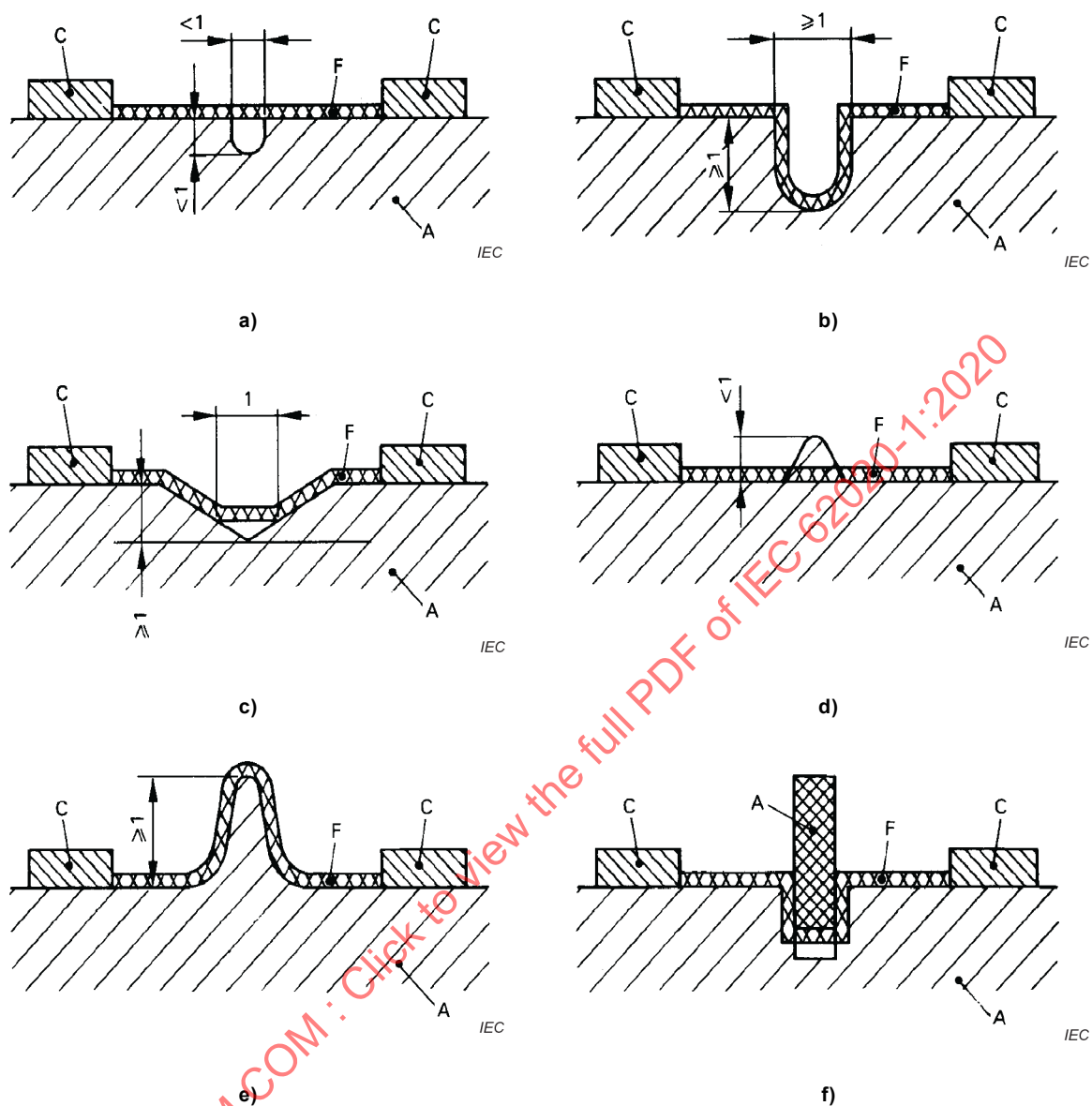
In determining creepage distance:

- grooves at least 1 mm wide and 1 mm deep should be measured along their contour;
- grooves having any dimension less than these dimensions should be neglected;
- ridges at least 1 mm high are measured:
 - along their contour, if they are integral parts of a component of insulating material (for instance by moulding, welding or cementing);
 - along the shorter of the following paths: the joint or the profile of the ridge, if the ridges are not integral parts of a component of insulating material.

The application of the above-mentioned recommendations is illustrated as follows:

- Figure B.1 a), b) and c) indicate the inclusion or exclusion of a groove in a creepage distance;
- Figure B.1 d) and e) indicate the inclusion or exclusion of a ridge in a creepage distance;
- Figure B.1 f) indicates how to take into account a joint when the ridge is formed by an inserted insulating barrier, the outside profile of which is longer than the length of the joint;
- Figure B.2 a), b), c) and d) illustrate how to determine the creepage distance in the case of fixing means situated in recesses in insulating parts of insulating material.

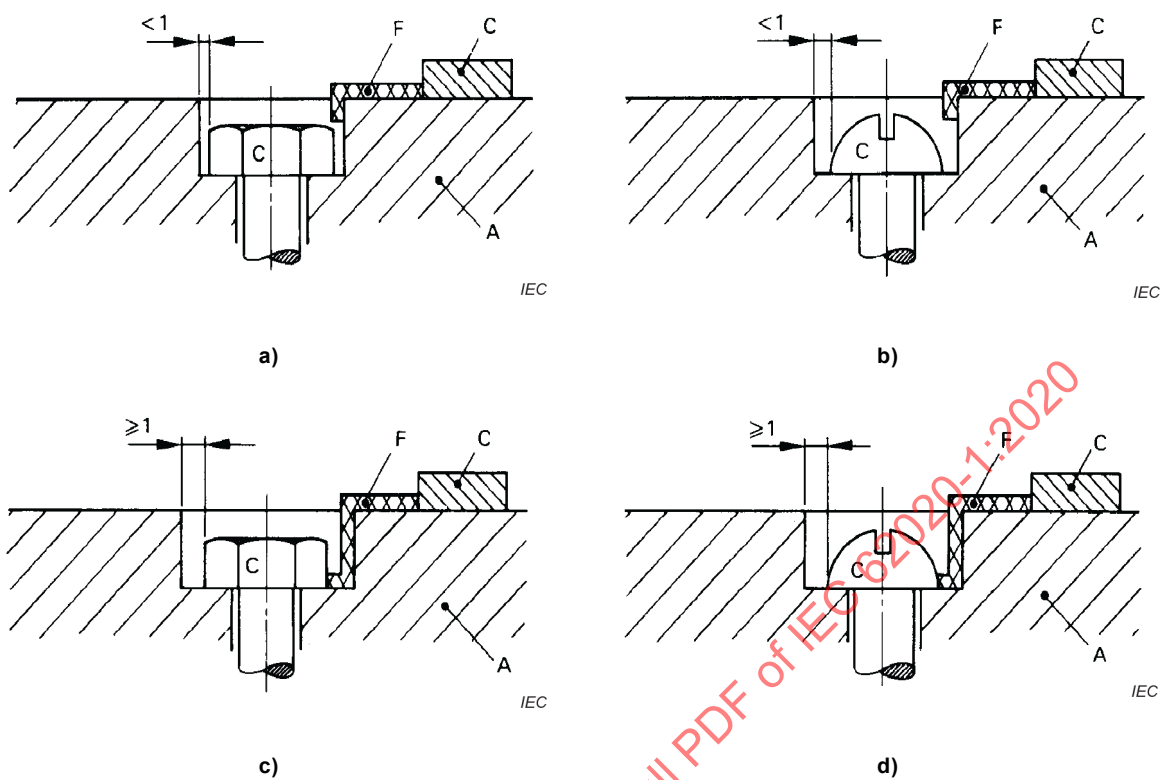
Dimensions in millimetres



- A Insulating material
C Conducting part
F Creepage distance

Figure B.1 – Illustrations of the application of creepage distances

Dimensions in millimetres



- A Insulating material
- C Conducting part
- F Creepage distance

Figure B.2 – Illustrations of the application of creepage distances

Bibliography

IEC 60050-441:1984, *International electrotechnical vocabulary – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-442:2019, *International electrotechnical vocabulary – Part 442: Electrical accessories*

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61008-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61543, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

IEC 61557-8, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems*

ISO/IEC Guide 2:2004, *Standardization and related activities – General vocabulary*

ASTM specification D 785-65:1970, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	116
INTRODUCTION	118
1 Domaine d'application	119
2 Références normatives	120
3 Termes et définitions	121
4 Classification	123
4.1 Selon le mode de fonctionnement	123
4.1.1 RCM fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation	123
4.1.2 RCM fonctionnellement dépendant d'une source d'énergie autre que la tension d'alimentation	123
4.2 Selon le type d'installation	123
4.3 Selon le nombre de voies de courant	123
4.4 Selon les possibilités de réglage du courant différentiel de fonctionnement.....	123
4.5 Selon la temporisation	123
4.6 Selon la protection contre les influences externes.....	123
4.7 Selon la méthode de montage.....	123
4.8 Selon le mode de connexion	124
4.9 Selon le type de connexion du conducteur de charge.....	124
4.9.1 RCM auxquels les lignes surveillées ne sont pas directement raccordées	124
4.9.2 RCM auxquels les lignes surveillées sont directement raccordées	124
4.10 Selon l'indicateur de défauts	124
4.11 Selon la capacité à différencier les courants résiduels provenant du côté alimentation de ceux provenant du côté charge	124
4.12 Selon le système d'alimentation	124
4.12.1 RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant alternatif.....	124
4.12.2 RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant continu	124
4.13 Selon le type de courant différentiel résiduel surveillé.....	124
4.14 Selon la méthode de détection du courant différentiel résiduel.....	124
5 Caractéristiques des RCM	125
5.1 Enumération des caractéristiques	125
5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques	125
5.2.1 Tension assignée	125
5.2.2 Courant assigné (I_n).....	126
5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$).....	126
5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	126
5.2.5 Fréquence assignée	126
5.2.6 Caractéristiques de fonctionnement.....	126
5.3 Valeurs normales et préférentielles.....	127
5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_e)	127
5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n).....	127
5.3.3 Valeurs préférentielles du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$).....	128
5.3.4 Valeur normale du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	128

5.3.5	Valeur normale minimale de la surintensité de non-fonctionnement dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM.....	128
5.3.6	Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	128
5.3.7	Valeurs normales et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) (applicable seulement aux RCM classés selon 4.9.2).....	128
5.3.8	Temps de réponse maximal (T_{max})	129
5.3.9	Temps de non-réponse minimal (T_{min})	129
5.4	Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) (applicable seulement aux RCM classés selon 4.9.2).....	129
5.4.1	Généralités	129
5.4.2	Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc})	129
5.4.3	Courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné ($I_{\Delta c}$).....	129
6	Marquage et autres informations sur le produit	129
7	Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation	132
7.1	Conditions normales	132
7.2	Conditions d'installation	133
8	Exigences de construction et de fonctionnement	133
8.1	Conception mécanique.....	133
8.1.1	Généralités	133
8.1.2	Caractéristiques	134
8.1.3	Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	134
8.1.4	Vis, parties conduisant le courant et raccordements	135
8.1.5	Bornes pour conducteurs externes.....	136
8.2	Protection contre les chocs électriques	139
8.3	Propriétés diélectriques	139
8.4	Echauffement.....	140
8.4.1	Généralités	140
8.4.2	Limites d'échauffement.....	140
8.4.3	Température de l'air ambiant	140
8.5	Caractéristiques de fonctionnement	140
8.6	Sélectivité en direction.....	140
8.7	Endurance en fonctionnement.....	140
8.8	Capacité de tenue aux courants de court-circuit.....	141
8.9	Résistance aux impacts mécaniques.....	141
8.10	Résistance à la chaleur.....	141
8.11	Résistance à la chaleur anormale et au feu.....	141
8.12	Dispositif de contrôle	141
8.13	Fonctionnement correct des RCM dans la plage de tensions d'alimentation	142
8.14	Comportement des RCM en cas de surintensité dans le circuit principal	142
8.15	Résistance des RCM aux déclenchements d'alarme intempestifs dus aux ondes de courant causées par les tensions de choc.....	142
8.16	Comportement du RCM en cas de courants de défaut à la terre comprenant des composantes continues	142
8.17	Fiabilité.....	142
8.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	142
8.18.1	Généralités	142
8.18.2	Exigences d'immunité	142
8.18.3	Exigences d'émissions.....	143

8.19	Raccordement d'un transformateur de courant (TC) externe	143
8.20	Réponse à des surtensions temporaires côté basse tension dues à des conditions de défaut côté haute tension	143
9	Essais	143
9.1	Généralités	143
9.2	Conditions d'essai	144
9.3	Essai de l'indélébilité du marquage	145
9.4	Essai de la fiabilité des vis, des parties transportant le courant et des connexions	146
9.5	Essai de la fiabilité des bornes pour conducteurs externes	147
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques	148
9.7	Essai des propriétés diélectriques	149
9.7.1	Résistance à l'humidité	149
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal des RCM classés selon 4.9.2	150
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal des RCM classés selon 4.9.2	150
9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits de commande et auxiliaires	151
9.7.5	Circuit secondaire des transformateurs de détection	152
9.7.6	Capacité du RCM à supporter des tensions continues élevées lors des mesurages d'isolement	152
9.7.7	Vérification des tensions de tenue aux chocs	152
9.8	Essais d'échauffement	154
9.8.1	Température de l'air ambiant	154
9.8.2	Procédure d'essai	155
9.8.3	Mesure de l'échauffement des différentes parties	155
9.8.4	Echauffement d'un élément	155
9.9	Vérification des caractéristiques de fonctionnement	155
9.9.1	Circuit d'essai	155
9.9.2	Essais à vide avec des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux à la température de référence de 20 °C ± 2 °C	156
9.9.3	Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence	157
9.9.4	Vérification du raccordement et du fonctionnement d'un transformateur de courant (TC) externe	157
9.9.5	Vérification de la sélectivité en direction pour les RCM classés selon Error! Reference source not found.	157
9.10	Vérification de l'endurance en fonctionnement	158
9.10.1	Généralités	158
9.10.2	Procédure d'essai	159
9.11	Vérification de la capacité de tenue en court-circuit	159
9.11.1	Liste des essais de court-circuit	159
9.11.2	Essais de court-circuit	159
9.12	Vérification de la résistance aux impacts mécaniques	164
9.12.1	Généralités	164
9.12.2	Essai pour tous les types de RCM	165
9.12.3	RCM pour montage sur rail	166
9.12.4	RCM enfichables	167
9.13	Essai de la résistance à la chaleur	167
9.14	Essai de la résistance à la chaleur anormale et au feu	168
9.15	Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	169

9.16	Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement en cas de conditions de surintensité	169
9.16.1	Généralités	169
9.16.2	Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge parcourant un RCM à deux voies de courant	170
9.16.3	Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM à trois ou quatre pôles	170
9.16.4	Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM ayant un dispositif de détection externe (transformateur)	170
9.17	Vérification de la résistance aux fonctionnements intempestifs dus aux ondes de courant causées par les tensions de choc	171
9.18	Vide	171
9.19	Vérification supplémentaire du fonctionnement correct aux courants différentiels résiduels avec composantes continues	171
9.19.1	Généralités	171
9.19.2	Vérification du fonctionnement correct des RCM de types A, F et B	173
9.19.3	Vérification du fonctionnement correct des RCM de types F et B	174
9.19.4	Vérification du fonctionnement correct des RCM de type B	175
9.20	Vérification de la fiabilité	178
9.20.1	Généralités	178
9.20.2	Essai climatique	179
9.20.3	Essai à la température de 40 °C	180
9.21	Vérification du vieillissement des composants électroniques	181
9.22	Vérification des exigences de CEM	181
9.22.2	Description des modes repos et fonctionnement	183
9.22.3	Critère A1	183
9.22.4	Critère A2	183
9.22.5	Critère B	184
9.23	Réponse du RCM à des sursensions temporaires côté basse tension dues à des conditions de défaut côté haute tension	184
9.24	Essai de la résistance à la rouille	184
Annexe A (normative)	Séquence d'essais et nombre d'échantillons à soumettre pour vérifier la conformité au présent document	215
A.1	Généralités	215
A.2	Séquences d'essais	215
A.3	Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	216
A.4	Nombre d'échantillons à soumettre à une procédure d'essai simplifiée en cas de présentation simultanée d'une gamme de RCM de même conception de base	216
Annexe B (normative)	Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite	219
Bibliographie		222
Figure 1	– Courant permanent dans le conducteur FE	185
Figure 2	– Doigt d'épreuve normalisé (9.6)	186
Figure 3	– Circuit d'essai pour la vérification des caractéristiques de fonctionnement des RCM	187
Figure 4	– Circuit d'essai pour la vérification de la sélectivité en direction dans les réseaux IT pour les RCM classés selon 4.12	188

Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du RCM en cas de courant différentiel résiduel continu pulsé	189
Figure 6 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du RCM en cas de courant différentiel résiduel continu pulsé avec composante continue lissée de 0,006 A superposée	191
Figure 7 – Circuit d'essai pour la vérification de la coordination d'un RCM à deux voies de courant avec un DPCC (9.11)	192
Figure 8 – Circuit d'essai pour la vérification de la coordination d'un RCM à trois voies de courant avec un DPCC dans un circuit triphasé (9.11)	193
Figure 9 – Circuit d'essai pour la vérification de la coordination d'un RCM à quatre voies de courant avec un DPCC dans un circuit triphasé avec neutre (9.11)	194
Figure 10 – Appareil d'essai pour la vérification des valeurs minimales de I^2t et I_p que doit supporter le RCM (9.11.2.1 a))	195
Figure 11 – Appareil d'essai de choc mécanique (9.12.2)	196
Figure 12 – Pièce de frappe pour le pendule d'essai de choc (9.12.2)	197
Figure 13 – Support de montage de l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.12.2)	198
Figure 14 – Exemple de fixation d'un RCM ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.12.2)	199
Figure 15 – Exemple de fixation d'un RCM pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.12.2)	200
Figure 16 – Application de la force dans l'essai mécanique des RCM pour montage sur rail (9.12.3)	201
Figure 17 – Appareil d'essai à la bille (9.13.3)	201
Figure 18 – Circuit d'essai pour la vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée	202
Figure 19 – Onde de courant sinusoïdale fortement amortie 0,5 μ s/100 kHz	203
Figure 20 – Circuit d'essai pour l'essai d'onde sinusoïdale fortement amortie des RCM	203
Figure 21 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.20.2.4)	204
Figure 22 – Cycle d'essai de fiabilité (9.20.2.4)	205
Figure 23 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.21)	206
Figure 24 – RCM sans lignes surveillées connectées	207
Figure 25 – RCM avec lignes surveillées connectées	207
Figure 26 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux, composés de composantes multifréquences résultant de l'équipement de commande d'un moteur à vitesse avec une alimentation monophasée	208
Figure 27 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un courant différentiel résiduel alternatif sinusoïdal jusqu'à 1 000 Hz	209
Figure 28 – Circuit d'essai pour un RCM de type B à 2, 3 et 4 pôles pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels continus pulsés pouvant provenir de circuits redresseurs alimentés par deux phases	210
Figure 29 – Circuit d'essai pour un RCM de type B à 3 et 4 pôles pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels continus pulsés pouvant provenir de circuits redresseurs alimentés par trois phases	211
Figure 30 – Circuit d'essai pour un RCM de type B à 2, 3 et 4 pôles pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un courant différentiel résiduel continu lissé	212
Figure 31 – Représentation schématique pour l'essai au fil incandescent	213

Figure 32 – Circuit d'essai pour un RCM de type B à 2, 3 et 4 pôles pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un courant différentiel résiduel alternatif superposé à un courant différentiel résiduel continu lissé	214
Figure B.1 – Représentations de l'application des lignes de fuite	220
Figure B.2 – Représentations de l'application des lignes de fuite	221
Tableau 1 – Marquage	130
Tableau 2 – Conditions normales de fonctionnement en service	133
Tableau 3 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	135
Tableau 4 – Sections des conducteurs de cuivre connectables pour bornes à vis	137
Tableau 5 – Valeurs des échauffements	140
Tableau 6 – Liste des essais de type selon la classification du RCM.....	144
Tableau 7 – Conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés	145
Tableau 8 – Diamètres des filetages et couples appliqués	146
Tableau 9 – Forces de traction.....	147
Tableau 10 – Dimensions du conducteur.....	148
Tableau 11 – Tension d'essai des circuits de commande et auxiliaires	151
Tableau 12 – Tension de tenue aux chocs assignée en fonction de la tension nominale de l'installation.....	154
Tableau 13 – Tension d'essai pour la vérification de la tension de tenue aux chocs	154
Tableau 14 – Diamètre du fil d'argent en fonction du courant assigné et des courants de court-circuit.....	161
Tableau 15 – Valeurs minimales de I^2t et I_p	161
Tableau 16 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit	163
Tableau 17 – Vue d'ensemble des essais pour les types de RCM	172
Tableau 18 – Plages de courants d'activation	173
Tableau 19 – Valeurs de composantes de fréquence des courants d'essai et valeurs de courant initiales pour la vérification du fonctionnement	174
Tableau 20 – Plages de courants de fonctionnement pour un courant différentiel résiduel composé.....	175
Tableau 21 – Courants différentiels de fonctionnement et de non-fonctionnement en fonction des fréquences qui diffèrent de la fréquence assignée de 50/60 Hz pour le RCM de type B	176
Tableau 22 – Essais CEM.....	182
Tableau 23 – Explication des symboles littéraux pour les Figures 6 à 9	190
Tableau A.1 – Séquences d'essais	215
Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre aux essais	216
Tableau A.3 – Essais avec un nombre réduit d'échantillons	218

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PETIT APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE –
CONTRÔLEURS D'ISOLEMENT À COURANT
DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL (RCM) –****Partie 1: RCM pour usages domestiques et analogues****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62020-1 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de l'IEC: Petit appareillage.

Cette première édition annule et remplace l'IEC 62020:1998 et l'IEC 62020:1998/AMD1:2003. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- définitions des RCM de type F et de type B;
- marquage des RCM de type F et de type B;

- ajout d'un nouveau paragraphe, 8.20;
- modification du 9.7;
- mise à jour du 9.9;
- modification du 9.14;
- modification du 9.19 afin d'ajouter l'essai concernant les RCM de type F et de type B.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
23E/1180/FDIS	23E/1183/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62020, publiées sous le titre général *Petit appareillage électrique – Contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel (RCM)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

Le contenu du corrigendum de juillet 2020 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

Le rôle d'un contrôleur d'isolement à courant différentiel résiduel (désigné ci-après RCM) est de surveiller la présence d'un courant de défaut à la terre dans une installation électrique ou un circuit et d'indiquer au moyen d'une alarme la présence d'un tel courant différentiel résiduel lorsqu'il dépasse un niveau prédéterminé.

Des règles d'installation et d'application sont données dans l'IEC 60364 (toutes les parties).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62020-1:2020

PETIT APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE – CONTRÔLEURS D'ISOLEMENT À COURANT DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL (RCM) –

Partie 1: RCM pour usages domestiques et analogues

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel pour usages domestiques et analogues, avec des tensions d'emploi assignées et une tension assignée du circuit surveillé ne dépassant pas 440 V en courant alternatif et des courants assignés ne dépassant pas 125 A.

NOTE 1 La norme concernant les contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel avec des tensions d'emploi assignées et une tension assignée du circuit surveillé dépassant 440 V en courant alternatif est en préparation sous la référence IEC 62020-2.

Les RCM sont destinés à surveiller le courant différentiel résiduel de l'installation et à générer un avertissement si le courant différentiel résiduel entre une partie active et une partie conductrice accessible ou la terre dépasse un niveau prédéterminé.

Les RCM couverts par le présent document ne sont pas destinés à être utilisés comme dispositifs de protection.

Les RCM détectent les courants différentiels résiduels circulant au sein d'un circuit à courant alternatif (courant différentiel résiduel alternatif, courant différentiel résiduel continu pulsé, courant différentiel résiduel continu lissé par exemple), qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement.

NOTE 2 Les RCM pour les systèmes à courant continu sont à l'étude.

Le présent document s'applique aux contrôleurs remplissant à la fois les fonctions de détection du courant différentiel résiduel, de comparaison de la valeur de ce courant avec le courant différentiel de fonctionnement du dispositif et d'activation d'un ou plusieurs signaux d'avertissement lorsque le courant différentiel résiduel dépasse cette valeur.

Les RCM alimentés par des batteries internes ne sont pas couverts par le présent document.

Les exigences du présent document s'appliquent pour des conditions normales (voir 7.1). Des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires pour des RCM utilisés dans des emplacements présentant des conditions d'environnement sévères.

Les RCM sont destinés à être utilisés dans un environnement présentant un degré de pollution 2 et une catégorie de surtension III. Pour les environnements présentant un degré de pollution supérieur, des enveloppes procurant le degré de protection adéquat sont utilisées.

Les RCM conformes au présent document sont adaptés à une utilisation dans les réseaux TN, TT et IT.

Le présent document ne couvre pas les contrôleurs permanents d'isolement (CPI) relevant du domaine d'application de l'IEC 61557-8.

NOTE 3 Un RCM se distingue d'un CPI par le caractère passif de sa fonction de surveillance et le fait qu'il réponde seulement à un courant de défaut déséquilibré dans l'installation surveillée. Un CPI est actif dans ses fonctions de mesure et de surveillance dans le sens, où il peut mesurer une résistance d'isolement ou impédance équilibrée aussi bien que déséquilibrée dans l'installation (voir IEC 61557-8).

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60038, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-3-4, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-11:2014, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-4-34, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-34: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour matériel ayant un courant appelé de plus de 16 A par phase*

IEC 62873-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 2: Residual current devices (RCDs) – Vocabulary* (disponible en anglais seulement)

IEC 62873-3-1, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-1: Particular requirements for RCDs with screwless-type terminals for external copper conductors* (disponible en anglais seulement)

IEC 62873-3-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-2: Particular requirements for RCDs with flat quick-connect terminations* (disponible en anglais seulement)

IEC 62873-3-3, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-3: Specific requirements for RCDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors* (disponible en anglais seulement)

CISPR 14-1:2016, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62873-2 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

Lorsque les termes "tension" ou "courant" sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces, sauf spécification contraire. Dans l'IEC 62873-2, le terme "RCD" est utilisé au lieu de "RCM".

3.1.1

contrôleur d'isolement à courant différentiel résiduel RCM

dispositif ou association de dispositifs qui surveille le courant différentiel résiduel dans une installation électrique et qui active une alarme lorsque le courant différentiel résiduel dépasse la valeur de fonctionnement du dispositif

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "RCM" est dérivé du terme anglais développé correspondant "residual current monitor".

3.1.2

dispositif différentiel résiduel temporisé

dispositif différentiel résiduel spécialement conçu pour atteindre une valeur prédéterminée du temps limite de non-réponse correspondant à une valeur donnée du courant différentiel

[SOURCE: IEC 60050-442:2019, 442-05-05]

3.1.3

circuit principal

<d'un RCM> ensemble des pièces conductrices d'un RCM insérées dans les voies de courant (voir 4.3)

Note 1 à l'article: Le circuit principal comprend le circuit surveillé et le circuit d'alimentation distinct, le cas échéant.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-15-02, modifié – dans la définition, "appareil de connexion" a été remplacé par "RCM", la fin a été supprimée et la note a été ajoutée.]

3.1.4

état d'alarme

état indiquant que le courant différentiel résiduel dans l'installation surveillée dépasse le niveau prédéterminé du RCM

3.1.5

état de non-alarme

état indiquant que le courant différentiel résiduel dans l'installation surveillée est inférieur au niveau prédéterminé du RCM

3.1.6

temps de réponse

temps mis par un RCM pour passer de l'état de non-alarme à l'état d'alarme en réponse à l'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel dépassant le niveau prédéterminé

3.1.7

connexion de terre fonctionnelle

FE

raccordement électrique entre le RCM et la terre, effectué pour assurer:

- la fourniture d'un point de référence pour les RCM ayant une fonction de sélectivité (voir 4.11) et/ou
- la continuité du fonctionnement dans le cas de perte du neutre d'alimentation

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "FE" est dérivé du terme anglais développé correspondant "functional earth connection".

3.1.8

temps de réponse maximal

$T_{\max}$

temps de réponse maximal pour les courants différentiels résiduels supérieurs ou égaux à $I_{\Delta n}$

3.1.9

temps de non-réponse minimal

$T_{\min}$

temps de non-réponse minimal pour les RCM avec temporisation

3.1.10

RCM sélectif en direction

type de RCM capable de distinguer les courants différentiels résiduels de défaut provenant du côté alimentation et ceux provenant du côté charge des lignes surveillées, comme déclaré par le constructeur

3.1.11

limite de la surintensité dans le cas d'une charge parcourant un RCM à deux voies de courant

valeur maximale d'une surintensité qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et de tout courant de fuite à la terre, peut parcourir un RCM à deux voies de courant sans le faire passer à l'état d'alarme

Note 1 à l'article: Ce terme et celui en 3.1.12 définissent les valeurs limites de la surintensité de non-fonctionnement dans le circuit principal. En cas de surintensité dans le circuit principal, en l'absence de courant différentiel résiduel, le dispositif de détection peut fonctionner en raison de la dissymétrie existante dans le dispositif de détection lui-même.

3.1.12**valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM**

valeur maximale d'une surintensité monophasée qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et de tout courant de fuite à la terre, peut parcourir un RCM sans le faire passer à l'état d'alarme

3.1.13**manœuvre**

changement d'état du RCM depuis l'état de non-alarme à l'état d'alarme ou vice versa

3.1.14**partie active circuit principal**

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19]

4 Classification**4.1 Selon le mode de fonctionnement****4.1.1 RCM fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation****4.1.2 RCM fonctionnellement dépendant d'une source d'énergie autre que la tension d'alimentation****4.2 Selon le type d'installation**

- RCM pour installation fixe et raccordement par conducteurs fixes;
- RCM pour installation mobile et raccordement par conducteurs souples (du dispositif lui-même à l'alimentation).

4.3 Selon le nombre de voies de courant

- RCM avec deux voies de courant;
- RCM avec trois voies de courant;
- RCM avec quatre voies de courant.

4.4 Selon les possibilités de réglage du courant différentiel de fonctionnement

- RCM avec un courant différentiel de fonctionnement non réglable;

NOTE Certains RCM ayant un courant différentiel de fonctionnement non réglable peuvent inclure un niveau de préavertissement.

- RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable.

4.5 Selon la temporisation

- RCM sans temporisation réglable;
- RCM avec temporisation réglable.

4.6 Selon la protection contre les influences externes

- RCM de type fermé (ne nécessitant pas l'utilisation d'une enveloppe appropriée);
- RCM de type ouvert (pour utilisation avec une enveloppe appropriée).

4.7 Selon la méthode de montage

- RCM pour montage en saillie;

- RCM à encastrer;
- RCM pour montage en tableau, aussi appelé RCM pour tableau de distribution.

NOTE Ces types peuvent être destinés à être montés sur des rails.

4.8 Selon le mode de connexion

- RCM dont les connexions ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;
- RCM dont les connexions sont associées au dispositif de fixation mécanique, par exemple type enfichable, type à fixation par boulons.

NOTE Certains RCM peuvent être de type enfichable ou à fixation par boulons sur le côté d'alimentation uniquement, les bornes de charge étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.

4.9 Selon le type de connexion du conducteur de charge

4.9.1 RCM auxquels les lignes surveillées ne sont pas directement raccordées

Voir Figure 24.

4.9.2 RCM auxquels les lignes surveillées sont directement raccordées

Voir Figure 25.

4.10 Selon l'indicateur de défauts

- visuel, non réarmable pendant la condition de défaut (exigence minimale);
- visuel et sonore, l'indicateur sonore peut être désactivé par l'utilisateur pendant la condition de défaut;
- visuel avec relais de sortie, le relais peut être désactivé par l'utilisateur pendant la condition de défaut;
- visuel avec un autre signal de sortie.

4.11 Selon la capacité à différencier les courants résiduels provenant du côté alimentation de ceux provenant du côté charge

- avec sélectivité en direction (applicable dans les réseaux IT);
- sans sélectivité en direction.

4.12 Selon le système d'alimentation

4.12.1 RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant alternatif

4.12.2 RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant continu

Les RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant continu sont à l'étude.

4.13 Selon le type de courant différentiel résiduel surveillé

- RCM de type AC;
- RCM de type A;
- RCM de type F;
- RCM de type B.

Cette classification s'applique uniquement aux RCM destinés aux réseaux d'alimentation en courant alternatif.

4.14 Selon la méthode de détection du courant différentiel résiduel

- RCM avec transformateurs de courant internes;
- RCM avec transformateurs de courant externes.

5 Caractéristiques des RCM

5.1 Enumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un RCM doivent être indiquées comme suit:

- type d'installation (voir 4.2);
- nombre de voies de courant (voir 4.3);
- courant assigné I_n (voir 5.2.2);
- courant différentiel de fonctionnement assigné $I_{\Delta n}$ (voir 5.2.3);
- courant différentiel de non-fonctionnement assigné $I_{\Delta no}$ (voir 5.2.4);
- tension d'emploi assignée (U_e) (voir 5.2.1.1)
- tension assignée du circuit surveillé (U_{em}) (voir 5.2.1.3);
- fréquence assignée (voir 5.2.5);
- temporisation, si applicable;
- caractéristiques de fonctionnement en fonction des formes d'onde des courants différentiels résiduels (voir 5.2.6);
- degré de protection (voir IEC 60529);
- courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} (seulement pour les RCM classés selon 4.9.2);
- courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné $I_{\Delta c}$ (seulement pour les RCM classés selon 4.9.2);
- comportement du RCM en cas de défaillance de la tension d'alimentation (voir 4.1.1);
- comportement du RCM en cas de défaillance de la source d'énergie autre que la tension d'alimentation (voir 4.1.2).

5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

La tension d'emploi assignée d'un RCM est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent ses performances.

NOTE Plusieurs tensions assignées peuvent être attribuées à un même RCM.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un RCM est la valeur de la tension attribuée par le constructeur à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectriques et les lignes de fuite.

Sauf spécification contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du RCM. La tension assignée maximale ne doit en aucun cas dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée du circuit surveillé (U_{em})

La tension assignée du circuit surveillé (ci-après dénommée tension assignée U_{em}) d'un RCM est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent les performances d'isolement du transformateur de courant. L'hypothèse retenue est que le circuit surveillé est installé avec un ou plusieurs conducteurs non isolés aux bornes du transformateur de courant.

5.2.1.4 Tension d'isolement assignée du circuit surveillé (U_{im})

La tension d'isolement surveillée du transformateur (ci-après dénommée tension assignée U_{im}) d'un RCM est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectriques, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite du transformateur de courant. Les exigences établies dans le présent document garantissent l'isolation principale du transformateur en retenant l'hypothèse que le circuit surveillé est installé avec un ou plusieurs conducteurs isolés aux bornes du transformateur de courant.

Sauf spécification contraire, la tension d'isolement assignée du transformateur est égale à la tension surveillée assignée maximale du RCM. La tension surveillée assignée maximale ne doit en aucun cas dépasser la tension d'isolement assignée du transformateur.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Valeur du courant, attribuée au RCM par le constructeur, que le RCM peut supporter en service ininterrompu. Cette caractéristique s'applique aux dispositifs conformément au 4.9.2.

5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Valeur du courant différentiel de fonctionnement, attribuée au RCM par le constructeur et à laquelle le RCM doit fonctionner dans les conditions spécifiées.

NOTE Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, le réglage le plus élevé est utilisé pour les caractériser.

5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

Valeur du courant différentiel de non-fonctionnement, attribuée au RCM par le constructeur et à laquelle le RCM ne fonctionne pas dans les conditions spécifiées.

5.2.5 Fréquence assignée

Fréquence industrielle pour laquelle est conçu le RCM et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

NOTE Le même RCM peut avoir des fréquences assignées différentes dans le circuit d'alimentation et le circuit surveillé.

5.2.6 Caractéristiques de fonctionnement

5.2.6.1 RCM de type AC

RCM pour lequel le déclenchement d'une alarme est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement.

5.2.6.2 RCM de type A

RCM pour lequel le déclenchement d'une alarme est assuré pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux et des courants différentiels résiduels continus pulsés, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement.

5.2.6.3 RCM de type F

RCM pour lequel le déclenchement d'une alarme est assuré comme pour le type A et également pour:

- les courants différentiels résiduels composés, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement, destinés aux circuits alimentés entre la phase et le neutre ou entre la phase et le conducteur milieu raccordé à la terre;
- les courants différentiels résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé de 0,01 A.

Les courants différentiels résiduels spécifiés ci-dessus peuvent être appliqués brusquement ou augmenter lentement, indépendamment de la polarité.

5.2.6.4 RCM de type B

RCM pour lequel le déclenchement d'une alarme est assuré comme pour le type F et également pour:

- les courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux jusqu'à 1 000 Hz;
- les courants différentiels résiduels alternatifs superposés à un courant continu lissé égal à 0,4 fois le courant différentiel résiduel assigné ($I_{\Delta n}$) ou 10 mA, la plus grande des deux valeurs étant retenue;
- les courants différentiels résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé égal à 0,4 fois le courant différentiel résiduel assigné ($I_{\Delta n}$) ou 0,01 A, la plus grande des deux valeurs étant retenue;
- les courants différentiels résiduels continus pouvant venir de circuits redresseurs, par exemple;
 - montage en pont à deux impulsions ligne à ligne pour les dispositifs à 2, 3 et 4 pôles;
 - connexion en étoile à trois impulsions ou montage en pont à six impulsions pour les dispositifs à 3 et 4 pôles,
- les courants différentiels résiduels continus lissés.

Les courants différentiels résiduels spécifiés ci-dessus peuvent être appliqués brusquement ou augmenter lentement, indépendamment de la polarité.

5.3 Valeurs normales et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_e)

Les tensions 230 V et 400 V sont normalisées conformément à l'IEC 60038. Ces valeurs doivent progressivement remplacer les valeurs de 220 V et 240 V, et 380 V et 415 V respectivement.

Lorsque le présent document fait référence à 230 V et à 400 V, ces valeurs peuvent être interprétées comme étant respectivement égales à 220 V ou 240 V, et 380 V ou 415 V.

Pour les systèmes monophasés à trois conducteurs, les tensions normalisées sont 120/240 V.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont (seulement pour les RCM selon 4.9.2):

10 A – 13 A – 16 A – 20 A – 25 A – 32 A – 40 A – 63 A – 80 A – 100 A – 125 A.

NOTE Pour les RCM selon 4.9.1, le courant assigné est limité par la taille physique du transformateur de courant, externe ou interne au RCM lui-même.

5.3.3 Valeurs préférentielles du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Les valeurs préférentielles du courant différentiel de fonctionnement assigné sont:

0,006 A – 0,01 A – 0,03 A – 0,1 A – 0,3 A – 0,5 A.

Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, la valeur assignée correspond au réglage le plus élevé.

5.3.4 Valeur normale du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

La valeur normale du courant différentiel de non-fonctionnement est $0,5 I_{\Delta n}$.

NOTE Pour les courants différentiels résiduels continus pulsés, les courants différentiels de non-fonctionnement dépendent de l'angle de retard de conduction α .

5.3.5 Valeur normale minimale de la surintensité de non-fonctionnement dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM

La valeur minimale normale de l'intensité de non-fonctionnement dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM est $6 I_n$.

Pour les RCM classés selon 4.9.1, le courant assigné doit être calculé en utilisant la valeur minimale de l'intensité de non-fonctionnement divisée par 6 (voir note en 5.3.2). Dans ce but, les RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable doivent être réglés à la plus faible valeur appropriée à chaque transformateur de courant.

5.3.6 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée

Les valeurs préférentielles de la fréquence assignée sont 50 Hz et/ou 60 Hz.

Si une autre valeur est utilisée, la fréquence assignée doit être marquée sur le dispositif et les essais doivent être effectués à cette fréquence.

5.3.7 Valeurs normales et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) (applicable seulement aux RCM classés selon 4.9.2)

5.3.7.1 Valeurs inférieures ou égales à 10 000 A

Jusqu'à 10 000 A inclus, les valeurs du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} sont normalisées. Il s'agit des valeurs suivantes:

3 000 A – 4 500 A – 6 000 A – 10 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans le Tableau 16.

5.3.7.2 Valeurs supérieures à 10 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à 25 000 A inclus, une valeur préférentielle est 20 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans le Tableau 16.

Les valeurs supérieures à 25 000 A ne sont pas prises en considération dans le présent document.

5.3.8 Temps de réponse maximal ($T_{\max}$)

Le temps de réponse pour les courants différentiels résiduels supérieurs ou égaux à $I_{\Delta n}$ ne doit pas dépasser 10 s.

5.3.9 Temps de non-réponse minimal ($T_{\min}$)

Pour les RCM ayant un temps de non-réponse minimal selon 3.1.9, ce temps doit être déclaré par le constructeur.

5.4 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) (applicable seulement aux RCM classés selon 4.9.2)

5.4.1 Généralités

Les RCM doivent être protégés contre les courts-circuits au moyen de disjoncteurs ou de fusibles conformes aux normes pertinentes et conformément aux règles d'installation de l'IEC 60364 (toutes les parties).

La coordination entre les RCM et les différents dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) doit être vérifiée dans les conditions générales du 9.11.2.1 au moyen des essais décrits en 9.11.2.2 qui sont destinés à vérifier la présence d'une protection adéquate des RCM contre les courants de court-circuit jusqu'à la valeur du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} et jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel de court-circuit $I_{\Delta c}$.

5.4.2 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc})

Valeur efficace du courant présumé, attribuée par le constructeur, qu'un RCM protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans altérations irréversibles de son fonctionnement.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.2 a).

5.4.3 Courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné ($I_{\Delta c}$)

Valeur du courant différentiel résiduel présumé, attribuée par le constructeur, qu'un RCM protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans altérations irréversibles de son fonctionnement.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.2 b).

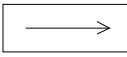
6 Marquage et autres informations sur le produit

Les données suivantes concernant chaque RCM et les dispositifs externes des RCM, s'il y a lieu, doivent être apposées de façon durable, conformément au Tableau 1.

Tableau 1 – Marquage

Élément	Marquage ou élément d'information	Emplacement du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit lorsqu'il est installé	Sur le produit	Dans une brochure ou dans le catalogue du constructeur
A	Nom ou marque commerciale du constructeur		X	X
B	Désignation du type, numéro de catalogue ou numéro de série		X	X
C	Tension(s) assignée(s)		X	X
D	Courant assigné	X		X
E	Fréquence assignée; les RCM avec plusieurs fréquences assignées (50/60 Hz, par exemple) doivent être marqués en conséquence			X
F	Courant différentiel de fonctionnement assigné	X		X
G	Réglages du courant différentiel de fonctionnement pour les RCM ayant plusieurs courants différentiels de fonctionnement			X
H	Degré de protection (seulement s'il diffère de IP 20)			X
I	Position d'utilisation, si nécessaire		X	X
J	Organe de commande du dispositif de contrôle, repéré par la lettre T	X		X
K	Schéma de raccordement		X	X
L	Temps de réponse maximal (voir 5.3.8)			X
M	Temps de non-réponse minimal (voir 5.3.9)			X

Elément	Marquage ou élément d'information	Emplacement du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit lorsqu'il est installé	Sur le produit	Dans une brochure ou dans le catalogue du constructeur
N	Caractéristique de fonctionnement en présence de courants différentiels résiduels avec les symboles suivants: – pour les RCM de type AC  (IEC 60417-6148:2012-01) – pour les RCM de type A  (IEC 60417-6149:2012-01) – pour les RCM de type F  (IEC 60417-6149:2012-01 + IEC 60417-6160:2012-04) ou  (IEC 60417-6399:2017-12) – pour les RCM de type B  (IEC 60417-6149:2012-01 + IEC 60417-6160:2012-04 + IEC 60417-6297:2014-11) ou  (IEC 60417-6398:2017-12)	X		
O	Référence à l'IEC 62020-1		X	X
P	Courant conditionnel de court-circuit assigné et caractéristiques du dispositif de protection contre les courts-circuits associé, selon le 5.4.2			X
Q	Courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné et caractéristiques du dispositif de protection contre les courts-circuits associé, selon le 5.4.3			X
R	Les bornes exclusivement destinées à la connexion du conducteur neutre doivent être repérées par le symbole N		X	X

Elément	Marquage ou élément d'information	Emplacement du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit lorsqu'il est installé	Sur le produit	Dans une brochure ou dans le catalogue du constructeur
S	Dispositif d'inhibition du signal sonore, le cas échéant, repéré par le symbole:  (IEC 60417-5014:2014-06)	X		
T	Instructions d'installation, y compris l'identification du ou des transformateurs de courant pouvant être utilisés avec le RCM			X
U	Pour les RCM sélectifs en direction, par le marquage:  (IEC 60417-5022:2002-10)		X	
V	Borne FE marquée "FE"		X	
W	RCM fonctionnellement dépendant d'une source d'énergie autre que la tension d'alimentation, s'il y a lieu			X
X	Indication de mise sous tension (pas rouge, ni jaune ou bleu)	X		

La couleur rouge ne doit pas être utilisée pour le bouton test ni pour le dispositif de réarmement du RCM.

S'il est nécessaire de distinguer les bornes d'alimentation des bornes de charge, celles-ci doivent être clairement marquées (par les mots "ligne" et "charge" placés près des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant la direction de circulation du courant, par exemple).

Les bornes du RCM pour le raccordement au transformateur de courant doivent être clairement identifiées.

Les bornes destinées à la connexion du conducteur de protection, s'il y a lieu, doivent être

indiquées par le symbole  (IEC 60417-5019:2006-08).

Le marquage doit être indélébile, facilement lisible et ne pas être placé sur des vis, rondelles ou autres pièces démontables.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai en 9.3.

7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normales

Les RCM conformes au présent document doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions normales de fonctionnement en service

Grandeur d'influence	Plage normale d'application	Valeur de référence	Tolérances d'essai ⁶⁾
Température ambiante ^{1) 7)}	–5 °C à +40 °C ²⁾	20 °C	±5 °C
Altitude	Ne dépassant pas 2 000 m		
Humidité relative Valeur maximale à 40 °C	50 % ³⁾		
Champ magnétique externe	Ne dépassant pas 5 fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	⁴⁾
Position	Valeur déclarée par le constructeur, avec une tolérance de 2° dans toutes les directions ⁵⁾	Valeur déclarée par le constructeur	2° dans toutes les directions
Fréquence	Valeur de référence ±5 %	Valeur assignée	±2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Ne dépassant pas 5 %	Zéro	5 %

¹⁾ La valeur maximale de la température moyenne journalière est de +35 °C.
²⁾ Des valeurs hors de cette plage sont admises pour des conditions climatiques plus sévères, après accord entre le constructeur et l'utilisateur.
³⁾ Des niveaux d'humidité relative plus élevés sont admis à des températures plus basses (par exemple, 90 % à 20 °C).
⁴⁾ Lorsqu'un RCM est installé à proximité d'un fort champ magnétique, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires.
⁵⁾ Le dispositif doit être fixé de manière à ne subir aucune déformation susceptible d'altérer son fonctionnement.
⁶⁾ Les tolérances données s'appliquent, sauf spécification contraire dans l'essai concerné.
⁷⁾ Des limites extrêmes de –20 °C et de +60 °C sont admissibles pendant le stockage et le transport, et il convient d'en tenir compte lors de la conception du dispositif.

7.2 Conditions d'installation

Les RCM doivent être installés conformément aux instructions du constructeur.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Conception mécanique

8.1.1 Généralités

Un RCM peut fournir une indication à distance de la condition de défaut de l'isolation principale.

Il ne doit pas être possible de modifier les caractéristiques de fonctionnement du RCM par des interventions extérieures autres que celles qui sont spécifiquement prévues pour modifier la valeur du courant différentiel de fonctionnement ou de la temporisation.

Lorsque les RCM sont équipés d'un transformateur de courant (TC) interne, mais qu'ils ont la possibilité de choisir un TC externe optionnel, tous les essais correspondants doivent être réalisés avec le TC interne. La fonction propre du TC externe doit toutefois être confirmée en la soumettant à l'essai une fois, selon 9.9.4.

8.1.2 Caractéristiques

Le RCM doit être équipé d'un indicateur "sous tension" visuel dont la couleur ne doit pas être rouge, jaune ou bleu.

Le RCM doit être équipé de dispositifs permettant d'indiquer une condition de défaut lorsque le courant différentiel résiduel dépasse la valeur de fonctionnement prédéterminée, le dispositif d'indication principal étant un indicateur visuel. L'indicateur visuel doit faire partie intégrante du RCM et doit être facilement discernable sur la face avant du RCM lorsqu'il est installé comme en usage normal. L'indicateur visuel ne doit pas être de couleur verte. Il ne doit pas être possible d'éteindre l'indicateur visuel lorsque la condition de défaut est présente.

Lorsqu'une alarme sonore supplémentaire est fournie, le signal sonore doit être facilement perceptible par des personnes ayant une acuité auditive normale et peut avoir un niveau sonore réglable. Il est admis d'arrêter le signal sonore lorsque la condition de défaut est présente.

L'alarme sonore, s'il y a lieu, doit être autoréarmable lors de l'élimination du défaut. Dans le cas d'un défaut consécutif à l'élimination du premier défaut, l'alarme sonore doit être réactivée.

Les RCM peuvent être équipés d'un dispositif de réarmement permettant de réarmer manuellement le RCM dans l'état de non-alarme après élimination du défaut. Les RCM non équipés d'un dispositif de réarmement doivent être réarmés automatiquement après élimination du défaut.

Lorsqu'il existe des moyens de réglage du courant différentiel de fonctionnement ou du retard, un tel réglage ne doit être possible qu'au moyen d'un outil.

La conformité aux exigences des alinéas ci-dessus est vérifiée par examen pendant les essais selon 9.9.

8.1.3 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite applicables au RCM (voir aussi Annexe B) et à ses composants externes (transformateurs de courant, etc.), à l'exception des circuits imprimés, doivent être conformes aux exigences du Tableau 3 lorsque le RCM est monté comme en usage normal.

Les exigences du précédent alinéa doivent également s'appliquer aux conducteurs actifs (phases et neutre) connectés directement aux circuits imprimés.

Les lignes de fuite applicables aux circuits imprimés des RCM, doivent être conformes aux exigences du Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007, "Lignes de fuite pour éviter les défaillances dues au cheminement", Degré de pollution 2, Groupe de matériau III.

Le Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007 comprend les exigences pour les circuits imprimés non revêtus. L'IEC 60664-3 permet des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite réduites pour les circuits imprimés utilisant un revêtement, un empoilage ou un moulage protecteur. En conséquence, la conformité de tels circuits imprimés peut être vérifiée en se référant à l'IEC 60664-3 en lieu et place du Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007.

Tableau 3 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

Description	Distance mm
<i>Distance d'isolement dans l'air</i> ¹⁾	
– entre les parties actives de polarité différente ^{2) 3)}	3
– entre les parties actives et	
• les dispositifs de réarmement métalliques	3
• le bouton test métallique	3
• les vis ou autres dispositifs de fixation de capots qui doivent être retirés lors de la fixation du RCM	3
• la surface à laquelle est fixée la base ⁴⁾	6 (3)
• les vis ou autres dispositifs de fixation du RCM ⁴⁾	6 (3)
• les capots ou boîtiers métalliques ⁴⁾	6 (3)
• les autres parties métalliques accessibles ⁵⁾	3
• les châssis métalliques supportant des RCM à encastrer	3
<i>Lignes de fuite</i> ¹⁾	
– entre les parties actives de polarité différente ^{2) 3)}	
• pour les RCM ayant une tension assignée ne dépassant pas 250 V	3
• pour les autres RCM	4
– entre les parties actives et	
• les dispositifs de réarmement métalliques	3
• le bouton test métallique	3
• les vis ou autres dispositifs de fixation de capots qui doivent être retirés lors de la fixation du RCM	3
• les vis ou autres dispositifs de fixation des RCM ⁴⁾	6 (3)
• les parties métalliques accessibles ⁵⁾	3
¹⁾ Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite du circuit secondaire et entre les enroulements primaires du transformateur du RCM ne sont pas prises en considération. ²⁾ Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances adéquates entre les parties actives de polarité différente des RCM de type enfichable placés les uns à côté des autres. Des valeurs sont à l'étude. ³⁾ Dans certains pays, des distances plus grandes entre les bornes sont utilisées conformément aux pratiques nationales. ⁴⁾ Si les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle est monté le RCM dépendent uniquement de la conception du RCM, de sorte qu'elles ne puissent être réduites lorsque le RCM est monté dans la position la plus défavorable (même dans une enveloppe métallique), les valeurs entre parenthèses sont suffisantes. ⁵⁾ Y compris une feuille métallique en contact avec les surfaces en matière isolante accessibles après installation comme en usage normal. La feuille est poussée dans les coins, rainures, etc. au moyen d'un doigt d'épreuve rigide et rectiligne, conformément au 9.6.	

8.1.4 Vis, parties conduisant le courant et raccordements

8.1.4.1 Les connexions, qu'elles soient mécaniques ou électriques, doivent résister aux contraintes mécaniques qui s'exercent en service normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du RCM lors de son installation ne doivent pas être des vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) mis en œuvre lors du montage du RCM comprennent les vis pour la fixation des capots ou plaques de recouvrement, mais pas les dispositifs de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base d'un RCM.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai en 9.4.

NOTE 2 Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais en 9.8, 9.11, 9.12, 9.13 et 9.21.

8.1.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante et qui sont mises en œuvre lors du montage du RCM pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou dans l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

NOTE L'exigence d'introduction correcte est respectée si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.1.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas au travers des matières isolantes autres que la céramique, le mica pur ou d'autres matières présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou un fléchissement éventuel de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE L'aptitude de la matière est estimée par rapport à la stabilité des dimensions.

8.1.4.4 Les parties transportant le courant (y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, le cas échéant) doivent être réalisées dans un métal présentant, dans les conditions qui se produisent à l'intérieur de l'équipement, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion adéquates pour leur utilisation prévue.

Exemples de matériaux adaptés:

- en cuivre;
- en alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid, ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- en un autre métal ou un métal avec un revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou d'alliages ferreux avec un revêtement adapté, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.24).

Les exigences du présent paragraphe ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ni aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.

8.1.5 Bornes pour conducteurs externes

8.1.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de façon à maintenir en permanence la pression de contact nécessaire.

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis pourvu qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions d'emploi prévues.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais en 9.4 pour les bornes à vis, par des essais spécifiques pour les RCM enfichables ou à boulons couverts par le présent document, ou par les essais de l'IEC 62873-3-1, l'IEC 62873-3-2 ou l'IEC 62873-3-3 selon le type de connexion.

8.1.5.2 Les RCM doivent être équipées de:

- bornes qui doivent permettre la connexion de conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées dans le Tableau 4; ou de
- bornes destinées aux conducteurs en aluminium non traités et bornes à vis en aluminium destinées aux conducteurs en cuivre ou en aluminium conformément à l'IEC 62873-3-3.

Pour les conducteurs autres que ceux connectés au circuit principal (circuits de signalisation, par exemple), des sections et des bornes plus petites sont admises.

La conformité est vérifiée par examen, par mesure et par l'introduction successive d'un conducteur de la plus faible section et d'un conducteur de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Sections des conducteurs de cuivre connectables pour bornes à vis

Courant assigné A		Plage des sections nominales à serrer* mm ²	
Supérieur à	Inférieur ou égal à	Conducteurs rigides (massifs ou câblés)	Conducteurs souples
–	13	1 à 2,5	1 à 2,5
13	16	1 à 4	1 à 4
16	25	1,5 à 6	1,5 à 6
25	32	2,5 à 10	2,5 à 6
32	50	4 à 16	4 à 10
50	80	10 à 25	10 à 16
80	100	16 à 35	16 à 25
100	125	24 à 50	25 à 35
* Pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 50 A, les bornes doivent être conçues pour serrer des conducteurs massifs aussi bien que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, les bornes destinées aux conducteurs avec des sections comprises entre 1 mm ² et 6 mm ² peuvent être conçues pour serrer des conducteurs massifs uniquement.			
NOTE 1 Pour la correspondance entre les sections ISO et AWG, se référer à l'Annexe ID de l'IEC 61008-1:2010.			
NOTE 2 Pour les bornes non connectées au circuit principal, aucun courant assigné n'est spécifié. La plage de sections connectables à serrer doit être spécifiée par le constructeur en tenant compte des valeurs appropriées de ce tableau.			

8.1.5.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.5.4 Les bornes pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 32 A doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme "préparation spéciale" concerne l'étamage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc., mais pas la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.1.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique adéquate.

Les vis et écrous de serrage des conducteurs doivent présenter un filetage ISO ou un pas et une tenue mécanique comparables.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais en 9.4 et en 9.5.2.

8.1.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur sans lui causer de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai en 9.5.3.

8.1.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur de façon sûre et entre des surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais en 9.4 et en 9.5.2.

8.1.5.8 Les bornes doivent être conçues ou positionnées de telle manière qu'un conducteur rigide massif ou un brin d'un conducteur câblé ne puisse s'échapper lors du serrage des vis ou écrous.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai en 9.5.4.

8.1.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon telle que leurs fixations ne se desserrent pas lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés.

Les exigences du paragraphe précédent n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soit empêché, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences du présent document.

L'utilisation d'une résine ou d'une matière de remplissage est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que:

- la résine ou la matière de remplissage ne soit pas soumise à des contraintes pendant l'usage normal;
- l'efficacité de la résine ou de la matière de remplissage ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans le présent document.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par l'essai en 9.4.

8.1.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinées à la connexion des conducteurs de protection doivent être protégés de façon adéquate contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les bornes de conception procurent une élasticité suffisante pour répondre à cette exigence. Pour d'autres conceptions, des dispositions spéciales (telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable ne pouvant être retirée par inadvertance) peuvent être nécessaires.

8.1.5.11 Les vis et écrous de bornes destinées à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être des vis autotaraudeuses.

8.2 Protection contre les chocs électriques

Les RCM doivent être conçus de telle façon que les parties actives ne soient pas accessibles lorsqu'ils sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal.

NOTE Le terme "usage normal" implique une installation des RCM conforme aux instructions du constructeur.

Une partie est considérée comme "accessible" si elle peut être touchée avec le doigt d'épreuve normalisé (voir 9.6).

Dans des conditions normales d'alimentation, le courant circulant dans le conducteur de protection ne doit pas dépasser 1 mA.

Dans le cas des RCM autres que ceux du type enfichable, les parties externes autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque les RCM sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal, doivent être en matière isolante ou bien être entièrement revêtues de matière isolante.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ce qu'ils ne se perdent pas au cours de l'installation du RCM. Ils doivent avoir une épaisseur et une résistance mécanique adéquates et doivent assurer une protection efficace aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent être en matière isolante ou bien être équipées de manchons ou dispositifs analogues en matière isolante. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et doivent avoir une résistance mécanique suffisante.

Dans le cas des RCM enfichables, les parties externes autres que les vis ou autres organes de fixation des capots, qui sont accessibles en usage normal, doivent être en matière isolante.

Les dispositifs de réarmement et les boutons d'essai métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices constituant des "masses" doivent être revêtues de matière isolante, à l'exception de celles permettant d'accoupler les dispositifs de réarmement isolés de plusieurs voies de courant.

Il doit être possible de remplacer facilement les RCM enfichables sans toucher aux parties actives.

Le vernis et l'émail ne sont pas considérés comme procurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par mesurage, par examen et par l'essai en 9.6.

8.3 Propriétés diélectriques

Les RCM doivent avoir des propriétés diélectriques adéquates.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.7.

8.4 Echauffement

8.4.1 Généralités

Le 8.4 s'applique aux RCM classés selon 4.9.2. L'échauffement des RCM classés selon 4.9.1 est vérifié uniquement par l'essai en 9.10.2.2.

8.4.2 Limites d'échauffement

Les échauffements des différentes parties d'un RCM spécifiées dans le Tableau 5, mesurés dans les conditions spécifiées en 9.8.2, ne doivent pas dépasser les limites indiquées dans le Tableau 5.

Le RCM ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son fonctionnement et à sa sûreté d'emploi.

Tableau 5 – Valeurs des échauffements

Parties ¹⁾	Echauffement K
Bornes pour connexions externes ²⁾	65
Parties externes susceptibles d'être touchées lors d'un fonctionnement manuel du RCM	40
Parties métalliques extérieures des dispositifs de réarmement et du bouton test	25
Autres parties externes, y compris la face du RCM en contact direct avec la surface de montage	60
¹⁾ Aucune valeur n'est spécifiée pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matière isolante ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du RCM ne doit pas être affecté.	
²⁾ Pour les RCM enfichables, les bornes de la base sur laquelle est installé le RCM.	

8.4.3 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 5 sont seulement applicables si la température de l'air ambiant reste dans les limites indiquées dans le Tableau 2.

8.5 Caractéristiques de fonctionnement

Les caractéristiques de fonctionnement des RCM doivent satisfaire aux exigences en 9.9.

8.6 Sélectivité en direction

8.6.1 Pour les RCM que le constructeur déclare capables de distinguer les courants différentiels résiduels dus à des défauts côté alimentation de ceux qui sont dus à des défauts côté charge, la conformité est vérifiée par les essais en 9.9.5.

8.6.2 L'impédance interne du circuit entre la borne de phase et la borne PE ne doit pas avoir une valeur inférieure à 10 MΩ à 50/60 Hz. Aux fréquences plus élevées, l'impédance peut être réduite proportionnellement, sans toutefois être inférieure à 1 MΩ.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.9.5 e).

8.7 Endurance en fonctionnement

Le circuit d'essai et les fonctions activées par le dispositif de contrôle doivent supporter un nombre spécifié de fonctionnements et le signal lumineux, le signal sonore (s'il y a lieu) et le relais (s'il y a lieu) doivent être capables de fonctionner dans l'état d'alarme pendant un temps spécifié.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.10.

8.8 Capacité de tenue aux courants de court-circuit

Les RCM doivent être capables de supporter un nombre spécifié de courts-circuits pendant lesquels ils ne doivent ni mettre en danger les personnes ou l'environnement ni provoquer de contournement entre les parties actives ou entre les parties actives et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.11.

8.9 Résistance aux impacts mécaniques

Les RCM doivent avoir une résistance mécanique adéquate pour supporter les contraintes exercées pendant l'installation et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai en 9.12.

8.10 Résistance à la chaleur

Les RCM doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai en 9.13.

8.11 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties en matière isolante qui peuvent être exposées à des contraintes thermiques sous l'effet de l'électricité et dont la détérioration peut compromettre la sécurité du RCM ne doivent pas être affectées de façon indue par la chaleur anormale et le feu.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.14.

8.12 Dispositif de contrôle

Les RCM doivent être équipés d'un dispositif de contrôle afin de soumettre le RCM à des essais de fonctionnement périodiques. Le circuit d'essai doit être conçu pour un fonctionnement en continu à 1,1 fois la tension assignée.

NOTE 1 Le dispositif de contrôle est destiné à vérifier la fonction d'activation et non la valeur à laquelle ce fonctionnement est effectif en ce qui concerne le courant différentiel de fonctionnement assigné.

Les ampères-tours produits par le fonctionnement du dispositif de contrôle d'un RCM alimenté à sa tension assignée ou à la valeur la plus élevée de la plage de tensions, s'il y a lieu, ne doivent pas dépasser 3,5 fois le nombre d'ampères-tours produits lorsqu'un courant différentiel résiduel égal à $I_{\Delta n}$ traverse le RCM. D'autres moyens d'essai du RCM sont acceptables, pourvu que ceux-ci confirment le fonctionnement correct du dispositif.

Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement assigné (voir 4.4), le réglage le plus élevé pour lequel a été conçu le RCM doit être utilisé. Le dispositif de contrôle doit satisfaire à l'essai en 9.15.

Si le circuit du dispositif de contrôle fonctionne par l'intermédiaire du conducteur de protection, le courant qui le traverse ne doit pas dépasser 1 mA.

Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas être mis sous tension lorsque le dispositif de contrôle est manœuvré.

Le RCM peut être équipé d'un système de verrouillage qui maintient l'indication du défaut après que le défaut a été éliminé. Lorsqu'un tel système existe, le RCM doit être équipé d'un moyen de réarmement.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par l'essai en 9.15.

NOTE 2 Des exigences supplémentaires prenant en compte le système de distribution dans lequel est installé le RCM sont à l'étude.

8.13 Fonctionnement correct des RCM dans la plage de tensions d'alimentation

Les RCM doivent fonctionner de façon fiable à toute tension comprise entre 85 % et 110 % de la ou des tensions assignées.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.9.

8.14 Comportement des RCM en cas de surintensité dans le circuit principal

Les RCM ne doivent pas fonctionner dans les conditions spécifiées de surintensité.

La conformité est vérifiée par l'essai en 9.16.

8.15 Résistance des RCM aux déclenchements d'alarme intempestifs dus aux ondes de courant causées par les tensions de choc

Les RCM doivent supporter de façon adéquate les ondes de courant à la terre dues à la mise en charge des capacités de l'installation.

La conformité est vérifiée par l'essai en 9.17.

8.16 Comportement du RCM en cas de courants de défaut à la terre comprenant des composantes continues

Les RCM doivent fonctionner correctement en présence de courants de défaut à la terre comprenant des composantes continues.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.19.

8.17 Fiabilité

Les RCM doivent fonctionner de façon sûre, même après une durée de service importante, en prenant en compte le vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.20 et en 9.21.

8.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.18.1 Généralités

Les conditions d'environnement électromagnétique normales sont celles qui surviennent dans des installations raccordées au réseau public basse tension ou dans des installations analogues.

8.18.2 Exigences d'immunité

Les exigences d'immunité relatives aux RCM sont indiquées dans le Tableau 22.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.22.

8.18.3 Exigences d'émissions

Des essais d'émission sont exigés pour les RCM produisant des signaux continus ou intermittents.

Les essais doivent être effectués conformément au CISPR 14-1:2016. L'Article 7 du CISPR 14-1:2016 ne s'applique pas.

NOTE Les RCM ne contenant pas d'oscillateur en fonctionnement permanent ne produisent généralement pas de perturbations continues ou transitoires, sauf pendant leur processus de commutation. La fréquence, le niveau et les conséquences de telles émissions sont considérés comme faisant partie de l'environnement électromagnétique normal des installations basse tension.

8.19 Raccordement d'un transformateur de courant (TC) externe

Si un TC externe est utilisé, le RCM doit automatiquement passer à l'état d'alarme si le TC est déconnecté.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.9.4.

8.20 Réponse à des surtensions temporaires côté basse tension dues à des conditions de défaut côté haute tension

Les dispositifs équipés d'une connexion de terre fonctionnelle (FE) doivent supporter une surtension temporaire entre les parties actives et la FE sans mettre en danger les personnes ou l'environnement.

La conformité est vérifiée par les essais en 9.23.

9 Essais

9.1 Généralités

9.1.1 La vérification des caractéristiques des RCM est effectuée par les essais de type.

Les essais de type exigés par le présent document sont indiqués dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Liste des essais de type selon la classification du RCM

Essai	Paragraphe	Classification selon	
		4.9.1	4.9.2
– Indélébilité du marquage	9.3	X	X
– Fiabilité des vis, des parties transportant le courant et des connexions	9.4	X	X
– Fiabilité des bornes pour conducteurs externes	9.5	X	X
– Protection contre les chocs électriques	9.6	X	X
– Propriétés diélectriques	9.7	X	X
– Echauffement	9.8	n.a.	X
– Caractéristiques de fonctionnement	9.9	X	X
– Endurance en fonctionnement	9.10	X	X
– Capacité de tenue en court-circuit	9.11	n.a.	X
– Résistance aux impacts mécaniques	9.12	X	X
– Résistance à la chaleur	9.13	X	X
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.14	X	X
– Fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	9.15	X	X
– Valeurs limites du courant de non-fonctionnement en conditions de surintensité	9.16	X	X
– Résistance aux fonctionnements intempestifs aux ondes de courant causées par les tensions de choc	9.17	X	X
– Vérification supplémentaire du fonctionnement correct aux courants différentiels résiduels avec composantes continues	9.19	X	X
– Fiabilité	9.20	X	X
– Vieillessement des composants électroniques	9.21	X	X
– CEM	9.22	X	X
– Réponse du RCM à des surtensions temporaires côté basse tension dues à des conditions de défaut côté haute tension	9.23	X	X
NOTE n.a. = non applicable.			

9.1.2 Pour les besoins de certification, les essais de type sont effectués selon des séquences d'essais.

NOTE Le terme "certification" recouvre soit une déclaration de conformité par le constructeur, soit la certification par une tierce partie, par exemple un organisme certificateur indépendant.

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre sont précisés à l'Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque essai de type (ou séquence d'essais de type) est effectué sur des RCM neufs et propres, les grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence normales (voir Tableau 2).

9.1.3 Les essais individuels de série doivent être effectués par le constructeur de chaque appareil.

9.2 Conditions d'essai

Le RCM est monté individuellement conformément aux instructions du constructeur et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C, sauf spécification contraire, et il est protégé contre des variations de température externes exagérées.

Les RCM destinés à être installés dans des enveloppes individuelles sont soumis à l'essai dans la plus petite enveloppe spécifiée par le constructeur.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour n'accepter qu'un seul dispositif.

Sauf spécification contraire, le RCM est équipé de conducteurs appropriés ayant les sections spécifiées dans le Tableau 7 et il est fixé sur un panneau de contreplaqué peint en noir mat d'environ 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation étant conforme aux exigences indiquées dans les instructions de montage du constructeur.

Tableau 7 – Conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés

Courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
Section mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 Pour la correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG, se référer à l'Annexe ID de l'IEC 61008-1:2010.

Lorsque les tolérances ne sont pas spécifiées, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles spécifiées dans le présent document. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée $\pm 5\%$.

Pendant les essais, l'entretien ou le démontage des échantillons ne sont pas permis.

Pour les essais de 9.8, 9.9, 9.10 et 9.21, le RCM est connecté comme suit:

- les connexions sont réalisées au moyen de conducteurs à une âme, en cuivre, isolés au PVC;
- les connexions sont à l'air libre et leur écartement n'est pas inférieur à la distance entre les bornes;
- la longueur, avec une tolérance de $^{+5}_0$ cm, de chaque connexion temporaire de borne à borne est de
 - 1 m pour les sections inférieures ou égales à 10 mm²;
 - 2 m pour les sections supérieures à 10 mm².

Les couples de serrage à appliquer aux vis des bornes correspondent aux deux tiers de ceux spécifiés dans le Tableau 8.

9.3 Essai de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et pendant 15 s supplémentaires avec un chiffon de coton imbibé de solvant constitué d'hexane aliphatique (teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, point sec d'environ 69 °C et masse spécifique de 0,68 g/cm³).

Tout solvant constitué d'hexane aliphatique présentant à la fois la composition principale exigée par le présent document et un nom d'index du Chemical Abstracts Service (CASRN 110-54-3), désigné n-hexane, est acceptable.

NOTE Des explications peuvent être fournies dans le document CTL 1055.

Le marquage par pression, moulage ou gravure n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Le marquage doit également rester facilement lisible après la totalité des essais du présent document.

Il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recourber.

9.4 Essai de la fiabilité des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité aux exigences en 8.1.4 est vérifiée par examen et, pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors du montage et lors de la connexion du RCM, par l'essai suivant.

Les vis ou écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois s'il s'agit de vis s'engageant dans un filetage en matière isolante;
- 5 fois dans les autres cas.

Les vis ou écrous s'engageant dans un filetage en matière isolante sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'une clef ou d'un tournevis d'essai adéquat, en appliquant le couple spécifié dans le Tableau 8.

Les vis et écrous ne doivent pas être serrés par à-coups.

L'essai est effectué uniquement sur des conducteurs rigides présentant les plus grandes sections spécifiées dans le Tableau 4, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Le conducteur est déplacé chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré.

Tableau 8 – Diamètres des filetages et couples appliqués

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Inférieur ou égal à	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

La colonne I s'applique aux vis sans têtes si la vis ne dépasse pas du trou lorsqu'elle est serrée, ainsi qu'aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et écrous serrés autrement qu'avec un tournevis.

Lorsqu'une vis possède une tête hexagonale fendue serrable par tournevis et que les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en appliquant le couple spécifié dans la colonne III à la tête hexagonale, puis en appliquant le couple spécifié dans la colonne II sur un autre échantillon au moyen d'un tournevis. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas se desserrer et aucun dommage ne doit être visible tel que des bris de vis ou une détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, susceptibles d'affecter l'usage ultérieur du RCM.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Essai de la fiabilité des bornes pour conducteurs externes

9.5.1 La conformité aux exigences en 8.1.5 est vérifiée par examen et par l'essai en 9.4, en plaçant un conducteur en cuivre rigide de la plus grande section spécifiée dans le Tableau 4 dans la borne (un conducteur rigide câblé est utilisé pour les sections nominales supérieures à 6 mm² et un conducteur massif est utilisé pour les autres sections nominales) et par les essais en 9.5.2, 9.5.3 et 9.5.4 en utilisant une clef ou un tournevis d'essai adéquat.

9.5.2 Les bornes comportent des conducteurs en cuivre de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 4, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable.

Le conducteur est inséré dans la borne à la distance minimale spécifiée ou, si aucune distance n'est spécifiée, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne, et dans la position la plus susceptible de permettre l'échappement du conducteur massif ou d'un brin (ou de brins).

Les vis de serrage sont alors serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 8.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction indiquée dans le Tableau 9.

Cette traction est appliquée sans à-coups pendant 1 min, dans la direction de l'axe du logement du conducteur.

Tableau 9 – Forces de traction

Section du conducteur admise par la borne mm ²	Inférieure ou égale à 4	Inférieure ou égale à 6	Inférieure ou égale à 10	Inférieure ou égale à 16	Inférieure ou égale à 50
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas se déplacer de façon perceptible dans la borne.

9.5.3 Les bornes comportent des conducteurs en cuivre massifs ou câblés de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 4 selon le cas le plus défavorable, et les vis des bornes sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 8.

Les vis des bornes sont alors desserrées et la partie du conducteur pouvant avoir été affectée par la borne est examinée.

Les conducteurs ne doivent pas montrer de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de façon majeure s'ils montrent des empreintes profondes ou des entailles.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas se desserrer et aucun dommage ne doit être visible tel que des bris de vis ou une détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, susceptibles d'affecter l'usage ultérieur de la borne.

9.5.4 Les bornes comportent un conducteur câblé rigide en cuivre de la composition indiquée dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Dimensions du conducteur

Plage de sections nominales à serrer mm ²	Conducteur câblé	
	Nombre de brins	Diamètre des brins mm
1,0 à 2,5* inclus	7	0,67
1,0 à 4,0* inclus	7	0,85
1,5 à 6,0* inclus	7	1,04
2,5 à 10,0 inclus	7	1,35
4,0 à 16,0 inclus	7	1,70
10,0 à 25,0 inclus	7	2,14
16,0 à 35,0 inclus	19	1,53
25,0 à 50,0 inclus	A l'étude	A l'étude
* L'essai n'est pas effectué si la borne est prévue pour serrer seulement des conducteurs massifs (voir astérisque dans le Tableau 4).		

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de permettre l'échappement d'un brin ou de plusieurs brins. La vis ou l'écrou de serrage est alors serré à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 8.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé en dehors du dispositif de retenue.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence est applicable aux parties des RCM qui sont accessibles à l'opérateur lorsqu'ils sont montés comme en usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'épreuve normalisé de la Figure 2 sur le RCM monté comme en usage normal (voir note en 8.2) et équipé de conducteurs de la plus faible et de la plus grande section pouvant être connectés au RCM.

Le doigt d'épreuve normalisé doit être conçu de telle façon que chacune de ses sections puisse être tournée d'un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'épreuve normalisé est appliqué dans toutes les positions possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour montrer un contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact, la tension étant d'au moins 40 V. Le doigt d'épreuve normalisé ne doit pas toucher de parties actives.

Les RCM avec enveloppes ou capots en matériau thermoplastique sont soumis à l'essai supplémentaire suivant, qui est effectué à une température ambiante de 35 °C ± 2 °C, les RCM étant à cette température.

Les RCM sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'épreuve rigide de mêmes dimensions que le doigt d'épreuve normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les emplacements, où un excès de souplesse de la matière isolante peut compromettre la sécurité du RCM mais il n'est pas appliqué aux surfaces défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou capots ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties actives puissent être touchées avec le doigt d'épreuve rigide.

Les RCM ouverts ayant des parties non destinées à être couvertes par une enveloppe sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique, et montés comme en usage normal.

Par ailleurs, les RCM équipés d'une connexion de terre fonctionnelle (FE) doivent être soumis à l'essai avec le circuit d'essai et la description d'essai représentés à la Figure 1.

Le RCM est alimenté à $1,1 U_e$. La tension aux bornes de la résistance R_e est mesurée en conditions normales. Sa valeur ne doit pas dépasser 1 mV.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du RCM pour l'essai

Les parties du RCM qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont retirées et soumises au traitement d'humidité avec la partie principale. Les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les entrées de câbles, s'il y a lieu, sont laissées ouvertes. S'il existe des entrées défonçables, l'une d'elles est défoncée.

9.7.1.2 Conditions d'essai

Le traitement d'humidité est effectué dans une enceinte humide, où l'humidité relative de l'air est maintenue entre 91 % et 95 %.

La température de l'air où se trouve l'échantillon est maintenue à une valeur T adaptée comprise entre 20 °C et 30 °C, à 1 °C près.

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre T et $T + 4$ K.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer une circulation permanente de l'air et d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.1.4 Etat du RCM après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit présenter aucun dommage au sens du présent document et doit satisfaire aux essais en 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6 et 9.7.7.2 (le cas échéant).

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal des RCM classés selon 4.9.2

Le RCM ayant été traité comme spécifié en 9.7.1, il est ensuite retiré de l'enceinte et connecté comme en usage normal (avec un transformateur de courant externe connecté le cas échéant).

Après une période de repos comprise entre 30 min et 60 min après le traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après l'application d'une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre suivant:

- a) pour les dispositifs classés selon le 4.9.2, successivement entre chaque borne et les autres reliées ensemble, les composants électroniques connectés entre les voies de courant déconnectées pour l'essai;
- b) entre toutes les bornes reliées ensemble et le châssis comprenant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface externe de l'enveloppe en matière isolante, mais avec les sections des bornes laissées entièrement libres afin d'éviter un contournement entre les bornes et la feuille métallique;
- c) pour les RCM possédant une enveloppe en métal avec un revêtement interne en matière isolante, entre le châssis et une feuille métallique en contact avec la surface interne du revêtement en matière isolante, y compris des manchons ou dispositifs analogues.

Les mesurages a), b) et c) sont effectués lorsque tous les circuits de commande auxiliaires sont connectés au châssis.

Le terme "châssis" comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille métallique en contact avec les surfaces en matière isolante accessibles après l'installation comme en usage normal;
- la surface sur laquelle est montée la base du RCM, revêtue d'une feuille métallique si nécessaire;
- les vis et autres dispositifs servant à fixer la base à son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirés lors de la fixation du RCM;
- les parties métalliques du dispositif de commande spécifié en 8.2;
- une feuille métallique en contact avec les surfaces du transformateur par lesquelles les câbles ont été passés, ou les bornes du conducteur des lignes surveillées, si elles font partie intégrante du dispositif.

Si le RCM comporte une borne prévue pour la connexion des conducteurs de protection, celle-ci est connectée au châssis.

Pour les mesures conformes aux points b) et c), la feuille métallique est appliquée de telle façon que la matière de remplissage, si elle est présente, est correctement soumise à l'essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 MΩ pour les mesurages selon a) et b);
- 5 MΩ pour les autres mesurages.

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal des RCM classés selon 4.9.2

Lorsque le RCM a satisfait aux essais en 9.7.2, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.2.

La tension d'essai doit avoir une forme d'onde pratiquement sinusoïdale, et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source de la tension d'essai doit être capable d'alimenter un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun dispositif de déclenchement de surintensité de la source ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être comme suit:

- 2 000 V pour les points a) à b) de 9.7.2;
- 2 500 V pour le point c) de 9.7.2.

Au départ, une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur spécifiée est appliquée avant d'être portée à la valeur entière dans un délai de 5 s.

Aucun contournement ni claquage ne doivent se produire pendant l'essai.

Les décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension ne sont pas prises en compte.

9.7.4 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits de commande et auxiliaires

- a) Le mesurage de la résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits de commande et auxiliaires sont effectués immédiatement après le mesurage de la résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour le circuit principal, dans les conditions indiquées en b) et c) ci-dessous.

Lorsque des composants électroniques connectés au circuit principal en service normal sont utilisés, les connexions temporaires pour l'essai doivent être réalisées de manière à ce qu'aucune tension ne soit présente entre l'entrée et la sortie des composants durant les essais.

- b) Les mesurages de la résistance d'isolement sont effectués:

- entre les circuits de commande et auxiliaires reliés entre eux et au châssis;
- entre chaque partie des circuits de commande et auxiliaires pouvant être isolée des autres parties ou circuits en service normal et l'ensemble des autres parties et circuits reliés ensemble, à une tension d'environ 500 V en courant continu, après application de cette tension pendant 1 min.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) Une tension pratiquement sinusoïdale à la fréquence assignée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).

Les valeurs de tension à appliquer sont spécifiées dans le Tableau 11.

Tableau 11 – Tension d'essai des circuits de commande et auxiliaires

Tension assignée des circuits auxiliaires (courant alternatif ou continu)		Tension d'essai V
Supérieure à	Inférieure ou égale à	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la valeur spécifiée. Elle augmente ensuite de façon continue jusqu'à la valeur entière dans un délai compris entre 5 s et 20 s.

Aucun contournement ni perforation ne doivent se produire pendant l'essai.

NOTE 1 Les décharges ne correspondant pas à une chute de tension ne sont pas retenues.

NOTE 2 Dans le cas d'un RCM au sein duquel le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour une vérification des exigences indiquées en b), les essais peuvent être effectués sur des échantillons spécialement préparés par le constructeur ou conformément à ses instructions.

9.7.5 Circuit secondaire des transformateurs de détection

Le circuit comprenant le circuit secondaire du transformateur de détection n'est soumis à aucun essai d'isolement, sous réserve que le circuit ne dispose d'aucune connexion avec les parties métalliques accessibles, avec un conducteur de protection ou avec des parties actives.

9.7.6 Capacité du RCM à supporter des tensions continues élevées lors des mesurages d'isolement

Cet essai est applicable seulement pour les RCM ayant des tensions d'alimentation supérieures à 50 V en courant alternatif ou supérieures à 120 V en courant continu.

L'essai est effectué sur le RCM fixé sur un support métallique, tous les circuits externes, le transformateur de courant (TC) externe et l'unité d'alarme à distance, s'il y a lieu, étant connectés comme en service.

Une source de tension continue avec les caractéristiques suivantes est utilisée:

- tension en circuit ouvert $600 \text{ V }^{+25}_0 \text{ V}$

NOTE Cette valeur est provisoire.

- taux d'ondulation maximal 5 %

où

$$\text{taux d'ondulation (\%)} = \frac{\text{max. value} - \text{min. value}}{\text{mean value}} \times 100$$

- courant de court-circuit: 12^{+2}_0

La tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre chaque borne d'alimentation et les autres bornes d'alimentation.

Après cet essai, le RCM doit être capable de satisfaire aux exigences des essais spécifiés en 9.9.2 a), b) et c).

9.7.7 Vérification des tensions de tenue aux chocs

9.7.7.1 Procédure d'essai générale pour les essais de tension de tenue aux chocs

Les impulsions sont délivrées par un générateur d'impulsions positives et négatives, avec une durée de front 1,2 µs et une durée jusqu'à la mivaleur de 50 µs, les tolérances étant de:

- ±5 % pour la valeur de crête;
- ±30 % pour la durée de front;
- ±20 % pour la durée à mivaleur.

Pour chaque essai, cinq impulsions positives et cinq impulsions négatives sont appliquées. L'intervalle entre deux impulsions consécutives doit être d'au moins 1 s pour les impulsions de même polarité et d'au moins 10 s pour les impulsions de polarité inverse.

Lors de l'essai de tension de choc sur le RCM, l'affaiblissement ou l'amplification de la tension d'essai doivent être pris en compte. Il est nécessaire de s'assurer que la valeur exigée de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement soumis à l'essai.

L'impédance interne de l'appareil d'essai doit avoir une valeur nominale ne dépassant pas 500 Ω .

La forme des impulsions est réglée avec le RCM à l'essai connecté au générateur d'impulsions. A cet effet, des diviseurs de tension et des capteurs de tension appropriés doivent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les composants de protection contre les surtensions avant l'essai.

Pour les RCM possédant un parafoudre incorporé, la forme des impulsions est réglée sans connexion du RCM au générateur d'impulsions.

De petites oscillations dans les impulsions sont admises, sous réserve que leur amplitude au voisinage de la crête de l'impulsion ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête.

Pour les oscillations sur la première moitié du front, des amplitudes ne dépassant pas 10 % de la valeur de crête sont admises.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire (amorçage, contournement ou perforation) pendant les essais.

Il est recommandé d'utiliser un oscilloscope pour observer la tension de choc afin de détecter une décharge disruptive.

9.7.7.2 Vérification des distances d'isolement dans l'air avec la tension de tenue aux chocs

Si le mesurage des distances d'isolement dans l'air du Tableau 3 ne montre aucune distance d'isolement dans l'air réduite, cet essai n'est pas appliqué.

Cet essai peut être effectué pour remplacer le mesurage des distances d'isolement dans l'air du Tableau 3.

L'essai est effectué sur un RCM fixé sur un support métallique et connecté comme en usage normal (avec un transformateur de courant externe connecté le cas échéant).

Les valeurs de tension de choc d'essai doivent être choisies à partir du Tableau 13 conformément à la tension de tenue aux chocs assignée du RCM indiquée dans le Tableau 12. Ces valeurs sont corrigées pour la pression atmosphérique et/ou l'altitude auxquelles sont effectués les essais, conformément au Tableau 13.

Les essais sont effectués en appliquant la tension de choc:

- a) pour les dispositifs classés selon le 4.9.2, successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés ensemble, les composants électroniques connectés entre les voies de courant déconnectées pour l'essai.
 - 1) entre toutes les bornes reliées ensemble et le châssis comprenant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface externe de l'enveloppe en matière isolante, mais avec les sections des bornes laissées entièrement libres afin d'éviter un contournement entre les bornes et la feuille métallique;

- 2) pour les dispositifs avec un transformateur de courant externe, l'essai est effectué sur ce dernier, connecté comme en usage normal et avec une feuille métallique couvrant la zone du diamètre interne. L'essai est effectué à l'une des tensions de choc indiquées dans le Tableau 13, les impulsions étant appliquées entre la feuille métallique et les bornes du transformateur de courant.
- b) Pour les RCM possédant une enveloppe en métal avec un revêtement interne en matière isolante, entre le châssis et une feuille métallique en contact avec la surface interne du revêtement en matière isolante, y compris des manchons ou dispositifs analogues.

NOTE Le terme "châssis" est défini en 9.7.2.

Le cas échéant, la feuille métallique est appliquée de telle façon que la matière de remplissage, si elle est présente, est correctement soumise à l'essai.

Les essais de a) et b) sont effectués lorsque tous les circuits de commande et auxiliaires sont connectés au châssis.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire. Toutefois, si une seule décharge disruptive apparaît, 10 impulsions supplémentaires d'une polarité identique à celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles la défaillance est apparue.

Aucune autre décharge disruptive ne doit se produire.

Tableau 12 – Tension de tenue aux chocs assignée en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension de tenue aux chocs assignée U_{imp}	Tension nominale de l'installation	
	Systèmes triphasés	Système monophasé avec un point milieu raccordé à la terre
kV	V	V
2,5		120/240 ^{a)}
4	230/400	120/240, 240 ^{b)}
^{a)} Pour l'installation au Japon.		
^{b)} Pour l'installation dans les pays d'Amérique du Nord.		

Tableau 13 – Tension d'essai pour la vérification de la tension de tenue aux chocs

Tension de tenue aux chocs assignée U_{imp}	Tensions d'essai à l'altitude correspondante				
	Pic en courant alternatif $U_{1,2/50}$				
	kV				
kV	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.8 Essais d'échauffement

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples disposés symétriquement autour du RCM à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du RCM.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

Il convient de prendre garde aux brusques variations de température de façon à éviter les erreurs.

9.8.2 Procédure d'essai

Les RCM et toutes les parties correspondantes sont montés et raccordés conformément aux instructions du constructeur et la tension assignée leur est appliquée. Un courant différentiel résiduel supérieur à $I_{\Delta n}$ doit parcourir le RCM afin de le mettre en état d'alarme. Les alarmes, s'il y a lieu, ne doivent pas être désactivées pendant cet essai. Un courant égal à I_n parcourt simultanément toutes les voies de courant du RCM pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique. En pratique, cette condition est atteinte lorsque la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K par heure.

Pour les RCM à quatre voies de courant, l'essai est d'abord effectué en faisant passer le courant par les trois voies de courant des phases seulement.

L'essai est ensuite répété en faisant passer le courant par la voie de courant destinée à être connectée au neutre et la voie de courant adjacente.

Pendant ces essais, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 5.

9.8.3 Mesure de l'échauffement des différentes parties

La température des différentes parties répertoriées dans le Tableau 5 doit être mesurée au moyen de thermocouples à fils fins ou par des moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud accessible.

Une bonne conductivité thermique doit être assurée entre le thermocouple et la surface de la partie soumise à l'essai.

9.8.4 Echauffement d'un élément

L'échauffement d'un élément est la différence entre la température de cet élément mesurée conformément au 9.8.3 et la température de l'air ambiant mesurée conformément au 9.8.1.

9.9 Vérification des caractéristiques de fonctionnement

9.9.1 Circuit d'essai

Le RCM est installé comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable et correspondre à la Figure 3 ou la Figure 4, selon le cas.

Les appareils de mesure du courant différentiel résiduel doivent être au moins de la classe 0,5 et doivent indiquer (ou permettre la détermination de) la valeur efficace réelle.

Les appareils servant à la mesure du temps doivent donner une erreur relative maximale sur la mesure ne dépassant pas 10 % de la valeur mesurée.

9.9.2 Essais à vide avec des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux à la température de référence de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$

Le RCM doit satisfaire aux essais suivants effectués sur une phase seulement, choisie de manière aléatoire.

Le RCM est connecté conformément au circuit d'essai de la Figure 3, en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel.

La tension d'alimentation est réglée à 110 % de la tension assignée. Lorsqu'il existe plusieurs tensions assignées, l'essai est effectué à chacune des tensions assignées.

Les RCM avec temporisation réglable sont réglés à leur temporisation minimale.

Les RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable sont réglés à leur valeur minimale.

Les RCM conçus pour fonctionner avec un TC interne ou externe doivent être réglés avec le TC interne.

Pour les essais a), b), c) et d), S₁ est placé initialement en position TN.

a) S₂ est ouvert.

La résistance R₁ est étalonnée pour fournir un courant de $0,5 \times I_{\Delta n}$ aux bornes du transformateur de courant connecté à l'ampèremètre.

S₂ est fermé pendant 15 s.

Le RCM ne doit pas passer à l'état d'alarme.

b) S₂ est ouvert.

La résistance R₁ est étalonnée pour fournir un courant de $I_{\Delta n}$ aux bornes du transformateur de courant connecté à l'ampèremètre.

Cet essai n'est pas applicable aux RCM sans temporisation.

Pour les RCM avec temporisation, S₂ est fermé pendant une période égale au temps de non-réponse minimal ($T_{\min}$) du RCM déclaré par le constructeur.

Le RCM ne doit pas passer à l'état d'alarme.

c) S₂ est ouvert.

La résistance R₁ est étalonnée pour un courant de $I_{\Delta n}$ aux bornes du transformateur de courant connecté à l'ampèremètre.

S₂ est fermé pendant 15 s.

Le RCM doit passer à l'état d'alarme.

Le temps mis par le RCM pour passer à l'état d'alarme est mesuré. Ce temps doit être dans les limites du temps de réponse déclaré par le constructeur et ne doit pas dépasser 10 s.

d) S₂ est ouvert.

Le courant parcourant le transformateur de courant connecté à l'ampèremètre est étalonné par la résistance R₁ pour un courant égal à 5 fois $I_{\Delta n}$, et à 5 fois la valeur $I_{\Delta n}$ maximale réglable pour les RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable.

S₂ est fermé pendant 1,5 fois $T_{\max}$.

Le RCM doit passer à l'état d'alarme.

Le temps mis par le RCM pour passer à l'état d'alarme est mesuré. Ce temps ne doit pas dépasser $T_{\max}$.

- e) Les essais a), b), c) et d) sont répétés à $0,85 U_e$.
- f) Pour les RCM avec temporisation réglable, les essais a), b), c), d) et e) sont répétés avec le réglage de temporisation maximal.
- g) Pour les RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable, les essais a), b), c), d) et e) sont répétés avec le réglage maximal du courant différentiel de fonctionnement.

9.9.3 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.9.2 sont répétés, le RCM étant chargé à son courant assigné et à sa tension d'alimentation assignée comme en service normal pendant un temps suffisant pour atteindre les conditions d'équilibre thermique.

En pratique, ces conditions sont atteintes lorsque la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K par heure.

9.9.4 Vérification du raccordement et du fonctionnement d'un transformateur de courant (TC) externe

Cet essai est seulement applicable aux RCM destinés à être connectés à un TC externe.

- a) Le TC externe est raccordé au RCM comme en usage normal, conformément aux instructions du constructeur.

Le RCM est connecté conformément au circuit d'essai de la Figure 3 et est alimenté à la tension d'alimentation assignée.

S_1 est en position TT et S_2 est ouvert.

Les RCM avec temporisation réglable doivent être réglés avec le réglage de temporisation maximal.

Les RCM avec un courant différentiel de fonctionnement réglable doivent être réglés à leur niveau de courant différentiel de fonctionnement le plus faible.

Aucun courant de défaut ne doit circuler dans le TC et le circuit d'essai ne doit pas être activé.

Le TC externe est déconnecté et le RCM doit passer à l'état d'alarme dans un délai de 10 s.

Cet essai est répété deux fois en reconnectant puis en déconnectant le TC.

Après cet essai, la résistance R_1 est ajustée pour délivrer un courant de $I_{\Delta n}$ aux bornes du TC externe qui est connecté à l'ampèremètre.

S_2 est fermé pendant 15 s.

Le RCM doit passer à l'état d'alarme.

Le temps mis par le RCM pour passer à l'état d'alarme est mesuré. Ce temps doit être dans les limites du temps de réponse déclaré par le constructeur et ne doit pas dépasser 10 s.

- b) Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement assigné, l'essai a) de 9.9.4 est effectué avec les réglages le plus faible et le plus élevé.

9.9.5 Vérification de la sélectivité en direction pour les RCM classés selon 4.11

Le RCM est raccordé conformément au circuit d'essai de la Figure 4. Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, les essais sont effectués aux réglages minimal et maximal. Les essais sont effectués pour $T_{\min}$ et $T_{\max}$.

a) Défaut sur le côté charge du RCM:

S_1 est ouvert, S_2 est en position 1, S_3 est fermé et S_4 est ouvert.

S_4 est fermé pendant 1,5 fois le temps de réponse.

Le RCM doit passer à l'état d'alarme pendant le temps de réponse spécifié par le constructeur.

b) Défaut sur le côté alimentation du RCM:

S_1 est ouvert, S_2 est en position 2, S_3 est fermé et S_4 est ouvert.

La résistance R_1 est ajustée à pratiquement 0 Ω .

S_4 est fermé pendant 1,5 fois le temps de réponse.

Le RCM ne doit pas passer à l'état d'alarme.

c) Sélectivité pour les défauts transitoires du côté alimentation du RCM:

S_1 est ouvert, S_2 est en position 2, S_3 est fermé et S_4 est ouvert.

Avec les mêmes ajustements et réglages qu'en b) ci-dessus, l'interrupteur S_4 est fermé pendant approximativement 2 fois le temps de réponse déclaré du RCM et ensuite ouvert pendant approximativement 5 s.

Pour les RCM avec temporisation réglable, l'essai doit être effectué avec le réglage donnant la temporisation la plus faible.

Le RCM ne doit pas passer à l'état d'alarme.

Cet essai est effectué 20 fois.

d) Sélectivité pour les défauts transitoires doubles du côté charge du RCM lorsqu'il est utilisé dans les réseaux IT:

S_1 est fermé, S_2 est en position 2, S_3 est fermé et S_4 est fermé.

La résistance R est étalonnée pour un courant de $2 I_{\Delta n}$.

S_4 est ouvert.

La procédure décrite en c) est répétée avec S_1 fermé et S_2 en position 2.

Le RCM ne doit pas passer à l'état d'alarme.

NOTE La différence principale entre les essais c) et d) est qu'en c), le courant de défaut est 90° en avance de phase par rapport à la tension tandis qu'en d), la partie principale du courant de défaut est résistive et retourne du côté alimentation.

e) Valeur de l'impédance interne des RCM sélectifs en direction:

Les exigences du 8.6.2 doivent être vérifiées.

9.10 Vérification de l'endurance en fonctionnement

9.10.1 Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier l'endurance en fonctionnement des circuits d'essai et de l'alarme ou des alarmes du RCM.

Le RCM et ses accessoires d'alarme à distance, s'il y a lieu, sont montés comme en usage normal et alimentés à 1,1 fois la tension assignée.

9.10.2 Procédure d'essai

9.10.2.1 Circuit pour l'essai cyclique

Le RCM doit subir 500 cycles d'essai comme suit:

Le dispositif de contrôle est actionné et maintenu en position "fermée" jusqu'à l'activation de l'alarme.

Pour les RCM comportant un réarmement manuel, le dispositif de contrôle est relâché dès que l'alarme est activée. Le RCM est alors réarmé dans un délai de 5 s.

Pour les RCM ne comportant pas de réarmement manuel, le cycle d'essai est répété après un intervalle compris entre 1 s et 2 s.

Lorsque tous les cycles d'essai ont été effectués, le circuit d'essai et les alarmes doivent fonctionner de façon satisfaisante et aucun changement pouvant compromettre l'usage ultérieur du RCM ne doit s'être produit.

9.10.2.2 Endurance des alarmes

Le RCM est mis en état d'alarme et y est maintenu pendant 48 h. Toutes les fonctions d'alarme doivent rester actives, elles doivent fonctionner correctement pendant et après cet essai, et aucune température ne doit dépasser celles du Tableau 5.

9.11 Vérification de la capacité de tenue en court-circuit

9.11.1 Liste des essais de court-circuit

Les essais visant à vérifier la capacité de tenue des RCM en conditions de court-circuit sont les suivants:

- tenue au courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} , en 9.11.2.2 a);
- tenue au courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné $I_{\Delta c}$ 9.11.2.2 b).

9.11.2 Essais de court-circuit

9.11.2.1 Conditions générales pour l'essai

Les conditions de 9.11.2 sont applicables pour tous les essais destinés à vérifier le comportement des RCM en conditions de court-circuit.

NOTE Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, les essais sont effectués au réglage le plus bas.

a) Circuit d'essai (applicable seulement aux RCM classés selon 4.9.2 et 4.3)

La Figure 7, la Figure 8 et la Figure 9 représentent respectivement les schémas des circuits à utiliser pour les essais

- d'un RCM à deux voies de courant;
- d'un RCM à trois voies de courant;
- d'un RCM à quatre voies de courant.

La source S alimente un circuit comprenant des résistances R, des inductances L, le DPCC (s'il y a lieu), le RCM à l'essai (D) et les résistances additionnelles R_2 et/ou R_3 , selon le cas.

Les valeurs des résistances et inductances du circuit d'essai doivent être ajustées pour satisfaire aux conditions d'essai spécifiées.

Les inductances L doivent être des inductances dans l'air. Elles doivent être placées en série avec les résistances R et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série d'inductances. Le couplage en parallèle des inductances est possible lorsqu'elles ont pratiquement la même constante de temps.

Etant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement des circuits d'essai comprenant de grandes inductances dans l'air de valeur de réactance élevée ne correspondent pas aux conditions habituelles de service, l'inductance dans l'air de chaque phase doit être shuntée par une résistance absorbant environ 0,6 % du courant traversant l'inductance, sauf accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur.

Dans chacun des circuits d'essai, les résistances R et les inductances L sont placées entre la source d'alimentation S et le RCM.

Le DPCC est placé entre les résistances R et le RCM.

Les résistances additionnelles R_3 , lorsqu'elles sont utilisées, doivent être insérées sur le côté charge du RCM.

Pour les essais de 9.11.2.2 a) et b), le RCM doit être connecté à des câbles de 0,75 m de longueur par phase et de section maximale correspondant au courant assigné, en conformité avec le Tableau 4.

Il est recommandé de connecter 0,5 m du côté alimentation et 0,25 m du côté charge du RCM.

Le schéma du circuit d'essai doit être fourni dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la figure appropriée.

Le schéma doit comporter un seul point du circuit d'essai raccordé directement à la terre; il peut s'agir de la liaison de court-circuit du circuit d'essai ou du point neutre de la source ou de tout autre point approprié. La méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

R_2 , convenablement étalonnée, est une résistance utilisée pour obtenir le courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné $I_{\Delta c}$.

S_1 est un interrupteur auxiliaire.

Le DPCC, s'il y a lieu, peut être un disjoncteur ou un fusible ayant un I^2t et un courant de crête I_p ne dépassant pas les capacités d' I^2t et de courant de crête I_p déclarées par le constructeur pour le RCM.

Dans le but de vérifier les valeurs I^2t et I_p minimales que doit supporter le RCM et pour obtenir des résultats d'essai reproductibles, le DPCC, s'il y a lieu, doit être réalisé par un fil d'argent monté dans l'appareil d'essai de la Figure 10.

Le fil d'argent doit avoir une teneur d'au moins 99,9 % et un diamètre conforme au Tableau 14 en fonction du courant assigné I_n et des courants de court-circuit I_{nc} et $I_{\Delta c}$.

Tableau 14 – Diamètre du fil d'argent en fonction du courant assigné et des courants de court-circuit

Tous les courants sont exprimés en ampères.

I_{nc} et $I_{\Delta c}$	Diamètre* du fil d'argent (mm) correspondant à					
	$I_n \leq 16$	$16 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 40$	$40 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 125$
500	0,30	0,35				
1 000	0,30	0,50				
1 500	0,35	0,50	0,65	0,85		
3 000	0,35	0,50	0,60	0,80	0,95	1,15
4 500	0,35	0,50	0,60	0,80	0,90	1,15
6 000	0,35	0,50	0,60	0,75	0,90	1,00
* Les valeurs des diamètres du fil d'argent sont essentiellement fondées sur des considérations de courant de crête (I_p) (voir Tableau 15).						

Les valeurs approximatives correspondantes du courant de crête et de la contrainte thermique I^2t sont indiquées dans le Tableau 15 et sont considérées conventionnellement comme des valeurs minimales de référence.

Tableau 15 – Valeurs minimales de I^2t et I_p

I_{nc} et $I_{\Delta c}$		$I_n \leq 16$	$16 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 40$	$40 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 125$
500	I_p kA	0,45	0,57				
	I^2t kA ² s	0,40	0,68				
1 000	I_p kA	0,65	1,18				
	I^2t kA ² s	0,50	2,7				
1 500	I_p kA	1,02	1,5	1,9	2,1		
	I^2t kA ² s	1	4,1	9,75	22		
3 000	I_p kA	1,1	1,85	2,35	3,3	3,7	3,95
	I^2t kA ² s	1,2	4,5	8,7	22,5	36	72,5
4 500	I_p kA	1,15	2,05	2,7	3,9	4,8	5,6
	I^2t kA ² s	1,45	5	9,7	28	40	82
6 000	I_p kA	1,3	2,3	3	4,05	5,1	5,8
	I^2t kA ² s	1,6	6	11,5	25	47	65

Un fil d'argent d'un plus grand diamètre peut être utilisé, à la demande du constructeur, pour vérifier la coordination à des valeurs I^2t et I_p supérieures à la valeur minimale.

Pour des valeurs intermédiaires des courants d'essai de court-circuit, il convient de choisir un diamètre de fil d'argent correspondant au courant supérieur le plus proche de ce tableau.

Si un autre dispositif de protection donne les mêmes résultats que le fil d'argent correspondant dans cet appareil d'essai, il peut être utilisé pour l'essai; par exemple, un fusible peut être utilisé pour l'essai avec l'accord du constructeur si les valeurs correspondantes I^2t et I_p sont pratiquement identiques, mais ne sont en aucun cas inférieures à celles du fil d'argent utilisé dans l'appareil d'essai. En cas de doute, il convient de répéter l'essai avec l'appareil d'essai.

Le fil d'argent doit être inséré dans la position appropriée de l'appareil d'essai, horizontalement et tendu. Le fil d'argent doit être remplacé après chaque essai.

La vérification des valeurs I^2t et I_p minimales n'est pas nécessaire si le constructeur a déclaré des valeurs supérieures aux valeurs minimales pour le RCM; auquel cas les valeurs déclarées doivent être vérifiées.

Pour la coordination avec les disjoncteurs, des essais avec le disjoncteur approprié sont nécessaires.

Toutes les parties conductrices du RCM normalement raccordées à la terre en service, y compris le support métallique sur lequel est fixé le RCM ou toute enveloppe métallique, doivent être reliées au point neutre de la source ou à un neutre artificiel pratiquement non inductif permettant un courant de défaut présumé d'au moins 100 A.

Cette connexion doit comprendre un fil en cuivre F de 0,1 mm de diamètre et de longueur au moins égale à 50 mm pour détecter le courant de défaut et, si nécessaire, une résistance R_1 limitant la valeur du courant de défaut présumé à environ 100 A.

Les capteurs de courant O_1 sont connectés du côté charge du RCM.

Les capteurs de tension O_2 sont connectés:

- aux bornes d'une phase pour les RCM à deux voies de courant;
- aux bornes d'alimentation pour les RCM à trois ou quatre voies de courant.

Sauf indication contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100 Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Pour les RCM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, une tension d'alimentation égale à la tension assignée (ou, s'il y a lieu, la plus petite valeur de la plage de tensions assignées) est appliquée aux bornes correspondantes.

b) Tolérances sur les grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification de la coordination correcte entre les RCM et les DPCC doivent être effectués aux valeurs des grandeurs d'influence et facteurs déclarés par le constructeur.

Les essais sont considérés valides si les grandeurs consignées dans le rapport d'essai sont comprises dans les tolérances suivantes des valeurs spécifiées:

- courant: $+5\%$
 0
- fréquence: $\pm 5\%$
- facteur de puissance; $+0$
 $0,05$
- tension (tension de rétablissement incluse): $\pm 5\%$.

c) Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé suivant une méthode bien établie qui doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la valeur moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Le facteur de puissance doit être conforme au Tableau 16.

Tableau 16 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit

Courant de court-circuit I_c A	Facteur de puissance
$I_c \leq 500$	0,95 à 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

d) Etalonnage du circuit d'essai

Le RCM et le DPCC ou le fil d'argent sont remplacés par des connexions temporaires G_1 d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai. Si le RCM ne comporte pas de borne pour le courant principal, c'est-à-dire si les câbles traversent le noyau d'un transformateur de courant, les câbles sont placés en dehors de ce noyau pour l'étalonnage.

Pour l'essai de 9.11.2.2 a), les bornes de charge du RCM sont court-circuitées au moyen des connexions G_2 d'impédance négligeable, et les résistances R et les inductances L sont ajustées de façon à obtenir un courant égal au courant conditionnel de court-circuit assigné au facteur de puissance spécifié; le circuit d'essai est alimenté simultanément sur toutes les phases et la courbe de courant est enregistrée avec le capteur de courant O_1 .

Pour l'essai de 9.11.2.2 b), seul un câble est passé à travers le RCM (ou le transformateur de courant), l'amplitude du courant différentiel conditionnel de court-circuit étant réglée au moyen de la résistance R et de l'inductance L .

e) Séquence des manœuvres

Le court-circuit est établi par l'interrupteur T , le DPCC ou le fil d'argent étant en position fermée.

Le DPCC ou le fil d'argent ouvre le circuit.

f) Comportement du RCM à l'essai

Pendant les essais, le RCM ne doit pas mettre en danger l'opérateur.

g) Etat du RCM après l'essai

Après chacun des essais applicables effectués selon 9.11.2.2 a) et 9.11.2.2 b), le RCM ne doit présenter aucune détérioration susceptible de compromettre son usage ultérieur et doit être capable, sans entretien, de satisfaire aux exigences du 9.7.3, sans traitement préalable à l'humidité.

Dans les conditions d'essai du 9.9.2, le RCM doit fonctionner avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué sur une phase choisie de manière aléatoire, sans mesure du temps de réponse.

9.11.2.2 Vérification de la coordination entre le RCM et le DPCC

Ces essais sont destinés à vérifier que le RCM, protégé par le DPCC, est capable de supporter, sans dommages, des courants de court-circuit jusqu'à son courant conditionnel de court-circuit assigné (voir 5.3.8).

Le courant de court-circuit est interrompu par le DPCC.

Le DPCC est remplacé après chaque essai si cela est exigé.

Les essais suivants sont effectués dans les conditions générales du 9.11.2.1:

- un essai (voir 9.11.2.2 a)) pour vérifier que le DPCC protège le RCM au courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} ;
- un essai (voir 9.11.2.2 b)) pour vérifier que le RCM est capable de supporter les contraintes correspondantes en cas de courts-circuits de la phase à la terre, avec des courants jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné $I_{\Delta c}$.

a) Vérification de la coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc})

1) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le RCM et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert: aucun courant différentiel résiduel n'est établi.

2) Procédure d'essai

L'interrupteur T est fermé et le DPCC fonctionne. Après ouverture de T et refermeture ou remplacement du DPCC, l'interrupteur T est fermé une nouvelle fois dans un intervalle de 3 min.

b) Vérification de la coordination au courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné ($I_{\Delta c}$)

1) Conditions d'essai

Le RCM est connecté de telle façon que le courant de court-circuit est un courant différentiel résiduel.

L'essai est effectué sur une phase seulement. Les autres phases ne sont pas connectées.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le RCM et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

L'interrupteur T est fermé et le DPCC fonctionne. Après ouverture de T et refermeture ou remplacement du DPCC l'interrupteur T est fermé une nouvelle fois dans un intervalle de 3 min.

3) Etat du RCM après les essais

Après les essais, le RCM ne doit pas avoir subi de dommage conduisant à la non-conformité au présent document.

9.12 Vérification de la résistance aux impacts mécaniques

9.12.1 Généralités

La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du RCM et les unités d'alarme à distance, s'il y a lieu, montées dans les conditions normales d'emploi, qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai en 9.12.2 pour tous les types de RCM et de plus par les essais en:

- 9.12.3 pour les RCM destinés à être montés sur un rail;
- 9.12.4 pour les RCM enfichables.

NOTE Les RCM destinés seulement à être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.12.2 Essai pour tous les types de RCM

Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de chocs représenté sur la Figure 11, la Figure 12 et la Figure 13.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, en polyamide de dureté Rockwell HR 100. La pièce de frappe a une masse de $150 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ et est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur, pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $1\,000 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, les conditions suivantes s'appliquent:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,025 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- charge additionnelle: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des informations complémentaires concernant l'établissement de la dureté Rockwell des matières plastiques sont fournies dans la spécification ASTM D 785-65 (1970).

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'une force entre 1,9 N et 2,0 N doit être appliquée sur la face de la pièce de frappe afin de maintenir le tube en position horizontale.

Les RCM pour montage en saillie sont montés sur une plaque de contreplaqué de 8 mm d'épaisseur, de forme carrée de 175 mm de côté, fixée à ses bords inférieur et supérieur à une console rigide qui fait partie du support de montage (voir Figure 13).

Ce support doit avoir une masse de $10 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ et doit être monté sur un châssis rigide par l'intermédiaire de pivots. Ce châssis est fixé à une paroi massive.

Les RCM à encastrer sont montés dans un dispositif (voir Figure 14), qui est fixé au support.

Les RCM pour montage en tableau sont montés dans un dispositif, comme indiqué à la Figure 15, qui est fixé au support.

Les RCM enfichables sont montés sur leurs socles, qui sont fixés à la plaque de contreplaqué ou dans les dispositifs représentés à la Figure 14 ou à la Figure 15, selon le cas.

Les RCM destinés à être montés sur un rail sont placés sur le rail approprié qui est fixé rigidement sur le support de montage.

La conception de l'appareil d'essai est telle que:

- l'échantillon peut être déplacé horizontalement et puisse tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface de contreplaqué;
- le contreplaqué peut tourner autour d'un axe vertical.

Le RCM (avec ses capots éventuels) est monté comme en usage normal sur le contreplaqué ou dans le dispositif adéquat, selon le cas, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont ouvertes.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, capots ou dispositifs analogues sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 8.

La pièce de frappe est lâchée d'une hauteur de 10 cm sur les surfaces qui sont exposées lorsque le RCM est monté comme en usage normal.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position du point de contrôle, lorsque le pendule est libéré, et la position de ce point au moment de l'impact. Le point de contrôle est repéré sur la surface de la pièce de frappe là où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et de la pièce de frappe, perpendiculaire au plan traversant les deux axes, rejoint la surface.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe peut être le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle a été choisi comme décrit ci-dessus.

Chaque RCM est soumis à 10 coups répartis régulièrement sur les parties de l'échantillon pouvant être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après rotation autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, sans dépasser 60°, et deux autres coups à peu près à mi-distance entre les coups précédents.

Les autres coups sont appliqués de la même façon après rotation de l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contreplaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des surfaces défonçables, l'échantillon est monté de façon à ce que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Après l'essai, les échantillons ne doivent présenter aucune détérioration au sens du présent document. En particulier, les capots qui, s'ils sont cassés, rendent les parties actives accessibles ou compromettent l'usage ultérieur du RCM, ainsi que les revêtements ou cloisons en matière isolante et dispositifs analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il est vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes (telles qu'enveloppes ou capots) est possible sans endommager ni ces parties, ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les distances d'isolement dans l'air ou les lignes de fuite au-dessous des valeurs spécifiées en 8.1.3, et de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques ne sont pas retenus.

Lors des essais de RCM destinés à être montés par vis et sur un rail, l'essai est effectué sur deux lots de RCM, l'un étant fixé au moyen de vis, l'autre étant monté sur un rail.

9.12.3 RCM pour montage sur rail

Les RCM destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi rigide verticale, sans câbles connectés et sans capots ou plaques de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée sans secousses pendant 1 min sur la surface avant du RCM et suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (voir Figure 16).

Pendant cet essai, le RCM ne doit pas prendre de jeu et, après l'essai, le RCM ne doit présenter aucun dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

9.12.4 RCM enfichables

NOTE Des essais complémentaires sont à l'étude.

9.13 Essai de la résistance à la chaleur

9.13.1 Les échantillons, sans capots amovibles éventuels, sont maintenus dans une étuve à une température de $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Pendant l'essai, les échantillons ne doivent subir aucune modification susceptible de compromettre leur usage ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas avoir coulé à un degré tel que les parties actives deviennent apparentes.

Après l'essai et lorsque les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties actives qui ne sont normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'épreuve normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Dans les conditions d'essai du 9.9.2, le RCM doit s'actionner avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué sur un pôle choisi de manière aléatoire, sans mesure du temps de réponse.

Après l'essai, les marquages doivent encore être lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas retenus, pourvu que la sécurité ne soit pas affectée au sens du présent document.

9.13.2 Les parties externes en matière isolante des RCM nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, sont soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareil décrit à la Figure 17, sauf, le cas échéant, les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position les bornes de conducteurs de protection montés dans un boîtier, qui doivent être soumis à l'essai comme spécifié en 9.13.3.

La partie soumise à l'essai est placée sur un support en acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement, et une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est alors refroidi dans un délai de 10 s approximativement à la température ambiante, par immersion dans de l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte de la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.13.3 Les parties externes en matière isolante des RCM qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément au 9.13.2, mais l'essai est effectué à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ou à une température de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ majorée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai du 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

NOTE Pour les besoins des essais de 9.13.2 et 9.13.3, les bases des RCM pour montage en saillie sont considérées comme des parties externes.

Les essais de 9.13.2 et 9.13.3 ne sont pas effectués sur des parties en matériau céramique.

Si au moins deux parties isolantes spécifiées en 9.13.2 et en 9.13.3 sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une de ces parties, selon 9.13.2 ou 9.13.3.

9.14 Essai de la résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un RCM complet conformément à l'IEC 60695-2-10 dans les conditions suivantes:

- pour les parties externes en matière isolante des RCM nécessaires au maintien des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, réaliser l'essai à une température de $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- pour toutes les autres parties externes en matière isolante, réaliser l'essai à une température de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Pour les besoins de cet essai, les bases des RCM pour montage en saillie sont considérées comme des parties externes.

Les petites parties où chaque surface se trouve entièrement au sein d'un cercle de 15 mm de diamètre ou toutes les parties de la surface se trouvant à l'extérieur d'un cercle de 15 mm de diamètre et où il n'est pas possible de faire tenir un cercle de 8 mm de diamètre sur chaque surface, ne sont pas soumises à l'essai du présent paragraphe (voir Figure 31 pour la représentation schématique).

Si les parties isolantes des groupes ci-dessus sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une d'entre elles, selon la température adéquate de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur des parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essai définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie de la matière isolante, qui pourrait s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie à l'essai.

L'essai est effectué sur trois échantillons, les points d'application de l'essai au fil incandescent étant différents d'un échantillon à l'autre.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement sur les zones des bornes, de la chambre de coupure ou du déclencheur magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer suffisamment la surface externe sans toucher de grandes parties métalliques ou en céramique, ce qui refroidit rapidement le fil incandescent et limite également la quantité de matière isolante en contact avec le fil. Dans cette situation, les parties assurent une sévérité minimale de l'essai en refroidissant le fil incandescent et en limitant l'accès à la matière isolante soumise à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître lors de son utilisation prévue (avec la surface soumise à l'essai en position verticale).

Si une partie interne de la matière isolante influence l'essai avec un résultat négatif, il est permis de retirer la ou les parties internes en matière isolante identifiées à partir d'un nouvel échantillon. L'essai au fil incandescent doit ensuite être répété au même emplacement sur ce nouvel échantillon.

Lorsque l'essai ne peut pas être effectué sur le produit fini complet, il est acceptable d'enlever entièrement la partie à examiner et de la soumettre à l'essai séparément, conformément au 4.3 de l'IEC 60695-2-11:2014.

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent si:

- aucune flamme visible ni incandescence prolongée n'apparaissent;
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon disparaissent dans les 30 s suivant le retrait du fil incandescent.

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin ne doit pas être roussie.

9.15 Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée

- a) Le RCM étant alimenté par une tension égale à 0,85 fois sa tension assignée, le dispositif de contrôle est momentanément actionné 25 fois à intervalles de 5 s, le RCM étant réarmé avant chaque opération. Pour les RCM dont la temporisation atteint 10 s, l'intervalle est porté à 15 s.
- b) L'essai a) est ensuite répété à 1,1 fois la tension assignée.
- c) L'essai b) est ensuite répété, mais une seule fois, en maintenant le dispositif de réarmement du dispositif de contrôle en position fermée pendant 30 s.

Le RCM doit activer l'alarme à chaque essai. Après l'essai, l'échantillon ne doit présenter aucune altération susceptible de compromettre son usage ultérieur.

Pour vérifier que les ampères-tours provoqués par le dispositif de contrôle sont inférieurs à 3,5 fois le nombre d'ampères-tours produits par un courant différentiel résiduel égal à $I_{\Delta n}$ à la tension assignée, l'impédance du circuit du dispositif de contrôle est mesurée et le courant d'essai est calculé en tenant compte de la configuration du circuit du dispositif de contrôle.

Si un démontage du RCM est nécessaire pour une telle vérification, un échantillon distinct doit être utilisé.

Lorsqu'une autre méthode d'essai est utilisée, la vérification du nombre d'ampères-tours ci-dessus ne s'applique pas.

NOTE La vérification de l'endurance du dispositif de contrôle est considérée comme couverte par les essais en 9.10.

9.16 Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement en cas de conditions de surintensité

9.16.1 Généralités

Les essais de 9.16.2 et 9.16.3 sont effectués seulement sur les RCM classés selon 4.9.2.

NOTE Pour les RCM ayant plusieurs réglages, l'essai est effectué au réglage le plus bas.

9.16.2 Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge parcourant un RCM à deux voies de courant

Le RCM est branché conformément à la Figure 18 a).

Le RCM est connecté comme en usage normal avec une charge pratiquement non inductive, telle qu'il circule un courant égal à $6 I_n$.

Les RCM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation sont alimentés côté alimentation par la tension assignée (ou une valeur comprise dans la plage de tensions assignées s'il y a lieu).

Le courant est établi par le biais d'un interrupteur d'essai bipolaire, qui est ouvert après 1 s.

L'essai est répété trois fois, l'intervalle entre deux opérations consécutives étant d'au moins 1 min.

Le RCM ne doit pas devenir actif.

9.16.3 Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM à trois ou quatre pôles

Le RCM est branché conformément à la Figure 18 a).

Les RCM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation sont alimentés côté alimentation par la tension assignée (ou une valeur comprise dans la plage de tensions assignées s'il y a lieu).

La résistance R est réglée de façon à faire circuler dans le circuit un courant égal à $6 I_n$.

NOTE Pour les besoins du réglage de ce courant, le RCM peut être remplacé par des connexions d'impédance négligeable.

L'interrupteur d'essai S_1 étant préalablement ouvert, est fermé puis ouvert à nouveau après 1 s.

L'essai est répété trois fois pour chaque combinaison possible de voies de courant, l'intervalle entre deux opérations consécutives étant d'au moins 1 min.

Le RCM ne doit pas devenir actif.

9.16.4 Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée parcourant un RCM ayant un dispositif de détection externe (transformateur)

Le RCM est branché conformément à la Figure 18 b).

Les RCM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation sont alimentés côté alimentation par la tension assignée (ou une valeur comprise dans la plage de tensions assignées s'il y a lieu).

La résistance R est réglée de façon à faire circuler dans le circuit un courant égal à $6 I_n$.

NOTE Pour les besoins du réglage de ce courant, le RCM peut être remplacé par des connexions d'impédance négligeable.

L'interrupteur d'essai S_1 , en position "ouvert" au départ, est fermé puis ouvert à nouveau après 1 s.

L'essai est répété trois fois pour chaque combinaison possible de voies de courant, l'intervalle entre deux opérations consécutives étant d'au moins 1 min.

Le RCM ne doit pas devenir actif.

9.17 Vérification de la résistance aux fonctionnements intempestifs dus aux ondes de courant causées par les tensions de choc

Le RCM est soumis à l'essai en utilisant un générateur d'onde de courant capable de produire une onde de courant oscillatoire amortie comme indiqué à la Figure 19. Un exemple de circuit pour le raccordement du RCM est représenté à la Figure 20.

Une phase du RCM choisie de manière aléatoire doit être soumise à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être de 30 s.

L'impulsion de courant doit être mesurée par un moyen approprié, et ajustée en utilisant un RCM supplémentaire du même type et ayant les mêmes valeurs I_n et $I_{\Delta n}$ de façon à respecter les exigences suivantes:

- valeur crête: 200^{+20}_0 A
ou $25^{+2,5}_0$ A pour les RCM ayant $I_{\Delta n} \leq 10$ mA
- temps de montée virtuel: $0,5 \mu s \pm 0,15 \mu s$
- période de l'onde oscillatoire suivante: $10 \mu s \pm 2 \mu s$
- valeur de chacune des crêtes successives: environ 60 % de la crête précédente.

Pendant les essais, le RCM ne doit pas devenir actif. Après l'essai d'onde sinusoïdale fortement amortie, le fonctionnement correct du RCM est vérifié par un essai selon 9.9.2 c) à $I_{\Delta n}$ seulement avec un mesurage du temps de réponse.

NOTE Les procédures d'essai et les circuits d'essai correspondants pour les RCM ayant une protection contre les surtensions intégrée ou incorporée sont à l'étude.

9.18 Vide

9.19 Vérification supplémentaire du fonctionnement correct aux courants différentiels résiduels avec composantes continues

9.19.1 Généralités

Les essais du 9.19 ne s'appliquent pas aux RCM de type AC. Le Tableau 17 donne une vue d'ensemble des essais à effectuer sur les RCM de types A, F et B.

Tableau 17 – Vue d'ensemble des essais pour les types de RCM

Type de RCM	Courant d'activation		Procédure d'essai	Circuit d'essai	Courant de fonctionnement	
					Limite inférieure	Limite supérieure
A	Courant sinusoïdal		9.9.2	Figure 3 et Figure 4	$0,5 I_{\Delta n}$	$1,0 I_{\Delta n}$
	Courant continu pulsé	Angle 0 °	9.19.2.1 9.19.2.2 9.19.2.3	Figure 5		$1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$
		Angle 90 °	9.19.2.1	Figure 5	$0,25 I_{\Delta n}$	
		Angle 135 °	9.19.2.1	Figure 5	$0,11 I_{\Delta n}$	
		Angle 0 °, avec composante continue lissée de 6 mA superposée	9.19.2.4	Figure 6	$0,35 I_{\Delta n}$	
F	Tous les courants du RCM de type A					
	Courant composé	I_{Δ} (fn): 69 % I_{Δ} (1 kHz): 69 % I_{Δ} (10 Hz): 17,5 %	9.19.3.1 9.19.3.2 9.19.3.4	Figure 26		$1,4 I_{\Delta n}$
	Courant différentiel continu pulsé superposé à un courant continu lissé	Angle 0 °, avec composante continue lissée de 10 mA superposée	9.19.3.3	Figure 5		$1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$
B	Tous les courants du RCM de type F					
	Courant sinusoïdal	150 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,4 I_{\Delta n}$
		400 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$0,5 I_{\Delta n}$	$6 I_{\Delta n}$
		1 000 Hz	9.19.4.2	Figure 27	$1,0 I_{\Delta n}$	$14 I_{\Delta n}$
	Courant sinusoïdal superposé à un courant continu lissé	I_{Δ} (fn) + I_{Δ} (CC) I_{Δ} (CC) = 0,4 × $I_{\Delta n}$	9.19.4.3	Figure 4		$1,0 I_{\Delta n}$
	Courant différentiel continu pulsé superposé à un courant continu lissé	I_{Δ} (fn) + I_{Δ} (CC) I_{Δ} (CC) = 0,4 × $I_{\Delta n}$	9.19.4.4	Figure 6		$1,4 I_{\Delta n}$
	Courant continu provenant d'un circuit redresseur alimenté par deux phases	$f(I_{\Delta}) = fn$	9.19.4.5	Figure 28	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Courant continu provenant d'un circuit redresseur à six impulsions	$f(I_{\Delta}) = fn$	9.19.4.6	Figure 29	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Courant continu lissé		9.19.4.7	Figure 30	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$
	Courant continu lissé apparaissant brusquement		9.19.4.9	Figure 30	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,0 I_{\Delta n}$

Le RCM est installé comme en usage normal. Tous les essais doivent être effectués sur le RCM d'abord alimenté à $0,85 U_n$ puis à $1,1 U_e$ avec une fréquence assignée et, sauf spécification contraire, sans charge.

Les conditions d'essais qui s'appliquent sont celles de 9.9.1 et 9.9.5 excepté que les circuits d'essai doivent être ceux indiqués à la Figure 4, la Figure 5, la Figure 6, la Figure 26, la Figure 27, la Figure 28, la Figure 29 ou la Figure 30, selon le cas.

Le 9.19.2 est applicable pour les RCM de types A, F et B.

Le 9.19.3 est applicable pour les RCM de types F et B.

Le 9.19.4 est applicable pour les RCM de type B.

9.19.2 Vérification du fonctionnement correct des RCM de types A, F et B

9.19.2.1 Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un accroissement continu du courant différentiel résiduel continu pulsé

L'essai doit être effectué conformément à la Figure 5.

NOTE Pour les RCM sélectifs en direction, des essais supplémentaires de fonctionnement correct en cas d'accroissement continu du courant différentiel résiduel continu sont à l'étude.

Les interrupteurs auxiliaires S_1 et S_2 doivent être fermés. Le thyristor approprié doit être commandé de manière à obtenir des angles de retard de conduction α de 0° , 90° et 135° . Chaque pôle du RCM doit être soumis à l'essai deux fois pour chacun des angles de retard de conduction, aussi bien pour la position I que la position II de l'interrupteur auxiliaire S_3 .

A chaque essai, le courant doit être augmenté de façon continue en partant de zéro avec une augmentation linéaire d'environ $1,4 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A et avec une augmentation linéaire d'environ $2 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A. Le courant d'activation doit être conforme au Tableau 18.

Tableau 18 – Plages de courants d'activation

Angle α	Courant d'activation A	
	Limite inférieure	Limite supérieure
0°	$0,35 I_{\Delta n}$	} $1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$
90°	$0,25 I_{\Delta n}$	
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	

9.19.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus pulsés

L'essai doit être effectué conformément à la Figure 5.

NOTE Pour les RCM sélectifs en direction, des essais supplémentaires de fonctionnement correct en cas d'accroissement continu du courant différentiel résiduel continu sont à l'étude.

Le circuit est étalonné successivement aux valeurs de $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$ et $5 I_{\Delta n}$, et l'interrupteur auxiliaire S_1 est en position fermée.

Le courant différentiel résiduel est brusquement établi en fermant l'interrupteur S_2 . Deux essais sont effectués pour chaque valeur de I_{Δ} multipliée par 1,4 pour les RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A, et multipliée par 2 pour les RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, avec un angle de retard de conduction $\alpha = 0^\circ$, l'interrupteur auxiliaire S_3 étant en position I pour le premier essai et en position II pour le second.

Le RCM doit fonctionner à chacun des essais sans dépasser $T_{\max}$.

9.19.2.3 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.19.2.1 sont répétés, le pôle à l'essai et un autre pôle du RCM étant chargés au courant assigné, ce courant étant établi peu de temps avant l'essai.

NOTE La mise en charge sous le courant assigné n'est pas représentée sur la Figure 5.

9.19.2.4 Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé de 0,006 A

Le RCM doit être soumis à l'essai conformément à la Figure 6, avec un courant de défaut redressé d'une demi-onde (angle de retard de conduction $\alpha = 0^\circ$) auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A.

Chaque voie de courant du RCM est soumise à l'essai deux fois successivement dans chacune des positions I et II.

Le courant I_1 d'une demi-onde est augmenté de façon continue en partant de zéro avec une augmentation linéaire d'environ $1,4 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A et $2 I_{\Delta n} / (100 \times T_{\max})$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A. Le dispositif doit devenir actif avant que le courant différentiel résiduel continu pulsé n'atteigne une valeur inférieure ou égale à $1,4 I_{\Delta n}$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A ou à $2 I_{\Delta n}$ pour les RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

9.19.3 Vérification du fonctionnement correct des RCM de types F et B

9.19.3.1 Augmentation du courant différentiel résiduel composé

Les RCM doivent être installés comme en usage normal et doivent être soumis à l'essai conformément à la Figure 26.

Le Tableau 19 fournit les valeurs de composantes de fréquence à des fins d'étalonnage, ainsi que les valeurs de courant efficaces initiales pour vérifier le fonctionnement correct du RCM dans le cas d'un courant différentiel résiduel augmenté de façon continue. La tolérance de la fréquence d'essai est de $\pm 2\%$.

Tableau 19 – Valeurs de composantes de fréquence des courants d'essai et valeurs de courant initiales pour la vérification du fonctionnement

Valeurs de composantes de fréquence $I_{\Delta n}$ (efficaces)			Valeur de courant composé initiale (efficace)
A la fréquence assignée	1 kHz	Moteur 10 Hz I_F	I_{Δ}
$0,138 I_{\Delta n}$	$0,138 I_{\Delta n}$	$0,035 I_{\Delta n}$	$0,2 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ correspond au courant différentiel de fonctionnement assigné du dispositif à la fréquence assignée.			
NOTE 2 Pour les besoins de l'essai, les valeurs de 10 Hz et 1 kHz ont été utilisées pour les fréquences de sortie et d'horloge respectivement, représentant la condition la plus sévère.			

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, la valeur initiale du courant différentiel résiduel composé indiquée dans le Tableau 19 doit être portée à une vitesse linéaire en essayant d'atteindre la valeur $1,4 I_{\Delta n}$ sans dépasser $100 \times T_{\max}$. Le RCM doit fonctionner à l'état de l'alarme dans les limites du Tableau 20.

Tableau 20 – Plages de courants de fonctionnement pour un courant différentiel résiduel composé

Courant de fonctionnement (efficace)	
Limite inférieure	Limite supérieure
$0,5 I_{\Delta n}$	$1,4 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ correspond au courant différentiel de fonctionnement assigné du dispositif à la fréquence assignée.	
NOTE 2 Les courants de fonctionnement sont composés du rapport des composantes de fréquence indiquées dans le Tableau 19.	

Durant l'essai, les rapports des différentes fréquences doivent être maintenus de la valeur initiale à la valeur de fonctionnement.

9.19.3.2 RCM de type F à quatre pôles alimenté sur deux pôles

Les essais visant à vérifier le fonctionnement correct lorsqu'un RCM de type F à quatre pôles est alimenté sur seulement deux pôles doivent être effectués avec un RCM à quatre pôles conformément au 9.19.3.1, mais le RCM est uniquement alimenté entre la borne de neutre et une borne de phase choisie de manière aléatoire avec une fréquence assignée et sans charge.

9.19.3.3 Courants différentiels résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent

Les conditions d'essai visant à vérifier le fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent de 0,01 A sont indiquées en 9.19.2.4, mais le RCM est soumis à l'essai avec un courant lissé de 0,01 A au lieu de 0,006 A.

9.19.3.4 Apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel composé

Le fonctionnement correct du RCM doit être soumis à l'essai avec le RCM en position fermée, lorsqu'un courant différentiel résiduel composé conforme au Tableau 19 égal à 5 fois la limite supérieure indiquée dans le Tableau 20 est appliqué brusquement. Trois mesurages du temps de réponse sont réalisés. Les temps de réponse ne doivent pas dépasser $T_{\max}$.

9.19.4 Vérification du fonctionnement correct des RCM de type B

9.19.4.1 Généralités

Le RCM est installé comme en usage normal.

Pour les RCM ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, les essais sont effectués avec chaque réglage.

9.19.4.2 Courants différentiels alternatifs sinusoïdaux qui diffèrent de la fréquence assignée de 50/60 Hz

Les essais visant à vérifier le fonctionnement correct dans le cas d'un courant différentiel sinusoïdal avec des fréquences allant jusqu'à 1 000 Hz doivent être effectués conformément à la Figure 27.

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, le courant différentiel résiduel est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$ en tentant d'atteindre la valeur du courant différentiel de fonctionnement indiquée dans le Tableau 21, le courant de fonctionnement étant mesuré.

L'essai est effectué sur un pôle choisi de manière aléatoire à chaque fréquence indiquée dans le Tableau 21 et répété deux fois. Les valeurs de fonctionnement doivent être conformes au Tableau 21.

Tableau 21 – Courants différentiels de fonctionnement et de non-fonctionnement en fonction des fréquences qui diffèrent de la fréquence assignée de 50/60 Hz pour le RCM de type B

Fréquence Hz	Courant différentiel de non-fonctionnement $I_{\Delta no}$	Courant différentiel de fonctionnement $I_{\Delta n}$
150	$0,5 I_{\Delta n}$	$2,4 I_{\Delta n}^a$
400	$0,5 I_{\Delta n}$	$6 I_{\Delta n}^a$
1 000	$I_{\Delta n}$	$14 I_{\Delta n}^{a b}$
NOTE 1 Les définitions de "courant différentiel de non-fonctionnement" et "courants de fonctionnement" sont fournies en 5.3. NOTE 2 La forme d'onde pour les fréquences données est sinusoïdale. NOTE 3 L'impédance de mise à la terre maximale permise à la fréquence f_x dépend de la limite supérieure des courants de fonctionnement du RCM à cette fréquence. La relation entre la fréquence des tensions de contact acceptables et la puissance dissipée dans le corps humain est à l'étude. La tension de contact maximale autorisée de 50 V pour 50/60 Hz est retenue en attendant que des valeurs finales soient fixées. ^a Les valeurs correspondent au seuil de la fibrillation ventriculaire conformément à l'IEC/TS 60479-1, associé au facteur de fréquence pour la fibrillation ventriculaire conformément à l'IEC/TS 60479-2. ^b La série IEC 60479 (toutes les parties) ne donne aucun facteur pour les fréquences supérieures à 1 kHz.		

9.19.4.3 Courant différentiel résiduel alternatif superposé à un courant différentiel résiduel continu lissé

Le fonctionnement correct du RCM doit être soumis à l'essai avec le RCM en position fermée, en appliquant un courant différentiel résiduel continu lissé sur un pôle choisi de manière aléatoire et en le réglant sur $0,4 I_{\Delta n}$ ou 10 mA, la plus grande des deux valeurs étant retenue (voir Figure 32). Le courant différentiel résiduel alternatif de la fréquence assignée est appliqué à un autre pôle et est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$ en tentant d'atteindre la valeur de $I_{\Delta n}$ dans un délai de 30 s. Le courant d'activation de l'état d'alarme doit être mesuré.

Le courant d'activation alternatif doit être inférieur ou égal à $I_{\Delta n}$.

9.19.4.4 Courant différentiel résiduel continu pulsé superposé à un courant différentiel résiduel continu lissé

Les essais visant à vérifier le fonctionnement correct dans le cas d'un courant différentiel résiduel continu pulsé superposé à un courant différentiel résiduel continu lissé doivent être effectués conformément à la Figure 6.

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, en appliquant un courant différentiel résiduel continu lissé sur un pôle choisi de manière aléatoire et en le réglant sur $0,4 I_{\Delta n}$ ou 10 mA, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

Le courant différentiel résiduel continu pulsé est appliqué sur un autre pôle choisi de manière aléatoire avec un angle de retard de conduction α de 0° et est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$, en tentant d'atteindre la valeur de $1,4 I_{\Delta n}$ (pour un RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A) ou $2 I_{\Delta n}$ (pour un RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A) dans un délai de $100 \times T_{\max}$, le courant de fonctionnement étant mesuré.

Le RCM est soumis à l'essai, deux fois à chaque position I et II de S_3 et S_4 .

Le RCM doit devenir actif avant que le courant différentiel résiduel continu pulsé n'atteigne une valeur inférieure ou égale à $1,4 I_{\Delta n}$ pour un RCM avec $I_{\Delta n} > 0,01$ A, ou à $2 I_{\Delta n}$ pour un RCM avec $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

9.19.4.5 Courants différentiels continus provenant de circuits redresseurs alimentés par deux phases

L'essai visant à vérifier le fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels continus pouvant provenir de circuits redresseurs alimentés par deux phases doit être effectué conformément à la Figure 28.

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, le courant différentiel résiduel continu pulsé est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$, en tentant d'atteindre la valeur de $2 I_{\Delta n}$ dans un délai de $100 \times T_{\max}$, le courant de fonctionnement étant mesuré.

- Le circuit d'essai est connecté au RCM par l'intermédiaire de deux bornes de phase choisies de manière aléatoire.
- Le RCM est soumis à l'essai deux fois à chaque position I et II de S_3 .
- Le RCM doit fonctionner dans les limites de $0,5 I_{\Delta n}$ à $2 I_{\Delta n}$.

9.19.4.6 Courants différentiels continus provenant de circuits redresseurs alimentés par trois phases

Cet essai ne s'applique pas aux RCM de type B à deux pôles.

L'essai visant à vérifier le fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels continus pouvant provenir de circuits redresseurs alimentés par trois phases doit être effectué conformément à la Figure 29.

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, le courant différentiel résiduel continu pulsé est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$, en tentant d'atteindre la valeur de $2 I_{\Delta n}$ dans un délai de $100 \times T_{\max}$, le courant d'activation étant mesuré.

- Le RCM est soumis à l'essai deux fois à chaque position I et II de S_3 .

- Le RCM doit fonctionner dans les limites de $0,5 I_{\Delta n}$ à $2 I_{\Delta n}$.

9.19.4.7 Courant différentiel résiduel continu lissé

La vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels continus lissés sans charge doit être effectuée conformément à la Figure 30.

Les interrupteurs d'essai S_1 et S_2 et le RCM étant en position fermée, le courant différentiel résiduel continu lissé est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$, en tentant d'atteindre la valeur de $2 I_{\Delta n}$ dans un délai de $100 \times T_{\max}$, le courant de fonctionnement étant mesuré.

- Un pôle du RCM, choisi de manière aléatoire et représenté à la Figure 30, est soumis à l'essai deux fois à chaque position I et II de S_3 .
- Le RCM doit fonctionner dans les limites de $0,5 I_{\Delta n}$ à $2 I_{\Delta n}$.

L'essai est alors répété, le RCM étant chargé à son courant assigné comme en service normal pendant un temps suffisant pour atteindre les conditions d'équilibre thermique.

NOTE La mise en charge sous le courant assigné n'est pas représentée sur la Figure 30.

9.19.4.8 RCM de type B à trois et quatre pôles alimenté sur deux pôles

Les essais visant à vérifier le fonctionnement correct lorsqu'un RCM de type B à trois ou quatre pôles est alimenté sur seulement deux pôles, doivent être effectués conformément aux 9.19.4.2 et 9.19.4.7, mais le RCM est uniquement alimenté entre la borne de neutre et une borne de phase choisie de manière aléatoire pour des dispositifs à quatre pôles, ou entre des bornes à deux phases choisies de manière aléatoire pour des dispositifs à trois pôles avec une fréquence assignée et sans charge, le cas échéant.

9.19.4.9 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus lissés

Les RCM doivent être soumis à l'essai conformément à la Figure 30.

NOTE Pour les RCM sélectifs en direction, l'essai de fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel continu lissé est à l'étude.

Le circuit est étalonné successivement aux valeurs de $2 I_{\Delta n}$, $4 I_{\Delta n}$ et $10 I_{\Delta n}$, et l'interrupteur auxiliaire S_1 est en position fermée.

Le courant différentiel résiduel est brusquement établi en fermant l'interrupteur S_2 . Les essais sont effectués à chaque valeur de I_{Δ} avec l'interrupteur auxiliaire S_3 en position I pour le premier essai et en position II pour le second essai.

Le RCM doit fonctionner à chacun des essais dans un délai de 10 s.

9.20 Vérification de la fiabilité

9.20.1 Généralités

La conformité est vérifiée par les essais en 9.20.2 et en 9.20.3.

NOTE Pour les RCM ayant plusieurs réglages, les essais peuvent être effectués au réglage le plus bas.