

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers
and starters**

**Appareillage à basse tension –
Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à
semiconducteurs de moteurs à courant alternatif**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers
and starters**

**Appareillage à basse tension –
Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à
semiconducteurs de moteurs à courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XD

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-88912-505-0

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	10
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations.....	10
3.1 General.....	10
3.2 Alphabetical index of terms	10
3.3 Terms and definitions concerning a.c. semiconductor motor controllers and starters.....	12
3.4 Terms and definitions concerning hybrid motor controllers and starters.....	14
3.5 Terms and definitions concerning EMC definitions.....	18
3.6 Symbols and abbreviations.....	19
4 Classification.....	19
5 Characteristics of a.c. semiconductor motor controllers and starters.....	20
5.1 Summary of characteristics	20
5.2 Type of equipment.....	20
5.2.1 Form of equipment	20
5.2.2 Number of poles	20
5.2.3 Kind of current.....	20
5.2.4 Interrupting medium (air, vacuum, etc.).....	20
5.2.5 Operating conditions of the equipment.....	20
5.3 Rated and limiting values for main circuits.....	21
5.3.1 Rated voltages	21
5.3.2 Currents	23
5.3.3 Rated frequency.....	23
5.3.4 Rated duty.....	23
5.3.5 Normal load and overload characteristics	24
5.3.6 Rated conditional short-circuit current	25
5.4 Utilization category.....	25
5.4.1 General	25
5.4.2 Assignment of ratings based on the results of tests	26
5.5 Control circuits	27
5.6 Auxiliary circuits	27
5.7 Characteristics of relays and releases (overload relays).....	27
5.7.1 Summary of characteristics.....	28
5.7.2 Types of relay or release	28
5.7.3 Characteristic values	28
5.7.4 Designation and current settings of overload relays.....	29
5.7.5 Time-current characteristics of overload relays.....	29
5.7.6 Influence of ambient air temperature	30
5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)	30
6 Product information	30
6.1 Nature of information.....	30
6.2 Marking.....	31
6.3 Instructions for installation, operation, and maintenance	31
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	32

7.1	Normal service conditions	32
7.1.1	Ambient air temperature	32
7.1.2	Altitude	32
7.1.3	Atmospheric conditions	32
7.1.4	Shock and vibrations	32
7.2	Conditions during transport and storage	32
7.3	Mounting	32
7.4	Electrical system disturbances and influences	32
8	Constructional and performance requirements	33
8.1	Constructional requirements	33
8.1.1	General	33
8.1.2	Materials	33
8.1.3	Current-carrying parts and their connections	33
8.1.4	Clearances and creepage distances	33
8.1.5	Actuator	33
8.1.6	Indication of the contact position	33
8.1.7	Additional requirements for equipment suitable for isolation	33
8.1.8	Terminals	33
8.1.9	Additional requirements for equipment provided with a neutral pole	34
8.1.10	Provisions for protective earthing	34
8.1.11	Enclosures for equipment	34
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment	34
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits	34
8.2	Performance requirements	34
8.2.1	Operating conditions	34
8.2.2	Temperature rise	38
8.2.3	Dielectric properties	41
8.2.4	Normal load and overload performance requirements	42
8.2.5	Co-ordination with short-circuit protective devices	47
8.3	EMC requirements	47
8.3.1	General	47
8.3.2	Emission	48
8.3.3	Immunity	48
9	Tests	50
9.1	Kinds of tests	50
9.1.1	General	50
9.1.2	Type tests	50
9.1.3	Routine tests	50
9.1.4	Sampling tests	50
9.1.5	Special tests	51
9.2	Compliance with constructional requirements	51
9.3	Compliance with performance requirements	51
9.3.1	Test sequences	51
9.3.2	General test conditions	52
9.3.3	Performance under no load, normal load, and overload conditions	52
9.3.4	Performance under short-circuit conditions	62
9.3.5	EMC tests	65
9.3.6	Routine and sampling tests	68
Annex A (normative)	Marking and identification of terminals	70

Annex B Vacant	73
Annex C (normative) Co-ordination at the crossover current between the starter and associated SCPD	74
Annex D Vacant	78
Annex E Vacant	79
Annex F (informative) Operating capability	80
Annex G (informative) Examples of control circuit configurations	83
Annex H Vacant	85
Annex I (normative) Modified test circuit for short-circuit testing of semiconductor motor controllers and starters	86
Annex J (informative) Flowchart for constructing bypassed semiconductor controllers tests	88
Annex K (normative) Extended functions within electronic overload relays	89
Bibliography	94
Figure 1 – Semiconductor motor control devices	13
Figure 2 – Connecting methods	22
Figure 3 – Thermal memory test	36
Figure 4 – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays	62
Figure C.1 – Examples of time-current withstand characteristic	77
Figure F.1 – Thermal stability test profile	80
Figure F.2 – Overload capability test profile	81
Figure F.3 – Blocking and commutating capability test profile	82
Figure G.1 – Diagrammatic representation of an ECD	83
Figure G.2 – Single supply and control input	83
Figure G.3 – Single supply and control input	84
Figure G.4 – Controllers with an internal control supply and control input only	84
Figure I.1 – Modified circuit for short-circuit testing of semiconductor devices	86
Figure I.2 – Time line for the short-circuit test of 9.3.4.1.6	87
Figure K.1 – Test circuit for the verification of the operating characteristic of a residual current electronic overload relay	93
Table 1 – Functional possibilities of semiconductor motor control devices	14
Table 2 – Utilization categories	26
Table 3 – Relative levels of severity	27
Table 4 – Trip classes of overload relays	29
Table 5 – Limits of operation of time-delay overload relays when energized on all poles	35
Table 6 – Limits of operation of three-pole time-delay overload relays when energized on two poles only	37
Table 7 – Temperature rise limits for insulated coils in air and in oil	40
Table 8 – Intermittent duty test cycle data	40
Table 9 – Minimum overload current withstand time (T_x) in relation to overload current ratio (X) and corresponding to overload relay trip class (see Table 19)	43
Table 10 – Minimum requirements for thermal stability test conditions ^a	43

Table 11 – Minimum requirements for overload capability test conditions	44
Table 12 – Minimum requirements and conditions for performance testing with an induction motor load	44
Table 13 – Making and breaking capacity test; making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid motor controllers H1, H2, H3 and for certain forms of bypassed controllers	46
Table 14 – Conventional operational performance making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid motor controllers H1B, H2B, H3B and for certain forms of bypassed controllers	46
Table 15 – Specific acceptance or performance criteria when EM disturbances are present	49
Table 16 – Thermal stability test specifications	57
Table 17 – Initial case temperature requirements	57
Table 18 – Blocking and commutating capability test specifications	59
Table 19 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission	67
Table 20 – Radiated emissions test limits	67
Table A.1 – Main circuit terminal markings	70
Table C.1 – Test conditions	76
Table K.1 – Operating time of residual current electronic overload relays	90

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 4-2: Contactors and motor-starters –
AC semiconductor motor controllers and starters**

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 60947-4-2 has been prepared by subcommittee 17B: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This third edition replaces the second edition published in 1999 and its Amendments 1 (2001) and 2 (2006). It is a technical revision.

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

- updated EMC normative references and associated requirements,
- new references to IEC 60947-1,
- marking of electronic relays without thermal memory,
- marking of tripping time at 0 °C ambient or below,
- new test requirements for limits of operation of time-delay overload relays,

- new classes of overload current withstand time,
- damp heat, salt mist, vibration and shock tests,
- short-circuit test in the smallest enclosure,
- update of the routine and sampling tests.

This standard shall be read in conjunction with IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*. The provisions of the general rules are applicable to this standard, where specifically called for.

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

FDIS	Report on voting
17B/1734/FDIS	17B/1741/RVD

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

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

A list of all the parts in the IEC 60947 series, under the general title *Low-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

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

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

The contents of the corrigendum of July 2012 have been included in this copy.

INTRODUCTION

This standard covers low-voltage a.c. semiconductor motor controllers and starters that have many capabilities and features beyond the simple starting and stopping of an induction motor, such as controlled starting and stopping, manoeuvring and controlled running.

The generic term “controller” is used in this standard wherever the unique features of the power semiconductor switching elements are the most significant points of interest. The generic term “starter” is used wherever the consequences of operating the power semiconductor switching elements, together with suitable overload protective means, are the most significant points of interest. Specific designations (for example form 1, form HxB, etc.) are used wherever the unique features of various configurations comprise significant points of interest.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

Withdwn

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers and starters

1 Scope

This standard applies to a.c. semiconductor motor controllers and starters, which may include a series mechanical switching device, intended to be connected to circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V a.c.

This standard characterizes a.c. semiconductor motor controllers and starters with and without bypass means.

AC semiconductor motor controllers and starters dealt with in this standard are not normally designed to interrupt short-circuit currents. Therefore, suitable short-circuit protection (see 8.2.5) should form part of the installation, but not necessarily of the a.c. semiconductor motor controller or starter.

In this context, this standard gives requirements for a.c. semiconductor motor controllers and starters associated with separate short-circuit protective devices.

This standard does not apply to

- continuous operation of a.c. motors at motor speeds other than the normal speed;
- semiconductor equipment, including semiconductor contactors (see 2.2.13 of IEC 60947-1:2007) controlling non-motor loads;
- electronic a.c. power controllers covered by IEC 60146 series.

Contactors, overload relays and control circuit devices used in a.c. semiconductor motor controllers and starters should comply with the requirements of their relevant product standard. Where mechanical switching devices are used, they should meet the requirements of their own IEC product standard, and the additional requirements of this standard.

The object of this standard is to state as follows:

- the characteristics of a.c. semiconductor motor controllers and starters and associated equipment;
- the conditions with which a.c. semiconductor motor controllers and starters comply with reference to
 - a) their operation and behaviour;
 - b) their dielectric properties;
 - c) the degrees of protection provided by their enclosures where applicable;
 - d) their construction;
- the tests intended for confirming that these conditions have been met, and the methods to be adopted for these tests;
- the information to be given with the equipment, or in the manufacturer's literature.

NOTE For the purpose of this standard, the term "controller" may be used instead of "a.c. semiconductor motor controller".

2 Normative references

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

IEC 60034-1:2010, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*
Amendment 1 (2009)

IEC 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

CISPR 11:2009, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
Amendment 1 (2010)

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

3.1 General

For the purposes of this document, the terms and definitions of Clause 2 of IEC 60947-1:2007, as well as the following terms, definitions, symbol and abbreviations apply.

3.2 Alphabetical index of terms

	Reference
A	
a.c. semiconductor motor controller	3.3.2
B	
burst (of pulses or oscillations)	3.5.7
bypassed controller	3.4.31
C	
CO operation	3.4.32
controlled acceleration	3.4.6
controlled deceleration	3.4.7
controlled running	3.4.8
current-limit function	3.4.4
E	
electromagnetic compatibility [EMC]	3.5.1
electromagnetic disturbance	3.5.3
electromagnetic emission	3.5.2

F	
FULL-ON (state of controllers)	3.4.12
H	
hybrid motor controller or starter, form HxA (where x = 1, 2 or 3)	3.4.1
hybrid motor controller or starter, form HxB	3.4.2
I	
inhibit time	3.4.28
J	
jam sensitive electronic overload relay	3.4.27
M	
manoeuvre	3.4.5
minimum load current	3.4.13
O	
O operation	3.4.33
OFF-state	3.4.14
OFF-state leakage current [I_L]	3.4.15
OFF-time	3.4.30
ON-state	3.4.11
ON-time	3.4.29
OPEN position	3.4.3
operating capability	3.4.18
operating cycle (of a controller)	3.4.17
operation (of a controller)	3.4.16
overload current profile	3.4.19
P	
phase loss sensitive overload relay or release	3.4.23
prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)	3.4.9
prospective locked rotor current [I_{LRP}]	3.4.10
R	
radio (frequency) disturbance	3.5.4
radio frequency interference [RFI]	3.5.5
rating index	3.4.20
S	
semiconductor direct on line (DOL) motor controller (form 3)	3.3.5
semiconductor motor controller (form 1)	3.3.3
semiconductor motor starter (form 1, form 2, form 3)	3.3.6
semiconductor soft-start motor controller (form 2)	3.3.4
semiconductor switching device	3.3.1
stall sensitive electronic overload relay	3.4.26
T	
transient (adjective and noun)	3.5.6
trip-free controller or starter	3.4.22
tripping operation (of a controller or starter)	3.4.21
U	
under-current relay or release	3.4.24
under-voltage relay or release	3.4.25

V

voltage surge 3.5.8

3.3 Terms and definitions concerning a.c. semiconductor motor controllers and starters

3.3.1

semiconductor switching device

switching device designed to make and/or break the current in an electric circuit by means of the controlled conductivity of a semiconductor

NOTE This definition differs from IEC 60050-441:1984, 441-14-03 since a semiconductor switching device is also designed for breaking the current.

[IEC 60947-1:2007, 2.2.3]

3.3.2

a.c. semiconductor motor controller

semiconductor switching device that provides the starting function for an a.c. motor and an OFF-state

NOTE 1 Because dangerous levels of leakage currents can exist in a semiconductor motor controller in the OFF-state, the load terminals should be considered as live parts at all times.

NOTE 2 In a circuit where the current passes through zero (alternately or otherwise), the effect of "not making" the current following such a zero value is equivalent to breaking the current.

3.3.3

semiconductor motor controller (form 1)

a.c. semiconductor motor controller, in which the starting function may comprise any starting method specified by the manufacturer, and that provides control functions which may include any combination of manoeuvring, controlled acceleration, running or controlled deceleration of an a.c. motor. A FULL-ON state may also be provided

NOTE See Figure 1 and Table 1.

3.3.4

semiconductor soft-start motor controller (form 2)

special form of a.c. semiconductor motor controller, in which the starting function is limited to a voltage and/or current ramp which may include controlled acceleration, and where the additional control function is limited to providing FULL-ON

NOTE See Figure 1 and Table 1.

3.3.5

semiconductor direct on line (DOL) motor controller (form 3)

special form of a.c. semiconductor motor controller, in which the starting function is limited to a full-voltage, unramped starting method only, and where the additional control function is limited to providing FULL-ON

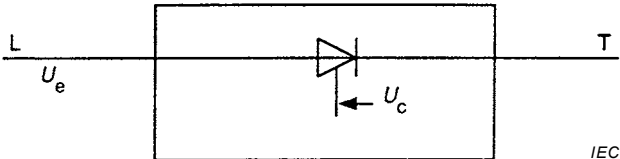
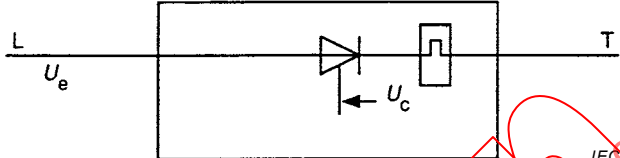
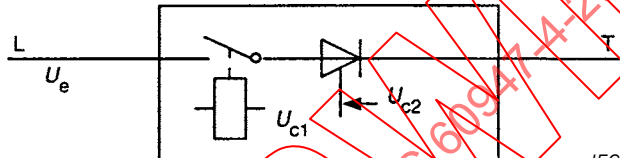
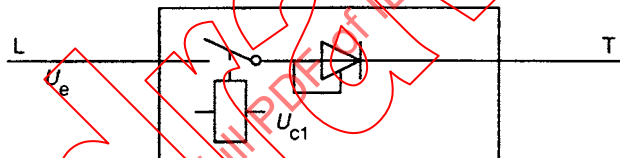
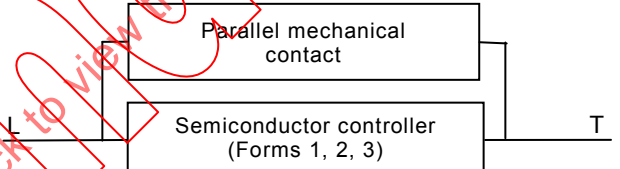
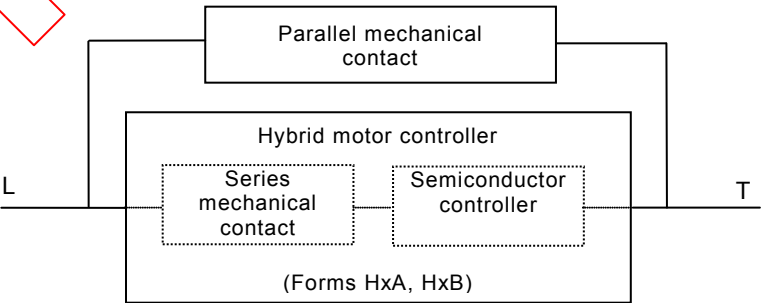
NOTE See Figure 1 and Table 1.

3.3.6

semiconductor motor starter (form 1, form 2, form 3)

a.c. semiconductor motor controller with suitable overload protection, rated as a unit

NOTE See Figure 1 and Table 1.

Device			
Semiconductor motor controller (forms 1, 2, 3)	 IEC 1731/99		
Semiconductor motor starter (forms 1, 2, 3)	 IEC 1732/99		
Hybrid motor controller HxA ^a where x = 1, 2 or 3	 IEC 1733/99		
Hybrid motor controller HxB ^b	 IEC 1734/99		
Bypassed controller	 IEC 2344/01		
Bypassed hybrid motor controller ^c	 IEC 2345/01		
Hybrid motor starter	Form H1A or H1B with motor overload protection	Form H2A or H2B with motor overload protection	Form H3A or H3B with motor overload protection

^a Two separate controls for the controller and the series mechanical switching device.

^b One control only for the series mechanical switching device.

^c For other configurations, tests may be suitably adapted by agreement between the user and the manufacturer.

Figure 1 – Semiconductor motor control devices

Table 1 – Functional possibilities of semiconductor motor control devices

Device	Form 1	Form 2	Form 3
Semiconductor motor controller	– OFF – Starting function – Manoeuvring – Controlled acceleration – Running – FULL ON – Controlled deceleration	– OFF state – Starting function – Controlled acceleration – FULL ON	Not available
Semiconductor DOL motor controller	Not available	Not available	– OFF state – Starting function – FULL ON
Semiconductor motor starter	Form 1 controller with motor overload protection	Form 2 controller with motor overload protection	Not available
Semiconductor DOL motor starter	Not available	Not available	Form 3 DOL motor controller with motor overload protection
Hybrid motor controller HxA ^a where x = 1, 2 or 3	H1A: – Open – OFF state – Starting function – Manoeuvring – Controlled acceleration – Running – Full ON – Controlled deceleration	H2A: – Open – OFF state – Starting function – Controlled acceleration – FULL ON	H3A: – Open – OFF state – Starting function – FULL ON
Hybrid motor controller HxB ^b where x = 1, 2 or 3	H1B: – Open – Starting function – Manoeuvring – Controlled acceleration – Running – FULL ON – Controlled deceleration	H2B: – Open – Starting function – Controlled acceleration – FULL ON	H3B: – Open – Starting function – FULL ON
Hybrid motor starter	Form H1A or H1B with motor overload protection	Form H2A or H2B with motor overload protection	Form H3A or H3B with motor overload protection
^a Two separate controls for the controller and the series mechanical switching device.			
^b One control only for the series mechanical switching device.			

3.4 Terms and definitions concerning hybrid motor controllers and starters

3.4.1

hybrid motor controller or starter, form HxA (where x = 1, 2 or 3)

form 1, 2 or 3 semiconductor motor controller or starter in series with a mechanical switching device, all rated as a unit

NOTE 1 Separate control commands are provided for the series mechanical switching device and the semiconductor motor controller or starter. All the control functions appropriate to the form of motor controller or starter specified are provided, together with an OPEN position.

NOTE 2 See Figure 1.

3.4.2

hybrid motor controller or starter, form HxB

form 1, 2 or 3 semiconductor motor controller or starter in series with a mechanical switching device, all rated as a unit. A single control command is provided for both the series mechanical switching device and the semiconductor motor controller or starter

NOTE 1 All the control functions appropriate to the form of motor controller specified are provided, with the exception of an OFF state.

NOTE 2 See Figure 1.

3.4.3

OPEN position

condition of a hybrid semiconductor motor controller or starter when the series mechanical switching device is in the OPEN position

[2.4.21 of IEC 60947-1:2007, modified]

3.4.4

current-limit function

ability of the controller to limit the motor current to a specified value

NOTE It does not include the ability to limit the instantaneous current under conditions of short circuit.

3.4.5

manoeuvre

any deliberate operation that causes current changes which must be characterized and controlled (for example jogging, braking)

NOTE 1 Starting is a mandatory manoeuvre that is recognized separately.

NOTE 2 Braking operations performed by the a.c. semiconductor motor controller or starter are considered to be a manoeuvre within the scope of this standard.

3.4.6

controlled acceleration

control of motor performance while increasing motor speed by acting on the motor supply

3.4.7

controlled deceleration

control of motor performance while decreasing motor speed by acting on the motor supply

3.4.8

controlled running

control of motor performance by acting on the motor supply while the motor is running at normal speed (for example energy saving)

3.4.9

prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)

current that would flow in the circuit if each pole of the switching device or the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

NOTE The method to be used to evaluate and to express the prospective current is to be specified in the relevant product standard.

[IEC 60947-1:2007, 2.5.5]

3.4.10

prospective locked rotor current

I_{LRP}

prospective current that would flow when the rated voltage is applied to the motor with a locked rotor

3.4.11

ON-state

the condition of a controller when the conduction current can flow through its main circuit

3.4.12

FULL-ON (state of controllers)

the condition of a controller when the controlling functions are set to provide normal full voltage excitation to the load

3.4.13

minimum load current

minimum operational current in the main circuit which is necessary for correct action of a controller in the ON-state

NOTE The minimum load current should be given as the r.m.s value.

3.4.14

OFF-state

the condition of a controller when no control signal is applied, and no current exceeding the OFF-state leakage current flows through the main circuit

3.4.15

OFF-state leakage current

I_L

the current which flows through the main circuit of a controller in the OFF-state

3.4.16

operation (of a controller)

transition from the ON-state to the OFF-state, or the reverse

3.4.17

operating cycle (of a controller)

succession of operations from one state to the other and back to the first state

NOTE A succession of operations not forming an operating cycle is referred to as an operating series.

3.4.18

operating capability

under prescribed conditions, the ability to perform a series of operating cycles without failure

3.4.19

overload current profile

current-time co-ordinate specifying the requirement to accommodate overload currents for a period of time

NOTE See 5.3.5.1.

3.4.20

rating index

rating information organized in a prescribed format, unifying rated operational current and the corresponding utilization category, overload current profile, and the duty cycle or OFF-time

NOTE See 6.1e).

3.4.21

tripping operation (of a motor controller or starter)

operation to establish and maintain an OFF-state (or open position in the case of a form HxB motor controller or starter) initiated by a control signal

3.4.22**trip-free controller or starter**

controller or starter which establishes and sustains an OFF-state condition, which cannot be overridden in the presence of a trip condition

NOTE In the case of form HxB, the term "OFF-state condition" is replaced by the term "OPEN position".

3.4.23**phase loss sensitive overload relay or release**

multipole overload relay or release which operates in case of overload and also in case of loss of phase in accordance with specified requirements

3.4.24**under-current relay or release**

measuring relay or release which operates automatically when the current through it is reduced below a predetermined value

3.4.25**under-voltage relay or release**

measuring relay or release which operates automatically when the voltage applied to it is reduced below a predetermined value

3.4.26**stall sensitive electronic overload relay**

electronic overload relay which operates when the current has not decreased below a predetermined value for a specific period of time during start-up or when the relay receives the input indicating there is no rotation of the motor after a predetermined time in accordance with specified requirements

NOTE Explanation of stall: rotor locked during start.

3.4.27**jam sensitive electronic overload relay**

electronic overload relay which operates in the case of overload and also when the current has increased above a predetermined value for a specific period of time during run in accordance with specified requirements

NOTE Explanation of jam: high overload occurring after the completion of starting which causes the current to reach the locked rotor current value of the motor being controlled.

3.4.28**inhibit time**

time-delay period during which the tripping function of the relay is inhibited (may be adjustable)

3.4.29**ON-time**

period of time during which the controller is on-load

NOTE See the example in Figure F.1.

3.4.30**OFF-time**

the period of time during which the controller is off-load

NOTE See the example in Figure F.1.

3.4.31

bypassed controller

equipment wherein the main circuit contacts of a mechanical switching device are connected in parallel with the main circuit terminals of a semiconductor switching device, and wherein the operating means of the two switching devices are co-ordinated

NOTE See Figure 1.

3.4.32

CO operation

breaking of the circuit by the SCPD resulting from closing the circuit by the equipment under test

3.4.33

O operation

breaking of the circuit by the SCPD resulting from closing the circuit on the equipment under test which is in the closed position

3.5 Terms and definitions concerning EMC definitions

NOTE For convenience and to avoid confusion, some of the key definitions from IEC 60050-161 are reproduced here. Further explanations are given in IEC 61000-2-1.

3.5.1

electromagnetic compatibility

EMC

ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment

[IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.5.2

electromagnetic emission

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.5.3

electromagnetic disturbance

any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter

NOTE An electromagnetic disturbance may be an electromagnetic noise, an unwanted signal, or a change in the propagation medium itself.

[IEC 60050-161:1990, 161-01-05]

3.5.4

radio (frequency) disturbance

electromagnetic disturbance having components in the radio frequency range

[IEC 60050-161:1990, 161-01-13]

3.5.5

radio frequency interference

RFI

degradation of the reception of a wanted signal caused by radio frequency disturbance

NOTE The English words "interference" and "disturbance" are often used indiscriminately. The expression 'radio-frequency interference' is also commonly applied to a radio-frequency disturbance or an unwanted signal.

[IEC 60050-161:1990, 161-01-14]

3.5.6**transient**, adjective and noun

pertaining to or designating a phenomenon or a quantity which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared with the time-scale of interest

[IEC 60050-161:1990, 161-02-01]

3.5.7**burst** (of pulses or oscillations)

sequence of a limited number of distinct pulses or an oscillation of limited duration

[IEC 60050-161:1990, 161-02-07]

3.5.8**voltage surge**

transient voltage wave propagating along a line or a circuit and characterized by a rapid increase followed by a slower decrease of the voltage

[IEC 60050-161:1990, 161-08-11]

3.6 Symbols and abbreviations

Symbol or abbreviation	Description	Definition or occurrence
A_f	Final ambient temperature	9.3.3.3.4
C_f	Final case temperature	9.3.3.3.4
EMC	Electromagnetic compatibility	3.5.1
EUT	Equipment under test	
I_c	Current made and broken	Table 13
I_e	Rated operational current	5.3.2.3
I_F	Leakage current after the blocking and commutating capability test	9.3.3.6.3
I_{init}	Initial test current	9.3.3.6.2
I_L	OFF-state leakage current	3.4.15
I_{LRP}	Prospective locked rotor current	3.4.10
I_O	Leakage current before the blocking and commutating capability test	9.3.3.6.3
I_{th}	Conventional free air thermal current	5.3.2.1
I_{the}	Conventional enclosed thermal current	5.3.2.2
I_u	Rated uninterrupted current	5.3.2.4
RFI	Radio frequency interference	3.5.5
SCPD	Short-circuit protective device	
U_c	Rated control circuit voltage	5.5
U_e	Rated operational voltage	5.3.1.1
U_i	Rated insulation voltage	5.3.1.2
U_{imp}	Rated impulse withstand voltage	5.3.1.3
U_r	Power frequency recovery voltage	Table 11
U_s	Rated control supply voltage	5.5

4 Classification

Subclause 5.2 gives all data which could be used as criteria for classification.

5 Characteristics of a.c. semiconductor motor controllers and starters

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of controllers and starters shall be stated in the following terms, where such terms are applicable:

- type of equipment (5.2);
- rated and limiting values for main circuits (5.3);
- utilization category (5.4);
- control circuits (5.5);
- auxiliary circuits (5.6);
- types and characteristics of relays and releases (5.7);
- co-ordination with short-circuit protective devices (5.8).

5.2 Type of equipment

The following shall be stated:

5.2.1 Form of equipment

Forms of controllers and starters (see 3.3 and 3.4).

5.2.2 Number of poles

- Number of main poles
- Number of main poles where the operation is controlled by a semiconductor switching element

5.2.3 Kind of current

AC only.

5.2.4 Interrupting medium (air, vacuum, etc.)

Applicable only to mechanical switching devices of hybrid controllers and starters.

5.2.5 Operating conditions of the equipment

5.2.5.1 Method of operation

For example:

- symmetrically controlled controller (such as a semiconductor with fully controlled phases);
- non-symmetrically controlled controller (such as thyristors and diodes).

5.2.5.2 Method of control

For example:

- automatic (by pilot switch or sequence control);
- non-automatic (that is push-buttons);
- semi-automatic (that is partly automatic, partly non-automatic).

5.2.5.3 Method of connecting

For example (see Figure 2):

- motor in delta, thyristors in series with a winding;
- motor in star, thyristors in delta;
- motor in delta, thyristors connected between winding and supply.

5.3 Rated and limiting values for main circuits

The rated and limiting values established for controllers and starters shall be stated in accordance with 5.3.1 to 5.3.6, but it may not be necessary to establish all applicable values by tests.

5.3.1 Rated voltages

A controller or starter is defined by the following rated voltages.

5.3.1.1 Rated operational voltage (U_e)

Subclause 4.3.1.1 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition.

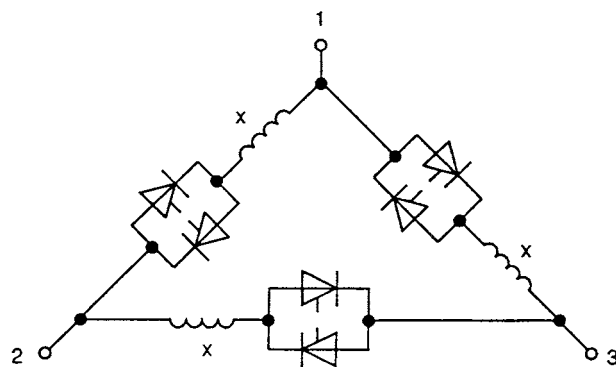
The rating of a.c. equipment shall include the number of phases except that the rating of equipment obviously intended for single-phase use only is not required to include the number of phases.

5.3.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

Subclause 4.3.1.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

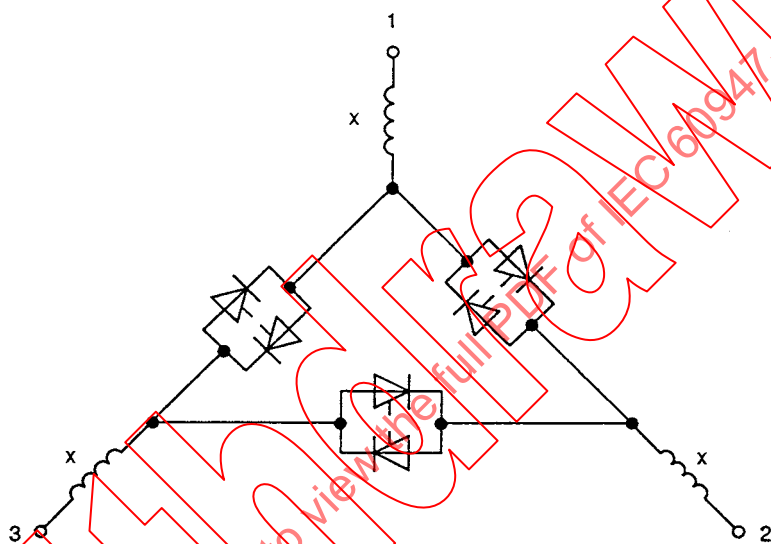
5.3.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Subclause 4.3.1.3 of IEC 60947-1:2007 applies.



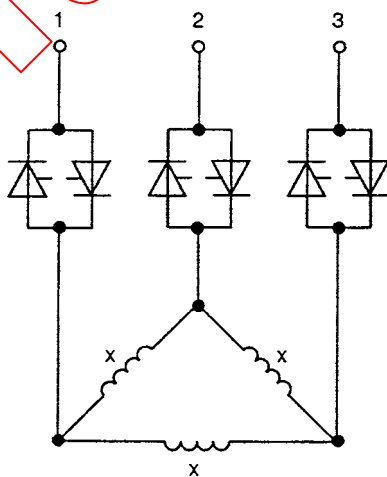
IEC 1735/99

Figure 2a – Motor in delta – Thyristors in series with a winding



IEC 1736/99

Figure 2b – Motor in star – Thyristors in delta



IEC 1737/99

Figure 2c – Motor in delta – Thyristors connected between winding and supply

Figure 2 – Connecting methods

5.3.2 Currents

A controller or starter is defined by the following currents:

5.3.2.1 Conventional free air thermal current (I_{th})

Subclause 4.3.2.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.3.2.2 Conventional enclosed thermal current (I_{the})

Subclause 4.3.2.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.3.2.3 Rated operational current (I_e)

The rated operational current, I_e , of controllers and starters is the normal operating current when the device is in the FULL-ON state, and takes into account the rated operational voltage (see 5.3.1.1), the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the utilization category (see 5.4), the overload characteristics (see 5.3.5), and the type of protective enclosure, if any.

5.3.2.4 Rated uninterrupted current (I_u)

Subclause 4.3.2.4:2007 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.3.3 Rated frequency

Subclause 4.3.3:2007 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.3.4 Rated duty

The rated duties considered as normal are as follows:

5.3.4.1 8 h duty

A duty in which the controller or starter remains in the FULL-ON state while carrying a steady current long enough for the equipment to reach thermal equilibrium, but not for more than 8 h, without interruption.

5.3.4.2 Uninterrupted duty

A duty in which the controller or starter remains in the FULL-ON state while carrying a steady current without interruption for periods of more than 8 h (weeks, months, or even years).

5.3.4.3 Intermittent periodic duty or intermittent duty

Subclause 4.3.4.3:2007 of IEC 60947-1:2007 applies, except that the first paragraph is changed as follows:

"A duty with on-load periods in which the controller or starter remains in the FULL-ON state, having a definite relation to off-load periods, both periods being too short to allow the equipment to reach thermal equilibrium."

5.3.4.4 Temporary duty

Duty in which the controller or starter remains in the FULL-ON state for periods of time insufficient to allow the equipment to reach thermal equilibrium, the current-carrying periods being separated by off-load periods of sufficient duration to restore equality of temperature with the cooling medium. Standard values of temporary duty are as follows:

30 s, 1 min, 3 min, 10 min, 30 min, 60 min and 90 min.

5.3.4.5 Periodic duty

Subclause 4.3.4.5 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.3.4.6 Duty cycle values and symbols

For the purpose of this standard, the duty cycle is expressed by two symbols, F and S . These describe the duty, and also set the time that must be allowed for cooling.

F is the ratio of the on-load period to the total period expressed as a percentage.

The preferred values of F are as follows:

$F = 1\%, 5\%, 15\%, 25\%, 40\%, 50\%, 60\%, 70\%, 80\%, 90\%, 99\%$.

S is the number of operating cycles per hour. The preferred values of S are as follows:

$S = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ operating cycles per hour.

NOTE Other values of F and/or S may be declared by the manufacturer.

5.3.5 Normal load and overload characteristics

Subclause 4.3.5 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following additions.

5.3.5.1 Overload current profile

The overload current profile gives the current-time co-ordinates for the controlled overload current. It is expressed by two symbols, X and T_x .

X denotes the overload current as a multiple of I_e selected from the array of values in Table 9, and represents the maximum value of operating current due to starting, operating, or manoeuvring under overload conditions. $X = I_{LRP}/I_e$ when no current limit function is provided.

Deliberate overcurrents not exceeding 10 cycles (for example boost, kickstart, etc.), which may exceed the stated value of $X \times I_e$, are disregarded for the overload current profile.

T_x denotes the sum of duration times for the controlled overload currents during starting, operating, and manoeuvring. See Table 9.

For a starter, T_x is the minimum operating time allowed by the tolerances of the overload relay.

5.3.5.2 Operating capability

Operating capability represents the combined capabilities of

- current commutation and current carrying in the ON-state; and
- establishing and sustaining the OFF-state (blocking),
at full voltage under normal load and overload conditions in accordance with utilization category, overload current profile and specified duty cycles.

Operating capability is characterized by

- the rated operational voltage (see 5.3.1.1);
- the rated operational current (see 5.3.2.3);
- the rated duty (see 5.3.4);

- the overload current profile (see 5.3.5.1);
- the utilization category (see 5.4).

Requirements are given in 8.2.4.1.

5.3.5.3 Starting, stopping and manoeuvring characteristics

Typical service conditions for controllers and starters controlling squirrel cage and hermetic refrigeration motors are as follows:

5.3.5.3.1 Starting characteristics of squirrel cage and hermetic refrigeration motors

- a) One direction of rotation with the inclusion of phase-control capability to provide any combination of controlled acceleration to normal speed, controlled deceleration to standstill, or an occasional manoeuvre without de-energizing the controller (AC-53a, AC-58a).
- b) One direction of rotation with the inclusion of phase-control capability to provide controlled acceleration to normal speed. Controllers and starters are rated for intermittent duty only (AC-53b, AC-58b); for example after starting, the motor may be connected into a circuit that bypasses the power semiconductors.

Two directions of rotation may be accomplished by reversing the connections to the controller or motor by means that are beyond the scope of this standard, but are covered by the relevant product standard for the selected means.

Two directions of rotation may also be accomplished by phase reversing within the controller or starter. The requirements for this operation will vary with each application. Therefore, this is subject to agreement between manufacturer and user.

Due to the control capability of controllers and starters, the current during starting, stopping, and any manoeuvre will differ from the conventional values of the prospective locked rotor current listed in Table 11.

5.3.5.3.2 Starting characteristics of rheostatic rotor starters with controllers energizing the stator (AC-52a, AC-52b)

Starters can be used to provide reduced voltage excitation to the stator windings of a slip ring motor, and thereby reduce the number of switching steps required in the rotor circuit. For most applications, one or two starting steps are adequate depending upon load torque and inertia, and the severity of start required.

NOTE Starters and controllers covered by this standard are not intended for use in the rotor circuit and therefore, the rotor circuit must be controlled by traditional means. The relevant product standards for the rotor circuits of rheostatic rotor starters should apply.

5.3.6 Rated conditional short-circuit current

Subclause 4.3.6.4 of IEC 60947-1:2007 applies.

5.4 Utilization category

5.4.1 General

Subclause 4.4 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following addition.

For controllers and starters, the utilization categories as given in Table 2 are considered standard. Any other type of utilization shall be based on agreement between manufacturer and user, but information given in the manufacturer's catalogue or tender may constitute such an agreement.

Each utilization category (see Table 2) is characterized by the values of the currents, voltages, power-factors and other data of Table 3, Table 9, Table 10 and Table 11, and by the test conditions specified in this standard.

The first digit of the utilization category identification designates a semiconductor switching device (for example within this standard a semiconductor motor controller or starter). The second digit designates a typical application. The a-suffix designates the capability of a controller to perform any of the functional possibilities listed in Table 1. The b-suffix designates the capability of a controller where it is restricted to performing a transition from an OFF-state to a starting function of duration T_x , and immediately returning to the OFF-state to comprise a duty cycle in accordance with the requirements of 8.2.4.1.

5.4.2 Assignment of ratings based on the results of tests

A designated controller or starter with a rating for one utilization category which has been verified by testing can be assigned other ratings without testing, provided that

- the rated operational current and voltage that are verified by testing shall not be less than the ratings that are to be assigned without testing;
- the utilization category and duty cycle requirements for the tested rating shall be equal to or more severe than the rating that is to be assigned without testing; the relative levels of severity are given in Table 3;
- the overload current profile for the tested rating shall be equal to or more severe than the rating that is to be assigned without testing, in accordance with the relative levels of severity in Table 3. Only values of X lower than the tested value of X may be assigned without testing.

Table 2 – Utilization categories

Utilization category	Typical application
AC-52a	Control of slip ring motor starters: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run
AC-52b	Control of slip ring motor starters: intermittent duty
AC-53a	Control of squirrel cage motors: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run
AC-53b	Control of squirrel cage motors: intermittent duty
AC-58a	Control of hermetic refrigerant compressor motors with automatic resetting of overload releases: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run
AC-58b	Control of hermetic refrigerant compressor motors with automatic resetting of overload releases: intermittent duty
NOTE 1 The means of bypassing the semiconductor controller or starter may be integral with the controller/starter or installed separately. It also may be dependant or unrestricted as specified in 8.2.1.7 and 8.2.1.8.	
NOTE 2 A hermetic refrigerant compressor motor is a combination consisting of a compressor and motor, both of which are enclosed in the same housing, with no external shaft or shaft seals, the motor operating in the refrigerant.	

Table 3 – Relative levels of severity

Severity level	Utilization category	Overload current profile ($X \cdot T_x$)	Time related requirement
Most severe	AC-52a AC-53a AC-58a	Highest value of $(X I_e)^2 \times T_x$ (Note 1)	Highest value of $F \times S$ (Note 2)
	AC-52b AC-53b AC-58b	Highest value of $(X I_e)^2 \times T_x$ (Note 1)	Lowest value of OFF-time (Note 3)
When the highest value of $(X I_e)^2 \times T_x$ occurs at more than one value of $X I_e$, then the highest value of $X I_e$ shall apply. When the highest value of $F \times S$ occurs at more than one value of S, then the highest value of S shall apply. When the highest value of $(X I_e)^2 \times T_x$ occurs at more than one value of OFF-time, then the lowest value of OFF-time shall apply.			

5.5 Control circuits

Subclause 4.5.1 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following additions:

Refer to Annex G for examples and illustrations. The characteristics of electronic control circuits are as follows:

- kind of current;
- power consumption;
- rated frequency (or d.c.);
- rated control circuit voltage, U_c (nature: a.c./d.c.);
- rated control supply voltage, U_s (nature: a.c./d.c.);
- nature of control circuit devices (contacts, sensors).

NOTE A distinction is made between control circuit voltage, U_c , which is the controlling input signal, and control supply voltage, U_s , which is the voltage applied to energize the power supply terminals of the control circuit equipment and may be different from U_c , due to built-in transformers, rectifiers, resistors, etc.

5.6 Auxiliary circuits

Subclause 4.6 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following additions:

Electronic auxiliary circuits perform useful functions (for example monitoring, data acquisition, etc.) that are not necessarily relevant to the direct task of governing the intended performance characteristics.

Under normal conditions, auxiliary circuits are characterized in the same way as control circuits, and are subject to the same kinds of requirements. If the auxiliary functions include unusual performance features, the manufacturer should be consulted to define the critical characteristics.

Digital inputs and/or digital outputs contained in controllers and motor-starters, and intended to be compatible with PLCs, shall fulfil the requirements of Annex S of IEC 60947-1:2007.

5.7 Characteristics of relays and releases (overload relays)

NOTE In the remainder of this standard, the words "overload relay" will be taken to apply equally to an overload relay or an overload release, as appropriate.

5.7.1 Summary of characteristics

The characteristics of relays and releases shall be stated in the following terms, whenever applicable:

- types of relay or release (see 5.7.2);
- characteristic values (see 5.7.3);
- designation and current settings of overload relays (see 5.7.4);
- time-current characteristics of overload relays (see 5.7.5);
- influence of ambient air temperature (see 5.7.6).

5.7.2 Types of relay or release

- a) Under-voltage and under-current opening relay or release.
- b) Overload time-delay relay, the time-lag of which is
 - 1) substantially independent of previous load;
 - 2) dependent on previous load;
 - 3) dependent on previous load and also sensitive to phase loss.
- c) Instantaneous over-current relay or release (for example jam sensitive).
- d) Other relays or releases (for example control relay associated with devices for the thermal protection of the starter).
- e) Stall relay or release.

5.7.3 Characteristic values

- a) Release with shunt coil, under-voltage (under-current), over-voltage (instantaneous over-current), current or voltage asymmetry and phase reversal opening relay or release:
 - rated voltage (current);
 - rated frequency;
 - operating voltage (current);
 - operating time (when applicable);
 - inhibit time (when applicable).
- b) Overload relay:
 - designation and current settings (see 5.7.4);
 - rated frequency, when necessary (for example in the case of a current transformer operated overload relay);
 - time-current characteristics (or range of characteristics), when necessary;
 - trip class according to classification in Table 4, or the value of the maximum tripping time, in seconds, under the conditions specified in 8.2.1.5.1.1.1 and Table 5, column D, when this time exceeds 30 s;
 - nature of the relay: thermal, electronic or electronic without thermal memory; electronic relay without thermal memory shall be marked ~~Thm~~ ;
 - nature of the reset: manual or automatic,
 - tripping time of overload relays class 10A where higher than 2 min at 0 °C or below (see 8.2.1.5.1.1.1, item c).
- c) Release with residual current sensing relay:
 - rated current;

- operating current;
- operating time or time-current characteristic according to Table K.1;
- inhibit time (when applicable);
- type designation (see Annex K).

Table 4 – Trip classes of overload relays

Trip class	Tripping time T_p under the conditions specified in 8.2.1.5.1.1.1 and Table 5, column D ^a	Tripping time T_p under the conditions specified in 8.2.1.5.1.1.1 and Table 5, column D for tighter tolerances (tolerance band E) ^a
	s	s
2	–	$T_p \leq 2$
3	–	$2 < T_p \leq 3$
5	$0,5 < T_p \leq 5$	$3 < T_p \leq 5$
10A	$2 < T_p \leq 10$	–
10	$4 < T_p \leq 10$	$5 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$	$10 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$	$20 < T_p \leq 30$
40	–	$30 < T_p \leq 40$
NOTE 1 Depending on the nature of the relay, the tripping conditions are given in 8.2.1.5.		
NOTE 2 The lower limiting values of T_p are selected to allow for differing heater characteristics and manufacturing tolerances.		
^a The manufacturer shall add the letter E to trip classes to indicate compliance with the band E.		

5.7.4 Designation and current settings of overload relays

Overload relays are designated by their current setting (or the upper and lower limits of the current setting range, if adjustable) and their trip class.

The current setting (or current setting range) shall be marked on the relays.

However, if the current setting is influenced by the conditions of use or other factors which cannot readily be marked on the relay, then the relay or any interchangeable parts thereof (for example heaters, operating coils or current transformers) shall carry a number or an identifying mark which makes it possible to obtain the relevant information from the manufacturer or his catalogue or, preferably, from data furnished with the starter.

In the case of current transformer operated overload relays, the marking may refer either to the primary current of the current transformer through which they are supplied or to the current setting of the overload relays. In either case, the ratio of the current transformer shall be stated.

5.7.5 Time-current characteristics of overload relays

Typical time-current characteristics shall be given in the form of curves supplied by the manufacturer. These curves shall indicate how the tripping time, starting from the cold state (see 5.7.6), varies with the current up to a value of at least maximum ($X \times I_e$) value. The manufacturer shall be prepared to indicate, by suitable means, the general tolerances

applicable to these curves and the conductor cross-sections used for establishing these curves (see 9.3.3.6.5, item c)).

NOTE It is recommended that the current be plotted as abscissae and the time as ordinates, using logarithmic scales. It is recommended that the current be plotted as multiples of the setting current and the time in seconds on the standard graph sheet detailed in IEC 60269-1.

5.7.6 Influence of ambient air temperature

The time-current characteristics (see 5.7.5) refer to a stated value of ambient air temperature, and are based on no previous loading of the overload relay (i.e. from an initial cold state). This value of the ambient air temperature shall be clearly given on the time curves; the preferred values are +20 °C or +40 °C.

The overload relays shall be able to operate within the ambient air temperature range of 0 °C to +40 °C, and the manufacturer shall be prepared to state the effect of variation in ambient air temperature on the characteristics of overload relays.

5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)

Controllers and starters are characterized by the type, ratings, and characteristics of the SCPD to be used to provide overcurrent discrimination between starter and SCPD, and adequate protection of controllers and starters against short-circuit currents.

Requirements are given in 8.2.5 of this standard and in 4.8 of IEC 60947-1:2007.

6 Product information

6.1 Nature of information

The following information shall be given by the manufacturer:

Identification

- a) the manufacturer's name or trademark;
- b) type designation or serial number;
- c) number of this standard;

Characteristics, basic rated values and utilization

- d) rated operational voltages (see 5.3.1.1);
- e) rated operational currents, corresponding utilization category (5.4), overload current profile (5.3.5.1), and duty cycle (5.3.4.6) or OFF-time, comprising the rating index;
 - The prescribed format for AC-52a, AC-53a, AC-58a is shown by these examples:
 100 A: AC-53a: 6-6: 60-1
 This indicates 100 A current rating for general applications with squirrel cage motors. The device can accommodate 600 A for 6 s; 60 % on-load factor; one standard operating cycle per hour.
 - The prescribed format for AC-52b, AC-53b, AC-58b is shown by the example:
 100 A: AC-53b: 3-52: 1 440
 This indicates 100 A current rating for starting duty only. The device can accommodate 300 A for 52 s; the OFF-time must not be less than 1440 s before any subsequent start may be initiated.
- f) either the value of the rated frequency 50/60 Hz, or other rated frequencies for example 16 2/3 Hz, 400 Hz;

- g) indication of the rated duties as applicable (5.3.4.3);
- h) form designation (for example form 1, or form H1A, see Table 1);

Safety and installation

- i) rated insulation voltage (5.3.1.2);
- j) rated impulse withstand voltage (5.3.1.3);
- k) IP code, in case of an enclosed equipment (8.1.11);
- l) pollution degree (7.1.3.2);
- m) rated conditional short-circuit current and type of co-ordination of the controller or starter, and the type, current rating and characteristics of the associated SCPD (see 5.8);

Control circuits

- n) rated control circuit voltage U_c , nature of current and rated frequency, and, if necessary, rated control supply voltage U_s , nature of current and rated frequency, and any other information (for example impedance matching requirements) necessary to ensure satisfactory operation of the control circuits (see Annex G for examples of control circuit configurations);

Auxiliary circuits

- o) nature and ratings of auxiliary circuits (5.6);

Overload relays and releases

- p) characteristics according to 5.7.2, 5.7.5 and 5.7.6;
- q) characteristics according to 5.7.3 and 5.7.4;

EMC emission and immunity levels

- r) the equipment class and the specific requirements necessary to maintain compliance (see 8.3.2);
- s) the immunity levels attained and the specific requirements necessary to maintain compliance (see 8.3.3);

6.2 Marking

Subclause 5.2 of IEC 60947-1:2007 applies to controllers and starters, with the following additions:

Data under c) to s) in 6.1 shall be included on the nameplate, or on the equipment, or in the manufacturer's published literature.

Data under items c), k) and q) in 6.1 shall be marked on the equipment; time-current characteristics (or range of characteristics) may be provided in the manufacturer's published literature.

6.3 Instructions for installation, operation, and maintenance

Subclause 5.3 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following addition.

For products complying with this standard, the following are specific items to be considered

- in the event of a short-circuit;
- in case of switching devices in bypassed controllers suitable only for restricted use (see 8.2.1.9);
- in the event of temperature rise above 50 K of the metallic radiator surface of the device.

The manufacturer of a starter incorporating an overload relay with a means allowing an automatic restart shall provide, with the starter, any necessary information to alert the user to the possibility of an automatic restart.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 6 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following exceptions:

7.1 Normal service conditions

Subclause 6.1 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following exceptions:

7.1.1 Ambient air temperature

Subclause 6.1.1 of IEC 60947-1:2007 applies with the exception that all references to -5°C are replaced by 0°C .

7.1.2 Altitude

The altitude of the site of installation does not exceed 1 000 m.

NOTE For equipment to be used at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength, and the cooling effect of the air. Electrical equipment intended to operate in these conditions are designed or used in accordance with an agreement between manufacturer and user.

7.1.3 Atmospheric conditions

7.1.3.1 Humidity

Subclause 6.1.3.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

7.1.3.2 Degrees of pollution

Unless otherwise stated by the manufacturer, controllers and starters are intended for use in pollution degree 3 environmental conditions, as defined in 6.1.3.2 of IEC 60947-1:2007. However, other pollution degrees may be considered to apply, depending upon the micro-environment.

7.1.4 Shock and vibrations

Subclause 6.1.4 of IEC 60947-1:2007 applies.

7.2 Conditions during transport and storage

Subclause 6.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

7.3 Mounting

Subclause 6.3 of IEC 60947-1:2007 applies, and for EMC considerations, see 8.3 and 9.3.5 below.

7.4 Electrical system disturbances and influences

For EMC considerations, see 8.3 and 9.3.5.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 General

Subclause 7.1.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.2 Materials

8.1.2.1 General materials requirements

Subclause 7.1.2.1 of IEC 60947-1:2007 applies

8.1.2.2 Glow wire testing

Subclause 7.1.2.2 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition.

When tests on the equipment or on sections taken from the equipment are used, parts of insulating materials necessary to retain current-carrying parts in position shall conform to the glow-wire tests of 8.2.1.1.1 in IEC 60947-1:2007 at a test temperature of 850 °C.

8.1.2.3 Test based on flammability category

Subclause 7.1.2.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.3 Current-carrying parts and their connections

Subclause 7.1.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.4 Clearances and creepage distances

Subclause 7.1.4 of IEC 60947-1:2007 applies with the following note.

NOTE The nature of a semiconductor makes it unsuitable for use for isolation purposes.

8.1.5 Actuator

Vacant.

8.1.6 Indication of the contact position

Vacant.

8.1.7 Additional requirements for equipment suitable for isolation

Vacant.

8.1.8 Terminals

Subclause 7.1.8 of IEC 60947-1:2007 applies with, however, the following additional requirements.

8.1.8.4 Terminal identification and marking

Subclause 7.1.8.4 of IEC 60947-1:2007 applies with additional requirements as given in Annex A.

8.1.9 Additional requirements for equipment provided with a neutral pole

Vacant.

8.1.10 Provisions for protective earthing

Subclause 7.1.10 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.11 Enclosures for equipment

Subclause 7.1.11 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.12 Degrees of protection of enclosed equipment

Subclause 7.1.12 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.1.13 Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits

Subclause 7.1.13 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

Auxiliary devices used in controllers and starters shall be operated in accordance with the manufacturer's instructions and their relevant product standard.

8.2.1.1.1 Controllers and starters shall be so constructed that they

- a) are trip free;
- b) can be caused to return to the OPEN or OFF-state by the means provided when running and at any time during the starting sequence or when performing any manoeuvre.

Compliance is verified in accordance with 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.2 Controllers and starters shall not malfunction due to mechanical shock or electromagnetic interference caused by operation of its internal devices.

Compliance is verified in accordance with 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.3 The moving contacts of the series mechanical switching device in hybrid controllers and starters shall be so mechanically coupled that all poles make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

8.2.1.2 Limits of operation of controllers and starters

Controllers or starters shall function satisfactorily at any voltage between 85 % and 110 % of their rated operational voltage, U_e , and rated control supply voltage, U_s , when tested according to 9.3.3.6.3. Where a range is declared, 85 % shall apply to the lower value, and 110 % to the higher.

8.2.1.3 Limits of operation of undervoltage relays and releases

Vacant

8.2.1.4 Limits of operation of shunt coil operated releases (shunt trip)

Vacant

8.2.1.5 Limits of operation of current sensing relays and releases

8.2.1.5.1 Relays and releases in starters

8.2.1.5.1.1 Limits of operation of time-delay overload relays when all poles are energized

8.2.1.5.1.1.1 General tripping requirements of overload relays

NOTE 1 The thermal protection of motors in the presence of harmonics in the supply voltage is under consideration.

The relays shall comply with the requirements of Table 5 when tested as follows:

- with the overload relay or starter in its enclosure, if normally fitted, and at A times the current setting, tripping shall not occur in less than 2 h starting from the cold state, at the value of reference ambient air temperature stated in Table 5. However, when the overload relay terminals have reached thermal equilibrium at the test current in less than 2 h, the test duration can be the time needed to reach such thermal equilibrium;
- when the current is subsequently raised to B times the current setting, tripping shall occur in less than 2 h;
- for class 2, 3, 5 and 10 A overload relays energized at C times the current setting, tripping shall occur in less than 2 min starting from thermal equilibrium, at the current setting, in accordance with 9.3.3 of IEC 60034-1:2010,

NOTE 2 Subclause 9.3.3 of IEC 60034-1:2010 states: "Polyphase motors having rated outputs not exceeding 315 kW and rated voltages not exceeding 1 kV shall be capable of withstanding a current equal to 1,5 times the rated current for not less than 2 min."

- for class 10, 20, 30 and 40 overload relays energized at C times the current setting, tripping shall occur in less than 4 min, 8 min, 12 min or 16 min respectively, starting from thermal equilibrium, at the current setting;
- at D times the current setting, tripping shall occur within the limits given in Table 4 for the appropriate trip class and tolerance band, starting from the cold state.

In the case of overload relays having a current setting range, the limits of operation shall apply when the relay is carrying the current associated with the maximum setting and also when the relay is carrying the current associated with the minimum setting.

For non-compensated overload relays, the current multiple/ambient temperature characteristic shall not be greater than 1,2 %/K.

NOTE 3 1,2 %/K is the derating characteristic of PVC-insulated conductors.

An overload relay is regarded as compensated if it complies with the relevant requirements of Table 5 at +20 °C and is within the limits shown in Table 20 at other temperatures.

Table 5 – Limits of operation of time-delay overload relays when energized on all poles

Type of overload relay	Multiples of current setting				Ambient air temperature values
	A	B	C	D	
Thermal type not compensated for ambient air temperature variations	1,0	1,2 ^b	1,5	7,2	+40 °C
Thermal type compensated for ambient air temperature variations	c	c	–	–	Less than 0 °C ^d
	1,05	1,3	1,5	–	0 °C

Type of overload relay	Multiples of current setting				Ambient air temperature values
	A	B	C	D	
	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	+20 °C
	1,0	1,2 ^b	1,5	–	+40 °C
	c	c	–	–	More than +40 °C ^d
Electronic type ^a	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	0 °C, +20 °C and +40 °C

^a This tests A, B and D shall only be done at 20 °C.

^b If specified by the manufacturer the tripping current could be different from 120 % but shall not exceed 125 %. In this case the test current value shall be equal to this tripping current value. In this case the tripping current value shall be marked on the product.

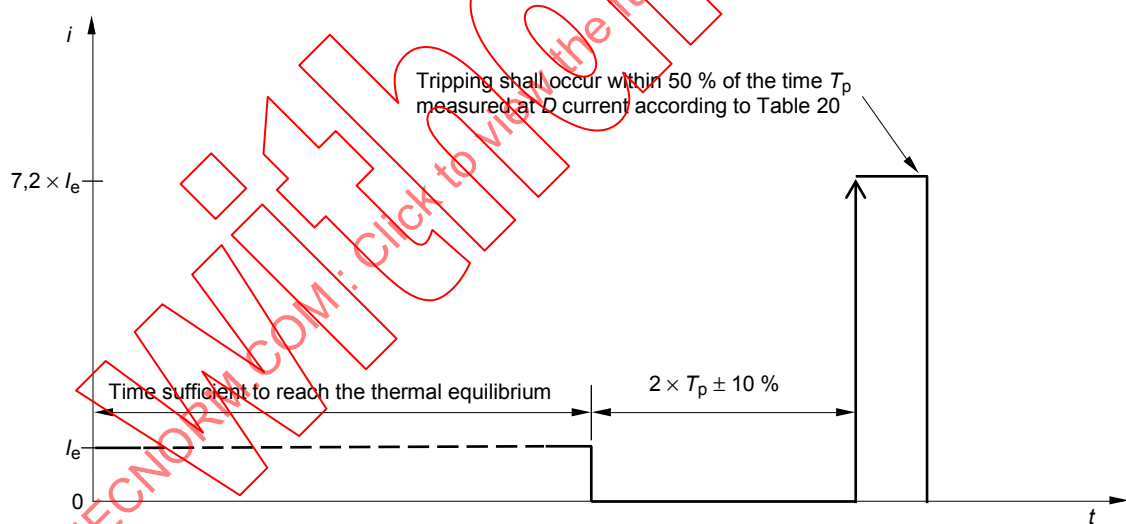
^c Multiples of current setting should be declared by the manufacturers.

^d See 9.3.3.6.5 for test outside the range 0 °C to +40 °C.

8.2.1.5.1.2 Thermal memory test verification

Unless the manufacturer has specified that the device does not contain thermal memory, electronic overload relays shall fulfil the following requirements (see Figure 3):

- apply a current equal to I_e until the device has reached the thermal equilibrium;
- interrupt the current for a duration of $2 \times T_p$ (see Table 4) with a relative tolerance of $\pm 10\%$ (where T_p is the time measured at the D current according to Table 5);
- apply a current equal to $7,2 \times I_e$;
- the relay shall trip within 50 % of the time T_p .



IEC 2199/06

Figure 3 – Thermal memory test

8.2.1.5.1.2 Limits of operation of three-pole time-delay overload relays energized on two poles

With reference to Table 6:

The overload relay or starter shall be tested in its enclosure if normally fitted. With the relay energized on three poles, at A times the current setting, tripping shall not occur in less than 2 h, starting from the cold state, at the value of the ambient air temperature stated in Table 6.

Moreover, when the value of the current flowing in two poles (in phase loss sensitive relays, those carrying the higher current) is increased to B times the current setting, and the third pole de-energized, tripping shall occur in less than 2 h.

The values shall apply to all combinations of poles.

In the case of overload relays having an adjustable current setting, the characteristics shall apply both when the relay is carrying the current associated with the maximum setting and when the relay is carrying the current associated with the minimum setting.

Table 6 – Limits of operation of three-pole time-delay overload relays when energized on two poles only

Type of overload relay	Multiples of current setting		Reference ambient air temperature
	A	B	
Thermal, compensated for ambient air temperature variations or electronic Not phase loss sensitive	3 poles 1,0	2 poles 1,32 1 pole 0	+20 °C
Thermal, not compensated for ambient air temperature variations Not phase loss sensitive	3 poles 1,0	2 poles 1,25 1 pole 0	+40 °C
Thermal, compensated for ambient air temperature variations or electronic Phase loss sensitive	2 poles 1,0 1 pole 0,9	2 poles 1,15 1 pole 0	+20 °C

8.2.1.5.2 Relays and releases associated with controllers

Relays and releases to be associated with a controller to provide protection for the motor shall operate within a time T_x at a current $X \times I_e$, where X and T_x are the values given by the declared rating index. In the case of more than one declared rating index, X and T_x are the values corresponding to the rating index giving the highest product $(XI_e)^2 \times T_x$.

8.2.1.5.3 Limits of operation of under-current relays

An under-current relay or release, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device within 90 % to 110 % of the set time when the current during operation is below 0,9 times the under-current setting in all poles.

8.2.1.5.4 Limits of operation of stall relays

A stall relay, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device within 80 % to 120 % of the set time (stall inhibit time) or within the accuracy specified by the manufacturer, when

- a) for current sensing relays, the current is 20 % higher than the set stall current value;

EXAMPLE Set current of the stall relay: 100 A; set time: 6 s; time setting accuracy: ± 10 %. The relay shall trip within 5,4 s and 6,6 s when the current is equal to or greater than $100 \text{ A} \times 1,2 = 120 \text{ A}$.

- b) for rotation sensing relays, an input signal indicating no motor rotation exists.

8.2.1.5.5 Limits of operation of jam relays and releases

A jam relay or release, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device within 80 % to 120 % of the set time (jam inhibit time) or within the accuracy specified by the manufacturer, when the current is above 1,2 times the set current value of the jam relay, during running after completion of the starting.

8.2.1.6 Type tested components in bypassed controllers

8.2.1.6.1 Switching devices which meet the requirements of their own relevant product standard shall be considered as partially type tested devices subject to the following additional requirements:

- a) the temperature rises of mechanical switching devices shall comply with 8.2.2;
- b) the making and breaking capacity of mechanical switching devices shall comply with 8.2.4.2;
- c) semiconductor switching devices shall comply with 8.2.4.1 for utilization category AC-53b.

8.2.1.6.2 For the purpose of setting requirements for bypassed controllers, switching devices which meet all of the requirements of 8.2.1.6.1, before they are installed, shall be identified as type tested components suitable for unrestricted use in a bypassed controller (see Annex J).

8.2.1.7 Dependent components in bypassed controllers

For the purpose of setting requirements for bypassed controllers, switching devices which do not meet all of the requirements of 8.2.1.6.1, before they are installed, shall be identified as dependent components suitable only for restricted use in a bypassed controller (see Annex J).

8.2.1.8 Unrestricted use of switching devices in bypassed controllers

When both the mechanical switching device and the semiconductor switching device are identified as type tested components, these devices shall be arranged and connected to comply with the assigned rating, duty and the end use intended by the manufacturer. There shall be no further restrictions.

8.2.1.9 Restricted use of switching devices in bypassed controllers

When either one or both switching devices are identified as dependent components, the switching devices shall comply with the following.

- a) the switching devices shall be combined, rated and tested as a unit;
- b) the switching devices shall be interlocked, by any combination of electrical, electronic and mechanical means, such that the mechanical switching contacts shall not be required to make or break overload currents without direct intervention by the semiconductor switching device;
- c) the semiconductor switching device shall be enabled to take over the control of the current flowing in the main circuit whenever it is necessary to make or break overload currents.

8.2.2 Temperature rise

The requirements of 7.2.2 of IEC 60947-1:2007 apply to controllers and starters in a clean, new condition.

NOTE Contact resistance due to oxidation may impact the temperature rise test at test voltages below 100 V. In the case of conducting the test at a voltage below 100 V, mechanical switching devices may have the contacts cleaned either by any nonabrasive method or by carrying out operating cycles with or without load several times prior to initiating the test at any voltage.

Temperature rise deviations on the metallic radiator surface of semiconductor devices are permitted: 50 K in the case where they need not be touched during normal operation.

If the limit of 50 K is exceeded, guarding and location to prevent danger is the responsibility of the installer. The manufacturer shall provide a suitable warning (for example symbol IEC 60417-5041 (2002-10)) in accordance with 6.3.

8.2.2.1 Terminal

Subclause 7.2.2.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.2.2 Accessible parts

Subclause 7.2.2.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.2.3 Ambient air temperature

Subclause 7.2.2.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.2.4 Main circuit

8.2.2.4.1 General

The main circuit of a controller or starter, which carries current in the full-on state, including the over-current releases which may be associated with it, shall be capable of carrying the current I_e without the temperature rises exceeding the limits specified in 7.2.2.1 of IEC 60947-1:2007 when tested in accordance with 9.3.3.3.4:

- for a controller or starter intended for 8 h duty: its conventional thermal current (see 5.3.2.1 and/or 5.3.2.2);
- for a controller or starter intended for uninterrupted duty, intermittent or temporary duty: the relevant rated operational current (5.3.2.3).

8.2.2.4.2 Series mechanical switching devices for hybrid controllers

For hybrid controllers, the temperature rise of the components in series with the main circuit shall be verified by the procedures given in 9.3.3.3.4 and 9.3.3.6.1 (see Table 16).

8.2.2.4.3 Parallel mechanical switching devices for bypassed controllers

- a) Devices identified as type tested components (see 8.2.1.6) shall be capable of carrying the current I_e without the temperature rises exceeding the limits specified in 7.2.2.1 of IEC 60947-1:2007.
- b) For devices identified as dependent components (see 8.2.1.7), the temperature rise shall be verified by the procedures given in 9.3.3.3.4 and 9.3.3.6.1 (including Table 10 and Table 16). The device shall be tested as an integral part of a unit where the prescribed on-load periods for the two switching devices (Table 10) shall be determined by a sequence of operations which is the same as intended in normal service.

8.2.2.4.4 Semiconductor devices connected in the main circuit

The temperature rise of the semiconductor devices connected in the main circuit shall be verified by the procedures given in 9.3.3.3.4 and 9.3.3.6.1 (thermal stability test).

8.2.2.5 Control circuits

Subclause 7.2.2.5 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.2.6 Windings of coils and electromagnets

8.2.2.6.1 Uninterrupted and 8 h duty windings

With the maximum value of current flowing through the bypass circuit, the windings of the coils, including those of electrically operated valves of electropneumatic contactors or starters, shall withstand under continuous load and at rated frequency, if applicable, their maximum rated control supply voltage without the temperature rise exceeding the limits specified in Table 7 of this standard and 7.2.2.2 of IEC 60947-1:2007.

NOTE The temperature rise limits given in Table 7 of this standard and in 7.2.2.2 of IEC 60947-1:2007 are applicable only if the ambient air temperature remains within the limits of 0 °C to +40 °C.

8.2.2.6.2 Intermittent duty windings

With no current flowing through the bypass circuit, the windings of the coils shall withstand, at the rated frequency if applicable, their maximum rated control supply voltage applied as detailed in Table 8 according to their intermittent duty class, without the temperature rise exceeding the limits specified in Table 7 of this standard and 7.2.2.2 of IEC 60947-1:2007.

NOTE The temperature rise limits given in Table 7 of this standard and in 7.2.2.2 of IEC 60947-1:2007 are applicable only if the ambient air temperature remains within the limits of 0 °C to +40 °C.

8.2.2.6.3 Specially rated (temporary or periodic duty) windings

Specially rated windings shall be tested under operating conditions corresponding to the most severe duty for which they are intended and their ratings shall be stated by the manufacturer.

NOTE Specially rated windings may include coils of starters which are energized during the starting period only, trip coils of latched contactors and certain magnetic valve coils for inter-locking pneumatic contactors or starters.

Table 7 – Temperature rise limits for insulated coils in air and in oil

Class of insulating material (according to IEC 60085)	Temperature rise limit (measured by resistance variation) K	
	Coils in air	Coils in oil
A	85	60
E	100	60
B	110	60
F	135	–
H	160	–

Table 8 – Intermittent duty test cycle data

Intermittent duty class		One close-open operating cycle every	Interval of time during which the supply to the control coil is maintained
Contactors	Starters		
1	1	3 600 s	On time should correspond to the on-load factor specified by the manufacturer
3	3	1 200 s	
12	12	300 s	
30	30	120 s	
120		30 s	
300		12 s	
1 200		3 s	

8.2.2.7 Auxiliary circuits

Subclause 7.2.2.7 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.2.8 Other parts

Subclause 7.2.2.8 of IEC 60947-1:2007 applies, replacing words “plastics and insulating materials” with “insulating parts”.

8.2.3 Dielectric properties

The following requirements are based on the principles of the IEC 60664 series and provide the means of achieving coordination of insulation of equipment with the conditions within the installation.

The equipment shall be capable of withstanding

- the rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3) in accordance with the overvoltage category given in Annex H of IEC 60947-1:2007;
- the impulse withstand voltage across the contact gaps of devices suitable for isolation as given in Table 14 of IEC 60947-1:2007;
- the power-frequency withstand voltage.

NOTE 1 A direct voltage may be used instead, provided its value is not less than the projected alternating test voltage crest value.

NOTE 2 The correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment is given in Annex H of IEC 60947-1:2007.

The rated impulse withstand voltage for a given rated operational voltage (see Notes 1 and 2 of 4.3.1.1 of IEC 60947-1:2007) shall be not less than that corresponding in Annex H of IEC 60947-1:2007 to the nominal voltage of the supply system of the circuit at the point where the equipment is to be used, and the appropriate overvoltage category.

The requirements of this subclause shall be verified by the tests of 9.3.3.4.

8.2.3.1 Impulse withstand voltage

1) Main circuit

Subclause 7.2.3.1 1) of IEC 60947-1:2007 applies.

2) Auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.3.1 2) of IEC 60947-1:2007 applies with 2) a) modified as follows:

- a) For auxiliary and control circuits which operate directly from the main circuit at the rated operational voltage, clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall withstand the test voltage given in Table 12 of IEC 60947-1:2007 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

NOTE Solid insulation of equipment associated with clearances should be subjected to the impulse voltage.

8.2.3.2 Power-frequency withstand voltage of the main, auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.3.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.3.3 Clearances

Subclause 7.2.3.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.3.4 Creepage distances

Subclause 7.2.3.4 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.3.5 Solid insulation

Subclause 7.2.3.5 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.3.6 Spacing between separate circuits

Subclause 7.2.3.6 of IEC 60947-1:2007 applies.

8.2.4 Normal load and overload performance requirements

Requirements concerning normal load and overload characteristics according to 5.3.5 are given in 8.2.4.1 and 8.2.4.2.

8.2.4.1 Operating capability requirements

Controllers and starters shall be required to establish an ON-state, to commute, to carry designated levels of overload currents, and to establish and sustain an OFF-state condition without failure or any type of damage when tested according to 9.3.3.6.

For controllers that are designated for utilization categories AC-52a, AC-53a, AC-58a, values of T_x corresponding to X values shall not be less than those given in Table 9. For corresponding starters, T_x shall be the maximum tripping time of its overload relay in hot state declared by the manufacturer.

Controllers and starters that are designated for utilization categories AC-52b, AC-53b and AC-58b may be designated for those applications where long accelerating times are required. It must be understood that the maximum thermal capacity of the controller may be depleted fully during the on-load period. Therefore, a suitable off-load period (for example by bypass means) shall be provided for the controller immediately after the starting time has expired. The values of T_x corresponding to X values shall not be less than those given in Table 9. For corresponding starters, T_x shall be the maximum tripping time of its appropriate overload relay.

Where no current-limit function exists, or does not exist in the FULL-ON state, then $X \times I_e = I_{LRP}$. In a locked rotor situation arising while the motor has been running at normal speed, the controller or starter shall be permitted to establish an OFF-state condition in shorter times than those given, provided it is equipped with a suitable overload protection.

Ratings shall be verified under the conditions stated in Table 10 and Table 11 of this standard, and in the relevant parts of 8.3.3.5.2, 8.3.3.5.3, and 8.3.3.5.4 of IEC 60947-1:2007.

Where $X \times I_e$ is greater than 1 000 A, verification of the overload capability shall be subject to agreement between manufacturer and user (for example by computer modelling).

In Table 10 and Table 11, the duty cycle for utilization categories AC-52a, AC-53a, AC-58a (F-S = 60-1), and the off-time for utilization categories AC-52b, AC-53b, AC-58b (off-time = 1 440 s), are the least severe requirements for one start per hour. The manufacturer may claim compliance with a more severe duty, in which case he shall conduct a test for the most severe duty in accordance with Table 3. If a controller has already been tested and rated for a duty that is more severe than the standard duty, the manufacturer may assign the same rating for standard duty without further testing.

For utilization categories AC-52a, AC-53a, AC-58a, more severe test values for ON-time and OFF-time may be calculated by:

$$\text{ON-time (seconds)} = 36 \text{ F/S}$$

$$\text{OFF-time (seconds)} = 36 (100-F)/S$$

For utilization categories AC-52b, AC-53b, AC-58b, the manufacturer may claim compliance with the capability to perform starting duty operations with OFF-times that are less than the 1 440 s that are allowed as standard. However, this shall be verified by testing with the OFF-time declared by the manufacturer.

For controllers or starters intended for intermittent, temporary, or periodic duty the manufacturer shall select from the arrays for F and S given in 5.3.4.6.

Table 9 – Minimum overload current withstand time (T_x) in relation to overload current ratio (X) and corresponding to overload relay trip class (see Table 19)

Designation (included as a guide only)	Minimum overload current withstand time, T_x s						
	$X = 8$	$X = 7$	$X = 6$	$X = 5$	$X = 4$	$X = 3$	$X = 2$
2	0,7	0,9	1,2	1,8	2,7	5	11
3	1	1,3	1,8	2,6	4	7	16
5	1,2	1,5	2	3	4,6	8,3	19
10A	1,6	2	3	4	6	12	26
10	3	4	6	8	13	23	52
20	5	6	9	12	19	35	78
30	7	9	13	18	29	52	112
40	11	15	20	29	45	80	180

Table 10 – Minimum requirements for thermal stability test conditions ^a

Utilization category	Form of controller ^e	Test current (<i>I_T</i>) Operating cycle ON-time				Operating cycle OFF-time s
		Test level 1 ^a		Test level 2 ^a		
		<i>I_T</i>	ON-time ^b	<i>I_T</i>	ON-time ^b	
		AC-52a	1, H1	<i>XI_e</i>	<i>T_x</i>	
AC-53a	2, H2	0,75 <i>I_{LRP}</i>				
AC-58a	3, H3	<i>I_{LRP}</i>				
AC-52b	1, H1	<i>XI_e</i>	<i>T_x</i>	Zero ^c	Zero ^c	≤1 440
AC-53b	2, H2	0,75 <i>I_{LRP}</i>				
AC-58b	3, H3	<i>I_{LRP}</i>				

Parameters of the test circuit:

I_e = rated operational current

I_T = test current

U_T = test voltage (may be any value)

Cos φ = test circuit power factor (may be any value)

Number of operating cycles ^d

^a Changeover time from level 1 to level 2 shall not be greater than three full periods of the power frequency.

^b For a starter or a controller intended to be used only together with a specified overload relay, *T_x* is replaced by the maximum operating time allowed by the tolerances of its overload relay in the hot state.

^c Level 2 is not applicable for AC-52b, AC-53b and AC-58b because this is an off-load period.

^d The number of operating cycles will depend upon the length of time required for the controller to reach thermal equilibrium.

^e For bypassed controllers refer to 8.2.2.4.3 and 8.2.2.4.4.

Table 11 – Minimum requirements for overload capability test conditions

Utilization category	Parameters of the test circuit			Operating cycle ^d ON-time s	Operating cycle ^d off time s	Number of operating cycles
	I_{LRP} / I_e	U_r / U_e^a	$\cos \varphi^b$			
AC-52a AC-52b	4	1,05	0,65	T_x^c	$\leq 1\,440$	3
AC-53a AC-53b	8		e			
AC-58a AC-58b	6		e			

I_{LRP} prospective locked rotor current

I_e rated operational current

U_e rated operational voltage

U_r power frequency recovery voltage

Temperature conditions:

Initial case temperature, C_i , for each test shall be not less than 40 °C plus the maximum case temperature rise during the temperature rise test (see 9.3.3.3). During the test, the ambient air temperature shall be between +10 °C and +40 °C.

a $U_r / U_e = 1,05$ for the last three full periods of power frequency of the ON-time, plus the first second of the OFF-time (full voltage period). U_r / U_e may be any value during the time when the full voltage period is not in effect (reduced voltage period).

b The characteristics of the circuit ($\cos \varphi$ and maximum possible current) are mandatory during the full voltage period. During the reduced voltage period, the characteristics of the circuit are not mandatory provided the load circuit permits a current higher than $X \times I_e$.

c For a starter or a controller intended to be used only together with a specified overload relay, T_x is replaced by the maximum operating time allowed by the tolerances of its overload relay in the hot state, which is the state of thermal equilibrium reached during the temperature rise test (see 9.3.3.3).

d Changeover time shall not be greater than three full periods of the power frequency.

e For $I_e \leq 100$ A: $\cos \varphi = 0,45$, for $I_e > 100$ A: $\cos \varphi = 0,35$.

Table 12 – Minimum requirements and conditions for performance testing with an induction motor load

Utilization category	Test motor parameters				External mechanical load parameters
	K	U / U_e	Power	$\cos \varphi$	
AC-52a AC-52b	≥ 4	a	a	a	a
AC-53a AC-53b					
AC-58a AC-58b					
K ratio of locked rotor current to rated full load current of the test motor.					
During the test, the motor and the ambient air may be at any temperature between +10 °C and +40 °C.					
a The characteristics of the induction motor test load are specified in 8.2.4.3.					

8.2.4.2 Making and breaking capacities for devices in the main circuit

8.2.4.2.1 General

The controller or starter, including the over-current releases and the mechanical switching devices associated with it, shall be capable of operating without failure in the presence of locked rotor motor current (starting current and overload current).

The capability of making and breaking currents without failure shall be verified under the conditions stated in both Table 13 and Table 14, for the required utilization categories, and the number of operations indicated.

8.2.4.2.2 Series mechanical switching devices of hybrid controllers

The series mechanical switching devices in the main circuit of controllers and starters shall meet the requirements of their own product standards, and the additional requirements of 8.2.4.2 when tested as a stand-alone device.

For bypassed hybrid controllers and starters (see Figure 1), the series mechanical switching device may be designated with a duty rating that is aligned with the intermittent duty rating (for example AC-53b) of the semiconductor controller.

The making and breaking capacity shall be verified by the procedures of 9.3.3.5.1 and 9.3.3.5.2.

8.2.4.2.3 Type tested, parallel mechanical switching devices of bypassed controllers

The making and breaking capacity shall be verified when tested as a stand-alone device in accordance with the procedures of 9.3.3.5.1 and 9.3.3.5.3.

8.2.4.2.4 Dependent, parallel mechanical switching devices of bypassed controllers

The making and breaking capacity shall be verified when tested as a combined unit in accordance with the procedures of 9.3.3.5.1 and 9.3.3.5.4.

8.2.4.2.5 Semiconductor switching devices

The capability to control overload currents shall be verified by the procedures of 9.3.3.6.2 and 9.3.3.6.3.

8.2.4.3 Requirements for an induction motor test load

The induction motor test load shall feature a four-pole squirrel cage motor with the following characteristics:

- a) the rated voltage of the motor shall be equal to or greater than U_e for the device to be tested;
- b) when the motor is running, the test current through the motor and the controller may be any value greater than 1 A;
- c) the power factor of the motor may be of any value;
- d) the inner connections of the motor windings may be of any configuration (for example star, delta);
- e) the parameters of the mechanical load connected to the motor shaft shall be adjusted to produce a decelerating time from base speed to zero speed within the range of 2 s to 4 s.

Utilization category	Make and break conditions					Number of operating cycles
	I_c/I_e	U_r/U_e	Cos φ	ON-time s	OFF-time s	
AC-52a, b	4,0	1,05	0,65	0,05	b	50
AC-53a, b	8,0		a			
AC-58a, b	6,0		a			
I_c = current made and broken, expressed in a.c. r.m.s symmetrical values I_e = rated operational current U_e = rated operational voltage U_r = power frequency recovery voltage a For $I_e \leq 100$ A: Cos $\varphi = 0,45$ For $I_e > 100$ A: Cos $\varphi = 0,35$ b OFF-time shall not be greater than the values given in the chart.						
		Current I_c A		OFF-time s		
		$I_c \leq 100$		10		
		$100 < I_c \leq 200$		20		
		$200 < I_c \leq 300$		30		
		$300 < I_c \leq 400$		40		
		$400 < I_c \leq 600$		60		
		$600 < I_c \leq 800$		80		
		$800 < I_c \leq 1\,000$		100		
		$1\,000 < I_c \leq 1\,300$		140		
		$1\,300 < I_c \leq 1\,600$		180		
		$1\,600 < I_c$		240		

Utilization category	Make and break conditions					Number of operating cycles
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \varphi$	ON-time s	OFF-time s	
AC-52a, b	2,0	1,05	0,65	0,05	b	6 000
AC-53a, b	2,0	1,05	a			
AC-58a, b	6,0	1,05	0,35	1 10	9 90	5 900 100

I_c = current made and broken, expressed in a.c. r.m.s. symmetrical values
 I_e = rated operational current
 U_e = rated operational voltage
 U_r = power frequency recovery voltage

a For $I_e \leq 100$ A: $\cos \varphi = 0,45$
 For $I_e > 100$ A: $\cos \varphi = 0,35$

b OFF-times shall not be greater than the values given in Table 13.

8.2.5 Co-ordination with short-circuit protective devices

8.2.5.1 Performance under short-circuit conditions

The rated conditional short-circuit current of controllers and starters backed up by short-circuit device(s) (SCPDs) shall be verified by short-circuit tests as specified in 9.3.4. These tests are mandatory.

The rating of the SCPD shall be adequate for any given rated operational current, rated operational voltage and the corresponding utilization category.

Two types of co-ordination are permissible, type 1 or type 2. Test conditions for both are given in 9.3.4.3.

Type 1 co-ordination requires that, under short-circuit conditions, the device shall cause no danger to persons or installation and may not be suitable for further service without repair and replacement of parts.

Type 2 co-ordination requires that, under short-circuit conditions, the device shall cause no danger to persons or installation and shall be suitable for further use. For hybrid controllers and starters, the risk of contact welding is recognized, in which case the manufacturer shall indicate the measures to be taken as regards the maintenance of the equipment.

NOTE Use of a SCPD not in compliance with the manufacturer's recommendations may invalidate the co-ordination.

8.2.5.2 Co-ordination at the crossover current between the starter and the SCPD

This may be verified by a special test (see 9.1.5).

8.3 EMC requirements

8.3.1 General

It is widely accepted that the achievement of electromagnetic compatibility between different items of electrical and electronic apparatus is a desirable objective. Indeed, in many countries, mandatory requirements for EMC exist.

The requirements specified in the following subclauses are included to permit the achievement of electromagnetic compatibility for controllers and starters. All relevant immunity and emission requirements are covered, and additional tests are not required or necessary. EMC performance is not guaranteed in the event that the controller or starter is subject to electronic component failure. These conditions are not considered, and do not form part of the test requirements.

All phenomena, whether emission or immunity, are considered individually: the limits given are for conditions which are not considered to have cumulative effects.

For EMC test, the minimum system to be considered is the controller or starter interconnected with a motor and cables. The tests are to be conducted as follows:

For immunity tests, the complete duty cycle of the Soft starter is to be considered, including the starting time and the stopping time.

For emission limit tests, only the steady state condition is to be considered.

NOTE 1 Under consideration, no suitable measurement technique and equipment are currently available for non-steady states conditions.

NOTE 2 It is the responsibility of the installer (who may also be the manufacturer of controllers and starters) to ensure that systems containing controllers or starters comply with any requirements applicable at the systems level.

These clauses do not describe or affect the safety requirements for a controller or starter such as protection against electric shocks, insulation co-ordination, and related dielectric tests, unsafe operation, or unsafe consequence of a failure.

8.3.2 Emission

Subclause 7.3.3.2 of IEC 60947-1:2007 applies according to the relevant set of environmental conditions defined in 7.3.1 of IEC 60947-1:2007. The relevant set of environmental condition must be stated in the information to be given with the equipment.

8.3.2.1 Low-frequency emission with reference to main power frequency

8.3.2.1.1 Harmonics

Subclause 7.3.3.2.2 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition:

Because no significant harmonic emissions are produced in the FULL-ON state, tests are not required on those controllers or starters which run only in the FULL-ON state or which are by-passed by a mechanical switching device after completing a start, for example, Forms 2 and 3 and certain Form 1 controllers or starters.

8.3.2.1.2 Voltage fluctuation

This phenomenon does not arise from the action of a controller or starter, therefore no tests are required.

8.3.2.2 High-frequency emission

8.3.2.2.1 Conducted radio-frequency (RF) emission

The limits given in Table 19 shall be verified in accordance with the procedures of 9.3.5.1.1.

8.3.2.2.2 Radiated emission

The limits given in Table 20 shall be verified in accordance with the procedures of 9.3.5.1.2.

8.3.3 Immunity

8.3.3.1 General

Electrical system influences may be destructive or non-destructive, depending on the intensity of the influence. Destructive influences (voltage or current) cause irreversible damage to a controller or starter. Non-destructive influences may cause temporary malfunction or abnormal operation, but the controller or starter returns to normal operation after the influence is minimized or removed; in some cases, this may require manual intervention.

The manufacturer should be consulted in those instances where severe external influences may occur, which are greater than the levels for which the controller or starter has been tested, for example installations in remote locations with long power transmission lines; close proximity to ISM equipment as defined in CISPR 11.

NOTE The careful application of decoupling practices during installation helps to minimize the external transient influences. For example, control circuit wiring should be separated from power circuit wiring. Where closely coupled wiring cannot be avoided, twisted pairs or shielded wiring should be used for control circuit connections.

A number of requirements are listed. The test results are specified using the performance criteria of the IEC 61000-4 series. For convenience, the performance criteria are quoted here, and described in more specific detail in Table 15.

These are

- 1) normal performance within the specification limits;
- 2) temporary degradation, or loss of function or performance, which is self-recoverable;
- 3) temporary degradation, or loss of function or performance which requires operator intervention or system reset. Normal functions must be restorable by simple intervention, such as by manual reset or restart. There must not be any damaged components.

In Table 15, the acceptance criteria are described for overall performance (A), which are used when a complete controller or starter is tested. When it is not possible to test the complete controller or starter, the functional element performances (B,C,D) are to be used.

Table 15 – Specific acceptance or performance criteria when EM disturbances are present

Item	Acceptance criteria (performance during test)		
	1	2	3
A Overall performance	No noticeable changes of the operating characteristic. Operating as intended.	Noticeable changes (visual or audible) of the operating characteristic. Self-recoverable.	Changes in operating characteristic. Triggering of protective devices. Not self-recoverable.
B Operation of power and driving circuits	No maloperation.	Temporary maloperation which cannot cause tripping, or erratic and audible changes in motor torque.	Shut down. Triggering of protective devices. Not self-recoverable.
C Operation of displays and control panels	No changes to visible display information. Only slight light intensity fluctuation of LEDs, or slight movement of characters.	Temporary visible changes or loss of information. Undesired LED illumination	Shut down. Permanent loss or display of wrong information. Unpermitted operating mode. Not self-recoverable.
D Information processing and sensing functions	Undisturbed communication and data interchange to external devices.	Temporarily disturbed communication, with possible error reports of the internal and external devices.	Erroneous processing of information. Loss of data and/or information. Errors in communication. Not self-recoverable.

8.3.3.2 Electrostatic discharge

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.1.

8.3.3.3 Radio-frequency electromagnetic field

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.2.

8.3.3.4 Fast transients (common mode) (5/50 ns)

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.3.

8.3.3.5 Surges (1,2/50/μs-8/20/μs)

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.4.

8.3.3.6 Harmonics and commutation notches

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.5.

8.3.3.7 Voltage dips and short time interruptions

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.6.

8.3.3.8 Power frequency magnetic field

Tests are not required. Immunity is demonstrated by the successful completion of the operating capability test (see 9.3.3.6).

9 Tests

9.1 Kinds of tests

9.1.1 General

Subclause 8.1.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of controllers and starters of all forms with this standard. They comprise the verification of

- a) temperature-rise limits (9.3.3.3);
- b) dielectric properties (9.3.3.4);
- c) operating capability (9.3.3.6);
- d) operation and operating limits (9.3.3.6.3);
- e) rated making and breaking capacity and conventional operational performance of series mechanical switching devices of hybrid equipment (9.3.3.5);
- f) performance under short-circuit conditions (9.3.4);
- g) mechanical properties of terminals (8.2.4 of IEC 60947-1:2007 applies);
- h) degrees of protection of enclosed controllers and starters (Annex C of IEC 60947-1:2007 applies);
- i) EMC tests (9.3.5).

9.1.3 Routine tests

Subclause 8.1.3 of IEC 60947-1:2007 applies where sampling tests (9.1.4) are not made instead.

Routine tests for controllers and starters comprise

- operation and operating limits (9.3.6.2);
- dielectric tests (9.3.6.3).

9.1.4 Sampling tests

Sampling tests for controllers and starters comprise

- operation and operating limits (9.3.6.2);
- dielectric tests (9.3.6.3).

Subclause 8.1.4 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following amplification:

A manufacturer may use sampling tests instead of routine tests at his own discretion. Sampling shall meet or exceed the following requirements, as specified in IEC 60410 (see Table II-A of IEC 60410:1973).

Sampling is based on AQL ≤ 1 :

- acceptance number $A_c = 0$ (no defect accepted);
- rejection number $R_e = 1$ (if 1 defect, the entire lot shall be tested).

Sampling shall be made at regular intervals for each specific lot.

Alternative statistical methods that ensure compliance with the above IEC 60410 requirements can be used, for example statistical methods controlling continuous manufacturing or process control with capability index.

Sampling tests for clearance verification according to 8.3.3.4.3 of IEC 60947-1:2007 are under consideration.

9.1.5 Special tests

9.1.5.1 General

Special tests comprise verification of co-ordination at the crossover current between the starter and the SCPD (see Annex C) and those tests covered under 9.1.5.2.

9.1.5.2 Special tests – damp heat, salt mist, vibration and shock

For these special tests, Annex Q of IEC 60947-1:2007 applies. The conditions of application are under consideration.

9.2 Compliance with constructional requirements

Subclause 8.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3 Compliance with performance requirements

9.3.1 Test sequences

Each test sequence is made on a new sample.

NOTE 1 With the agreement of the manufacturer, more than one test sequence, or all sequences, may be conducted on one sample. However, the tests are to be conducted in the sequence given for each sample.

NOTE 2 Some tests are included in the sequences solely to reduce the number of samples required; the results have no significance for the preceding or following tests in the sequence. Therefore, for convenience of testing and by agreement with the manufacturer, these tests may be conducted on separate new samples and omitted from the relevant sequence. This only applies to the following tests when called for:

8.3.3.4.1 item 7) of IEC 60947-1:2007: *Verification of creepage distance*;

8.2.4 of IEC 60947-1:2007: *Mechanical properties of terminals*;

Annex C of IEC 60947-1:2007: *Degrees of protection of enclosed equipment*.

The test sequence shall be as follows:

a) Test sequence I

- 1) Verification of temperature rise (9.3.3.3)
- 2) Verification of dielectric properties (9.3.3.4)
- b) *Test sequence II: Operating capability verification (9.3.3.6)*
 - 1) Thermal stability test (9.3.3.6.1)
 - 2) Overload capability test (9.3.3.6.2)
 - 3) Blocking and commutating capability test (9.3.3.6.3), including verification of operation and operating limits
- c) *Test sequence III*
Performance under short-circuit conditions (9.3.4)
- d) *Test sequence IV*
 - 1) Verification of mechanical properties of terminals (8.2.4 of IEC 60947-1:2007)
 - 2) Verification of degrees of protection of enclosed equipment (Annex C of IEC 60947-1:2007)
- e) *Test sequence V*
EMC tests (9.3.5)
- f) *Test sequence VI*
Tripping test (9.3.3.6.5)

9.3.2 General test conditions

Subclause 8.3.2 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition.

Except for devices specifically rated for only one frequency, tests performed at 50 Hz cover 60 Hz applications and vice-versa.

The selection of samples to be tested for a series of devices with the same fundamental design and without a significant difference in construction shall be based on engineering judgement.

Unless otherwise specified in the relevant test clause, the clamping torque for connections shall be that specified by the manufacturer or, if not specified, the torque given in Table 4 of IEC 60947-1:2007.

In the case where several heat sinks are specified, the one which has the higher thermal resistance shall be used.

True r.m.s. voltage and current measuring means shall be used.

9.3.3 Performance under no load, normal load, and overload conditions

9.3.3.1 Vacant

9.3.3.2 Vacant

9.3.3.3 Temperature rise

9.3.3.3.1 Ambient air temperature

Subclause 8.3.3.3.1 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.3.3.2 Measurement of the temperature of parts

Subclause 8.3.3.3.2 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.3.3.3 Temperature rise of a part

Subclause 8.3.3.3.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.3.3.4 Temperature rise of the main circuit

Subclause 8.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2007 applies with the exception that a single phase test shall be conducted with all poles in the main circuit loaded at their individual maximum rated currents and as stated in 8.2.2.4, and with the following additions:

For semiconductor switching devices connected in the main circuit (see 8.2.2.4), temperature sensing means shall be attached to the outer surface of the case of the semiconductor switching device that is most likely to produce the highest temperature rise during this test. The final case temperature, C_f , and the final ambient temperature, A_f , shall be recorded for use in the test of 9.3.3.6.2.

For mechanical switching devices (see 8.2.2.4.2 and 8.2.2.4.4), temperature sensing means shall be attached in accordance with the requirements of 8.3.3.3 of IEC 60947-1:2007.

All auxiliary circuits which normally carry current shall be loaded at their maximum rated operational current (see 5.6), and the control circuits shall be energized at their rated voltages.

Starters shall be fitted with an overload relay, complying with 5.7, and selected as follows:

- non-adjustable relay:
the current setting shall be equal to the maximum operational current of the starter, and the test shall be at this current;
- adjustable relay:
the maximum current setting shall be that which is nearest to, but not greater than, the maximum operational current of the starter.

For starters, the test shall be made with that overload relay for which the current setting is nearest to the maximum of its scale.

NOTE The selection method described above is designed to ensure that the temperature rise of these field wiring terminals of the overload relay, and the power dissipated by the starter, are not less than those that will occur under any combination of relay and controller. In cases where the effect of the overload relay on these values is insignificant (as in solid-state overload relays), the test current should always be the maximum operational current of the starter.

9.3.3.3.5 Temperature rise of control circuits

Subclause 8.3.3.3.5 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following addition:

The temperature rise shall be measured during the test of 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Temperature rise of coils and electromagnets

Subclause 8.3.3.3.6 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition:

Electromagnets of contactors or starters intended for duty within semiconductor controllers or for mechanical bypass switching means shall comply with 8.2.2.6 with rated current flowing through the main circuit for the duration of the test. The temperature rise shall be measured during the test of 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.7 Temperature rise of auxiliary circuits

Subclause 8.3.3.3.7 of IEC 60947-1:2007 applies, with the following addition:

The temperature rise shall be measured during the test of 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Dielectric properties

9.3.3.4.1 Type tests

(1) General conditions for withstand voltage tests

Subclause 8.3.3.4.1 1) of IEC 60947-1:2007 applies except the last note. See also 8.2.3.

(2) Verification of impulse withstand voltage

a) General

Subclause 8.3.3.4.1 2) a) of IEC 60947-1:2007 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 2) b) of IEC 60947-1:2007 applies with the following sentence added.

For any part for which the dielectric properties are not sensitive to altitude (for example opto-coupler, potted parts, etc.) the correction factor for altitude is not applicable.

c) Application of test voltage

With the equipment mounted and prepared as specified in item 1) above, the test voltage is applied as follows:

- i) between all the terminals of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the enclosure or mounting plate, with the contacts, if any, in all normal positions of operation;
- ii) for poles of the main circuit declared galvanically separated from the other poles: between each pole and the other poles connected together and to the enclosure or mounting plate, with the contacts, if any, in all normal positions of operation;
- iii) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and
 - the main circuit;
 - the other circuits;
 - the exposed conductive parts;
 - the enclosure or mounting plate, which, wherever appropriate, may be connected together;
- iv) for equipment suitable for isolation, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together. The test voltage shall be applied between the line and load terminals of the equipment with the contacts in the isolated open position and its value shall be as specified in item 1) b) of 7.2.3.1 of IEC 60947-1:2007.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 2) d) of IEC 60947-1:2007 applies.

(3) Power-frequency withstand verification of solid insulation

a) General

Subclause 8.3.3.4.1 3) a) of IEC 60947-1:2007 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 3) b) of IEC 60947-1:2007 applies with the following sentence added at the end of the first paragraph.

If an alternating test voltage cannot be applied due to the EMC filter components, which cannot easily be disconnected, a direct test voltage may be used having the same value as the crest value of the projected alternating test voltage.

c) Application of test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 3) c) of IEC 60947-1:2007 applies with the two last sentences modified as follows:

The test voltage shall be applied for 5 s, with the following conditions:

- in accordance with items i), ii) and iii) of 2) c) above;
- for hybrid semiconductor controller or starters, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 3) d) of IEC 60947-1:2007 applies.

(4) Power-frequency withstand verification after switching and short-circuit tests

a) General

Subclause 8.3.3.4.1 4) a) of IEC 60947-1:2007 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 4) b) of IEC 60947-1:2007 applies.

c) Application of test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 4) c) of IEC 60947-1:2007 applies with the following sentence added at the end of the paragraph.

The use of a metal foil, as mentioned in 8.3.3.4.1 1) of IEC 60947-1:2007, is not required.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 4) d) of IEC 60947-1:2007 applies.

(5) Vacant

(6) Verification of d.c. withstand voltage

Subclause 8.3.3.4.1 6) of IEC 60947-1:2007 applies.

(7) Verification of creepage distances

Subclause 8.3.3.4.1 7) of IEC 60947-1:2007 applies.

(8) Verification of leakage current of equipment suitable for isolation

The maximum leakage current shall not exceed the values of 7.2.7 of IEC 60947-1:2007.

9.3.3.4.2 Vacant

9.3.3.4.3 Sampling tests for verification of clearances

(1) General

Subclause 8.3.3.4.3 1) of IEC 60947-1:2007 applies.

(2) Test voltage

The test voltage shall be that corresponding to the rated impulse withstand voltage.

Sampling plans and procedure are under consideration.

(3) Application of test voltage

Subclause 8.3.3.4.3 3) of IEC 60947-1:2007 applies.

(4) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.3 4) of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.3.5 Making and breaking capacity of mechanical switching devices

9.3.3.5.1 General

It shall be verified that mechanical switching devices meet the requirements of 8.2.4.2.

If the mechanical switching device has not passed previous tests, compliance with the following subclauses of 8.2.4.2 is required. The making and breaking capacity shall be verified in accordance with 8.3.3.5 of IEC 60947-1:2007.

9.3.3.5.2 Series mechanical switching devices of hybrid controllers

- a) The subject device may be tested as a separate component, or
- b) the complete hybrid controller may be tested with the subject devices installed as in normal service and with the semiconductor components of each pole shorted out.

9.3.3.5.3 Type tested, parallel mechanical switching devices of bypassed controllers

The subject device shall be tested as a separate device.

9.3.3.5.4 Dependent, parallel mechanical switching devices of bypassed controllers

The complete unit with bypass installed shall be tested as in normal service. The operational sequence, to simulate starting and stopping, shall be the same as in normal service.

9.3.3.6 Operating capability

Compliance with the operating capability requirements of 8.2.4.1 shall be verified by the following three tests:

- thermal stability test;
- overload capability test;
- blocking and commutation capability test.

The tests simulate 8 h duty.

Connections to the main circuit shall be similar to those intended to be used when the equipment is in service. The control voltage shall be fixed at 110 % of the rated control supply voltage, U_s .

If the controller within a starter has satisfied the requirements of a previous operating capability test, and meets the requirements for assigning ratings based on the results of test as given in 5.4.2, the starter need not be tested.

Table 16 – Thermal stability test specifications

Item	Level	Instructions
Test objective	To verify that the temperature variation between successive identical operating cycles in a sequence reduces to less than 5 % within an 8 h period. To verify that the temperature rise of the accessible terminals of the mechanical switching device in the main circuit does not exceed the limit prescribed by Table 2 of IEC 60947-1:2007.	
Test duration	Run test until	$\Delta_n \leq 0,05$ or 8 h have elapsed $\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1})/(C_{n-1})$
Test conditions	Table 10	
EUT temperature	C_n , case temperature	Temperature sensing means attached to the outer surface of one semiconductor switching device (9.3.3.3.4). Monitor the semiconductor switching device that is likely to be the hottest.
Ambient temperature	A_n , any level convenient	Temperature sensing means to monitor changes in ambient temperature (8.3.3.3.1 of IEC 60947-1:2007 applies).
Results to be obtained	a) $\Delta_n \leq 0,05$ within 8 h b) No visual evidence of damage (such as smoke, discoloration) c) The temperature rise of the accessible terminals of the mechanical switching device in the main circuit shall not exceed the limit prescribed by Table 2 of IEC 60947-1:2007. d) When the terminals are not accessible, the values of Table 2 of IEC 60947-1:2007 may be exceeded provided that adjacent parts are not impaired.	

Table 17 – Initial case temperature requirements

Operating cycle number	Initial case temperature, C_i °C
1	Not less than 40 °C
2	Highest temperature enabling resetting after the first operating cycle of the overload relay of the starter, or the overload relay recommended by the manufacturer to be used together with the controller.
3 and 4	≥ 40 °C plus the maximum case temperature rise during the temperature rise test (9.3.3.3)

9.3.3.6.1 Thermal stability test procedure

Test specifications and acceptance criteria are given in Table 16. The test profiles are illustrated in Figure F.1.

- (1) Assign a sequence number, n , to each on-load period in the test series (as $n = 0, 1, 2, \dots, n-1, N$).
- (2) Record initial case temperature C_0 . Record initial ambient temperature A_0 .
- (3) Set test current, I_T , level 1 (see Table 10). Change n to a new value where $n = n+1$.
- (4) Apply test voltage, U_T , to the input main circuit terminals of the EUT (equipment under test). U_T may remain applied for the duration of the test, or may be switched ON-OFF in synchronism with the operation of control voltage, U_C .

Switch EUT to ON-state (EUT control voltage, U_C , is ON).

NOTE The time span of T_x commences at the instant when the test current reaches the value $X \times I_e$. Therefore, the time for the test current ramp to reach $X \times I_e$ increases the total test time.

- (5) This step needs to be performed with respect to the utilization category.
 - a) For AC-52a, AC-53a, AC-58a only.

After time interval T_x (Table 10), change test current, I_t , to level 2.

After time interval for level 2, switch EUT to OFF-state.

- b) For AC-52b, AC-53b, AC-58b only.

After time interval T_x (Table 10), switch EUT to OFF-state.

- (6) Record case temperature C_n . Record ambient temperature A_n .

- (7) Decision to terminate (or continue) test:

- a) Calculate case temperature rise change factor:

$$\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$$

- b) Check compliance with results to be obtained (Table 16)

If $\Delta_n > 0,05$, total test time is less than 8 h, and results to be obtained (a) and b) of Table 16) are not violated, repeat steps 3 to 7.

If $\Delta_n > 0,05$, and total test time is greater than 8 h, or results to be obtained are violated, end test. This is a failure.

If $\Delta_n \leq 0,05$, and total test time is less than 8 h, and results a), b), c) and d) of Table 16 are not violated, end test. This is successful compliance.

9.3.3.6.2 Overload capability test procedure

- (1) *Test conditions*

- a) Refer to Table 11. The test profile is represented in Figure F.2.
- b) Controllers and starters, utilizing a current controlled cut-out device in addition to an overload relay to provide protection against overload conditions during running in the FULL-ON state, shall be tested with the cut-out device in place. In this test, it is acceptable for the cut-out device to switch the EUT to the OFF-state in a time shorter than the specified ON-time.

- (2) *EUT adjustments*

- a) EUT shall be adjusted to minimize the time to establish the test current level, I_{LRP} .
- b) EUT fitted with a current-limit function shall be set to the highest value of X specified for I_e .
- c) Where the EUT is a starter, its overload relay shall be disabled, and T_x shall be set in accordance with c) of Table 11.

- (3) *Test*

- a) Establish initial conditions.
- b) Apply test voltage to the input main circuit terminals of the EUT.
(With form HxA, the series mechanical switching device contact is closed. With form HxB, the series mechanical switching device is open.)
The test voltage shall be applied for the duration of the test.
- c) Switch the EUT to ON-state.
- d) After the ON-time (Table 11), switch the EUT to the OFF-state.
NOTE In the case of form HxB, the OFF-state will be replaced by the OPEN-state.
- e) Repeat steps c) and d) twice. End test.

In the case of the EUT having a current limit function during motor starting (and possibly stopping), but not in the FULL-ON state, the overload capability test procedure for verification of compliance of the EUT with the requirements of 8.2.4.1 is the following.

- i) After two operating cycles as described above, the EUT is switched to the ON-state, and loaded with an initial test current I_{init} , not higher than I_e .
- ii) With the EUT in the FULL-ON state, the test circuit specified in Table 11 is connected to the load by means of an external switch. There shall be no current interruption during transition from current I_{init} to I_{LRP} .

iii) In accordance with Table 9, the test current I_{LRP} is maintained for T_x seconds before an OFF-state is established by the EUT. The EUT is, however, permitted to establish an OFF-state condition at shorter times than T_x , provided it is equipped with a suitable overload protection.

iii) This operating cycle is performed twice.

The initial case temperature conditions for the required four operating cycles shall be as stated in Table 17.

(4) *Verify the criteria (see 9.3.3.6.4)*

- a) No loss of commutating capability.
- b) No loss of blocking capability.
- c) No loss of functionality.
- d) No visual evidence of damage.

Table 18 – Blocking and commutating capability test specifications

Item	Level	Instruction
Number of operating cycles	Test 1: 100 operating cycles with 85 % U_e and 85 % U_s . Test 2: 1 000 operating cycles with 110 % U_e and 110 % U_s .	
Test load	The parameters of the induction motor and the mechanical load are given in Table 12.	
Test instrument	True r.m.s. current measuring means shall be connected between the motor terminals and the load side terminals on each pole of the EUT. The means shall be capable of measuring currents in the range of milliamperes.	
EUT temperature	Room temperature (10 °C to 40 °C)	
EUT settings	EUT settings are limited to only those external adjusting means provided by the manufacturer in the normal product offerings. a) Controllers fitted with a current-limit function will be set at the lowest value of X that will allow the motor (as defined in Table 12) to start. b) Controllers fitted with ramp-start functions will be set at the maximum ramping time or 10 s, whichever is less. Initial values of starting current and/or starting voltage will be set at the minimum value that will allow the motor to start immediately.	
Test cycle	ON-time > time to achieve full voltage and full speed + 1 s OFF-time = 1/3 of the time for coasting to rest.	
Results to be obtained	a) a1) or a2) shall be fulfilled a1) $I_O < 1 \text{ mA}$ and $I_F < 1 \text{ mA}$ a2) if $I_O > 1 \text{ mA}$ or $I_F > 1 \text{ mA}$, then – $\Delta I < 1$ for each pole where $\Delta I = (I_F - I_O) / I_O$ and – I_O and I_F shall be within the limits given in the datasheet for the semiconductor. b) No visual evidence of damage (such as smoke, discoloration). c) No loss of functionality as specified by the manufacturer.	

9.3.3.6.3 Blocking and commutating capability test

Test specifications are given in Table 12 and Table 18. The test profiles are shown in Figure F.3.

For form HxA, the contacts of the series mechanical switching device shall be maintained in the closed position for the duration of the test.

For form HxB, the contacts of the series mechanical switching device may be operated to perform the testing cycles. However, the measurements of voltage across the poles shall be performed with the series contacts closed, and with the semiconductor switching devices in the OFF-state. The manufacturer shall provide instructions for fitting the EUT with special features that will permit compliance with the voltage measurement requirements.

- 1) The EUT shall be mounted and connected as in normal use with cable length between the EUT and test load not greater than 10 m.
- 2) The current measuring means shall be installed in a manner that is appropriate for recording the values of the leakage current through the controller in steps 3) and 7).

If other auxiliary circuits or devices are connected in parallel with the semiconductor elements, care shall be taken in order to avoid measuring the parallel currents; only the leakage current of the semiconductor elements shall be measured and the means for obtaining those measures shall be installed accordingly.

- 3) With the voltages U_e and U_s applied to the EUT, and with the control voltage U_c OFF, measure the current through each pole of the EUT and record these measurements as a set of initial data points, I_0 .

The test circuit shall remain closed from the start of step 4) through the completion of step 7). The current measuring means may be shorted by remote control means during steps 5) and 6), but it may not be removed by opening the circuit.

- 4) To start the test, the voltages U_e and U_s (as specified in Table 18) are applied to the EUT and maintained for the duration of the test through the completion of step 7).
- 5) By means of the control voltage, U_c , cycle the EUT between the ON-state and OFF-state as specified in Table 18. If the controller does not perform as intended, or if evidence of damage develops, the test is discontinued, and considered a failure.
- 6) After the required number of operating cycles, turn U_c to OFF with U_e and U_s remaining ON. Allow the EUT to return to the initial ambient temperature.
- 7) Repeat the current measurement procedure of step 3) and record as a set of final data points, I_F , corresponding to the set of initial data points, I_0 .
- 8) Determine the values regarding the leakage currents through each pole as specified under item a) of Table 18.

To obtain successful compliance, the criteria given under item a), b) and c) of Table 18 shall be fulfilled.

9.3.3.6.4 Behaviour of the controller or starter during, and condition after, the operating capability tests

a) *Commutating capability*

If semiconductor devices do not commute properly, the early stage of the failure mode is evidenced by degraded performance. Continued operation in this mode will cause thermal runaway. The ultimate result will be excessive heating and loss of blocking capability.

b) *Thermal stability*

Semiconductor devices subject to rapid operating cycles may not cool properly. The early effects may initiate a thermal runaway condition leading to loss of blocking capability.

c) *Blocking capability*

Blocking capability is the ability to turn OFF and remain OFF whenever required. Excessive thermal stress will degrade blocking capability. The failure mode is evidenced by a partial or total loss of control.

d) *Functionality*

Some failure modes may not be catastrophic in the early stages. These failures are evident from gradual loss of function. Early detection and correction may prevent permanent damage.

e) *Visual inspection*

In the end, excessive thermal stresses due to elevated temperatures may cause permanent damage. Visual evidence (smoke or discoloration) provides early warning of ultimate failure.

9.3.3.6.5 Relays and releases

a) Operation of under-voltage relays and releases

Vacant.

b) Shunt-coil operated releases

Vacant.

c) Thermal and electronic overload relays

Overload relays and starters shall be connected using conductors in accordance with Tables 9, 10 and 11 of IEC 60947-1:2007 for test currents corresponding to

- 100 % of the current setting of the overload relay for overload relays of trip classes 2, 3, 5 and 10 A for all overload relay types (see Table 4) and 10, 20, 30 and 40 for electronic overload relay types;
- 125 % of the current setting of the overload relay for thermal overload relays of trip classes 10, 20, 30 and 40 (see Table 4) and for overload relays for which a maximum tripping time greater than 40 s is specified (see 5.7.3).

It shall be verified that relays and releases operate according to the requirements of 8.2.1.5.1.1 with all poles energized.

Moreover, the characteristics defined in 8.2.1.5.1 shall be verified by tests at 0 °C, +20 °C, +40 °C and may be verified at minimum and maximum temperatures given by the manufacturer if larger. However, for relays or releases declared compensated for ambient temperature, in case of temperature range declared by the manufacturer larger than those given in Table 5, the characteristics at 0 °C and/or +40 °C need not be verified if, when tested at the declared minimum and maximum temperatures, the corresponding tripping current values are in compliance with the limits specified for 0 °C and/or +40 °C in that Table 5.

For electronic overload relays, the thermal memory test verification of 8.2.1.5.1.1.2 shall be carried out at +20 °C.

Three-pole thermal or electronic overload relays energized on two poles only shall be tested as stated in 8.2.1.5.1.2 on all combinations of poles and at the maximum and minimum current settings for relays with adjustable settings.

d) Under-current relays

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.3.

e) Stall relays

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.4.

For current sensing stall relays, the verification shall be made for the minimum and for the maximum set current values and for the minimum and maximum stall inhibit time (four settings).

For stall relays operating in conjunction with a rotation sensing means, the verification shall be made for the minimum and maximum stall inhibit time. The sensor can be simulated by an appropriate signal on the sensor input of the stall relay.

f) Jam relays

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.5.

The verification shall be made for the minimum and for the maximum set current values and for the minimum and maximum jam inhibit time (four settings).

For each of the four settings, the test shall be made under the following conditions:

- apply a test current of 95 % of the set current value. The jam relay shall not trip;

- increase the test current to 120 % of the set current value. The jam relay shall trip according to the requirements given in 8.2.1.5.5.

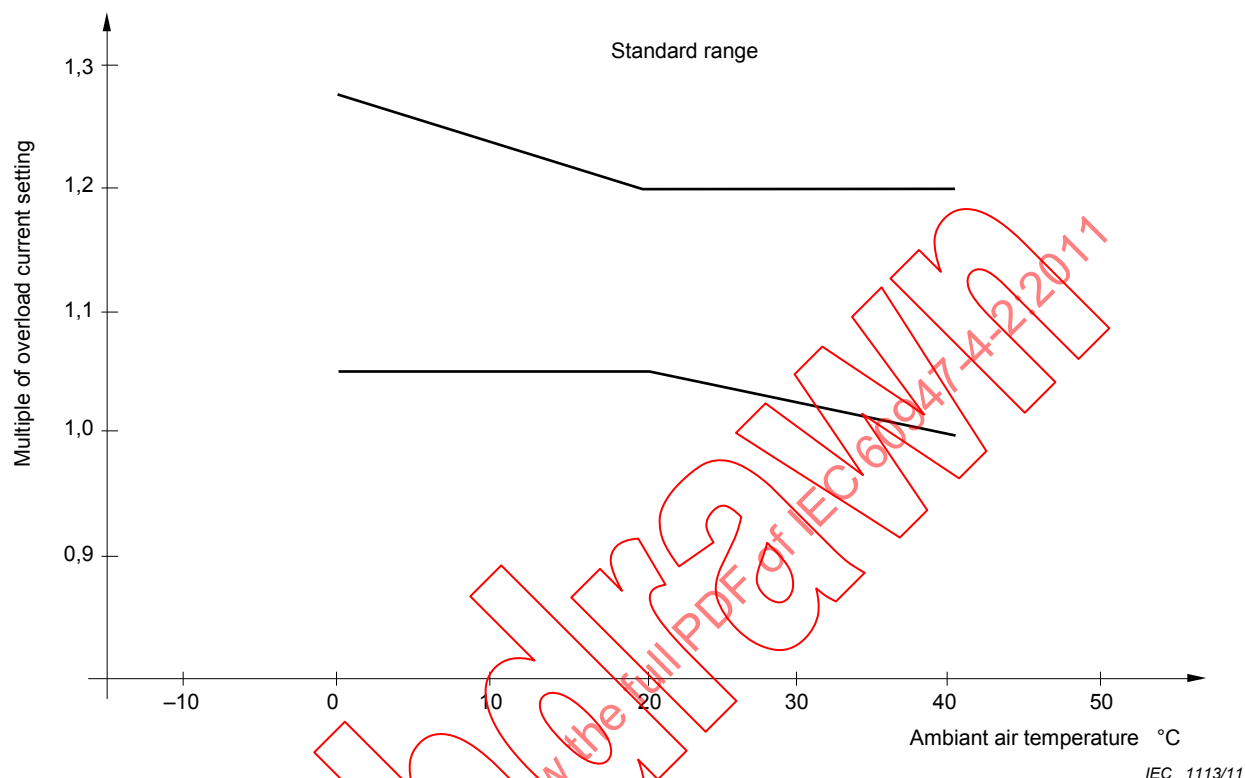


Figure 4 – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays

9.3.4 Performance under short-circuit conditions

This subclause specifies test conditions for verification of compliance with the requirements of 8.2.5.1. Specific requirements regarding test procedure, test sequence, condition of equipment after the test and types of co-ordination are given in 9.3.4.1 and 9.3.4.3.

9.3.4.1 General conditions for short-circuit tests

General conditions for short-circuit tests are as follows:

- "O" operation: as a pre-test condition, the controller/starter shall be sustained in the ON-state by a dummy motor load. The pre-test current may be held at any arbitrary low level of current that is greater than the minimum load current of the controller/starter. The short-circuit current is applied to the controller/starter by closing the shorting switch. The SCPD shall interrupt the short-circuit current and the controller/starter shall withstand the let-through current;
- "CO" operation for direct on-line equipment.

Initial case temperature shall not be less than 40 °C. In some cases, it may be impossible to pre-heat the EUT and maintain the initial case temperature at a test site that is fitted for short-circuit testing only. In these cases, the manufacturer and user may agree to test the EUT at ambient temperature. If used, the lower temperature shall be recorded in the test report.

9.3.4.1.1 General requirements for short-circuit tests

The general requirements of 8.3.4.1.1 of IEC 60947-1:2007 apply with the following modification.

The enclosure shall be in accordance with the manufacturer specifications. In case of multiple enclosure options are provided, the enclosure with the smallest volume shall be taken.

If devices tested in free air may also be used in enclosures, they shall be additionally tested in the smallest of such enclosures stated by the manufacturer. For devices tested only in free air, information shall be provided to indicate as not suitable for use in an individual enclosure.

9.3.4.1.2 Test circuit for the verification of short-circuit ratings

The test circuit of 8.3.4.1.2 of IEC 60947-1:2007 shall be modified and wired as shown in Figure I.1. The dummy motor load and the shorting switch shall have the following characteristics:

- a) the dummy load shall be a squirrel cage motor with the characteristics that are given in 8.2.4.3;
- b) the shorting switch (not a part of the EUT) shall be capable of making and carrying the short-circuit current with no tendency to interfere with the process of applying the short-circuit current (for example bounce or other intermittent openings of the contacts).

9.3.4.1.3 Power factor of the test circuit

Subclause 8.3.4.1.3 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.4.1.4 Vacant

9.3.4.1.5 Calibration of the test circuit

Subclause 8.3.4.1.5 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.4.1.6 Test procedure

Subclause 8.3.4.1.6 of IEC 60947-1:2007 applies with the following additions:

The controller or the starter and its associated SCPD shall be mounted and connected as in normal use. They shall be connected in the circuit using a maximum of 2,4 m of cable (corresponding to the operational current of the controller or starter) for each main circuit.

If the SCPD is separate from the controller or starter, it shall be connected to the starter using the cable specified above (the total length of cable shall not exceed 2,4 m).

Three phase tests are considered to cover single-phase applications.

The time-line for the test sequence is shown in Figure I.2.

- a) The test is started with the shorting switch in the open position (time T0).
- b) The test voltage is then applied and the dummy motor load shall limit the current to a level that is, at least, sufficient to maintain the controller in the ON-state (time T1).
- c) At any arbitrary time after the current through the controller has stabilized, the shorting switch may then be closed at random and thereby establish a short-circuit current path through the EUT (time T2) which shall be cleared by the SCPD (time T3).

9.3.4.1.7 Vacant

9.3.4.1.8 Interpretation of records

Subclause 8.3.4.1.8 of IEC 60947-1:2007 applies.

9.3.4.2 Vacant

9.3.4.3 Conditional short-circuit current of controllers and starters

The controller or starter and the associated SCPD shall be subjected to the tests given in 9.3.4.3.1.

No further testing is required for bypassed controllers with independent components.

Bypassed controllers having dependent components shall be submitted to two separate short-circuit tests in accordance with 9.3.4.

- a) Test 1: The test is conducted with the semiconductors in the conducting mode and with the bypass contacts open. This is intended to simulate short-circuit conditions occurring while starting in a mode that is controlled by the semiconductors.
- b) Test 2: The test is conducted with the semiconductors bypassed with the bypass contacts closed. This is intended to simulate short-circuit conditions occurring while the semiconductors of the EUT are bypassed.

The tests are to be conducted under conditions corresponding to the maximum I_e and the maximum U_e for utilization category AC-53a.

When the same semiconductor component is used for several ratings, the test shall be performed under the conditions corresponding to the highest rated current I_e .

The controls shall be energized by a separate electrical supply at the specified control voltage. The SCPD used shall be as stated in 8.2.5.1.

If the SCPD is a circuit-breaker with an adjustable current setting, the test shall be carried out with the circuit-breaker adjusted to the maximum setting for type 1 co-ordination and to the maximum declared setting for type 2 co-ordination.

During the test, all openings of the enclosure shall be closed as in normal service and the door or cover secured by the means provided.

A starter covering a range of motor ratings and equipped with interchangeable overload relays shall be tested with the overload relay with the highest impedance and the overload relay with the lowest impedance together with the corresponding SCPDs.

The O operation shall be performed with the sample at I_q .

9.3.4.3.1 Test at the rated conditional short-circuit current I_q

The circuit shall be adjusted to the prospective short-circuit current I_q equal to the rated conditional short-circuit current.

If the SCPD is a fuse and the test current is within the current-limiting range of the fuse then, if possible, the fuse shall be selected to allow the maximum value of cut-off current (I_c) (according to Figure 3 of IEC 60269-1:2006) and the maximum let-through I^2t values.

Except for direct on-line controllers or starters, one breaking operation of the SCPD shall be performed with the controller or starter in the full-ON state and the SCPD closed; the short-circuit current shall be switched on by a separate switching device.

For direct on-line controllers or starters, one breaking operation of the SCPD shall be performed by closing the controller or starter on to the short circuit.

9.3.4.3.2 Results to be obtained

The controller or starter shall be considered to have passed the tests at the prospective current I_q if the following conditions are met for the claimed type of co-ordination.

Both types of co-ordination

- a) The fault current has been successfully interrupted by the SCPD or the starter. In addition, the fuse or fusible element or solid connection between the enclosure and supply shall not have melted.
- b) The door or cover of the enclosure has not been blown open, and it is possible to open the door or cover. Deformation of enclosure is considered acceptable provided the degree of protection by the enclosure is not less than IP2X.
- c) There is no damage to the conductors or terminals and the conductors have not been separated from the terminals.
- d) There is no cracking or breaking of an insulating base to the extent that the integrity of mounting of a live part is impaired.

Type 1 co-ordination

- e) There has been no discharge of parts beyond the enclosure. Damage to the controller and overload relay is acceptable. The starter or the controller may be inoperative after the test.

Type 2 co-ordination

- f) No damage to the overload relay or other parts has occurred and no replacement of parts is permitted during the test. For hybrid controllers and starters welding of contacts is permitted, if they are easily separated (for example by a screwdriver) without significant deformation. In the case of welded contacts as described above, the functionality of the device shall be verified under the conditions of Table 11 for the declared utilization category by carrying out 10 operating cycles (instead of 3).
- g) The tripping of the overload relay shall be verified at a multiple of the current setting and shall conform to the published tripping characteristics, according to 5.7, both before and after the short-circuit test.
- h) The adequacy of the insulation shall be verified by a dielectric test on the controller or starter. The test voltage shall be applied as specified in 9.3.3.4.1 (4).

9.3.5 EMC tests

All emission and immunity tests are type tests, and shall be carried out under representative conditions, both operational and environmental, using the manufacturer's recommended wiring practices, and including any enclosures specified by the manufacturer.

A motor is required for the purpose of testing. The motor and its connections are auxiliary equipment necessary for the execution of the tests, but do not form part of the equipment under test. Except for the purposes of the harmonic emission test, it is not necessary to load the motor. If the motor used in any test is of lower power than the intended power range of the controller or starter, it shall be so stated in the test report. Tests are not required on the power output port. Unless otherwise specified by the manufacturer, the length of the connections to the motor shall be 3 m.

Test reports are to give all the relevant information relating to the tests (for example load conditions, cable dispositions, etc.). A functional description and a definition of specification limits for the acceptance criteria shall be provided by the manufacturer, and noted in the test report. The test report shall include any special measures that have been taken to achieve compliance, for example the use of shielded or special cables. A list of auxiliary equipment, which, together with the controller or starter, comprises the equipment necessary to comply with the immunity or emission requirements, shall also be included in the report. The tests shall be carried out at the rated supply voltage U_s and in a reproducible manner.

Form 1 controllers and starters, in which the power switching elements, for example thyristors, are not fully conducting during some or all steady-state modes of operation, shall be tested under conditions of minimum conduction chosen by the manufacturer to represent the operation of the controller or starter at the points of sustained maximum emission or susceptibility (see 9.3.5.1).

9.3.5.1 EMC emission tests

9.3.5.1.1 Condition for the emission tests

All emission tests shall be performed under steady-state conditions.

Emission measurements during the starting time with the existing measuring equipment are under consideration.

NOTE The scanning time for frequency analysis is often much longer than the starting time. According to the current IEC 61000-4 series of standards, relevant result of measurement can only be obtained in steady-state conditions.

9.3.5.1.2 Conducted radio frequency emission test

Descriptions of the test, the test method and the test set-up are given in CISPR 11.

It shall be sufficient to test two samples from a range of controllers of different power ratings which represent the highest and lowest power ratings of the range.

The emission shall not exceed the levels given in Table 19.

The addition of high-frequency common mode filtering in the main power connections may cause unacceptable reductions in motor starting torque, or render invalid the concept of unearthed or high impedance earthed distribution systems, as employed within process industries, with implications for system safety.

If, in order to fulfil the emission levels given in Table 19, filters are necessary but are not used for the above reasons, other precautions shall be taken in order not to exceed the emission levels given in this table.

Table 19 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission

Frequency range MHz	Environment A ^a rated input power ≤ 20 kVA		Environment A ^{a, b} rated input power > 20 kVA		Environment B ^a	
	Quasi-peak dB (μV)	Average dB (μV)	Quasi-peak dB (μV)	Average dB (μV)	Quasi-peak dB (μV)	Average dB (μV)
0,15 to 0,5	79	66	100	90	66 to 56 (decrease with log of frequency)	56 to 46 (decrease with log of frequency)
0,5 to 5	73	60	86	76	56	46
5 to 30	73	60	90 to 73 (decrease with log of frequency)	80 to 60 (decrease with log of frequency)	60	50
^a Defined by IEC 60947-1. ^b These limits apply to equipment with a rated input current > 20 kVA. The manufacturer and/or supplier shall provide information on installation measures that can be used to reduce emissions from the installed equipment. In particular, it shall be indicated that this equipment is intended to be powered a dedicated power transformer or generated and not LV overhead power lines. Limits in accordance with CISPR 11, Group 1.						

9.3.5.1.3 Radiated radio frequency emission test

Descriptions of the test, the test method, and the test set-up are given in CISPR 11.

NOTE In the USA, digital devices with power consumption less than 6 nW are exempt from RF emission tests.

It shall be sufficient to test a single representative sample from a range of controllers or starters of different power ratings.

The emission shall not exceed the levels given in Table 20.

Table 20 – Radiated emissions test limits

Frequency range MHz	Environment A ^a Quasi-peak dB (μV)			Environment B ^a Quasi-peak dB (μV)	
	at 30 m	at 10 m	at 3 m	at 10 m	at 3m
30 to 230	30	40	50	30	40
230 to 1 000	37	47	57	37	47
^a Tests may be carried out at 3 m distance only to small equipment (equipment, either positioned on a table top or standing on the floor which, including its cables fits in a cylindrical test volume of 1,2 m in diameter and 1,5 m above the ground plane).					

9.3.5.2 EMC immunity tests

Where a range of controllers or starters comprise similarly configured control electronics, within similar frame sizes, it is only necessary to test a single representative sample of the controller or starter as specified by the manufacturer.

9.3.5.2.1 Electrostatic discharges

Subclause 8.4.1.2.4 of IEC 60947-1:2007 applies with the following additions.

Tests are not required on power terminals. Discharges shall be applied only to points which are accessible during normal usage.

The controller or starter shall comply with performance criterion 2 of Table 15.

Tests are not possible if the controller or starter is an open frame or chassis unit, or of degree of protection IP00. In that case, the manufacturer shall attach a label to the unit advising of the possibility of damage due to static discharge.

9.3.5.2.2 Radio-frequency electromagnetic field

For conducted immunity tests, 8.4.1.2.6 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition.

- The performance criterion 1 of Table 15 applies.

For radiated radio-frequency electromagnetic field immunity tests, 8.4.1.2.3 of IEC 60947-1:2007 applies with the following addition.

- The performance criterion 1 of Table 15 applies.

9.3.5.2.3 Fast transients (5/50 ns)

Subclause 8.4.1.2.4 of IEC 60947-1:2007 applies with the following additions.

Terminals for control and auxiliary circuits intended for the connection of conductors which extend more than 3 m shall be tested.

The controller or starter shall comply with performance criterion 2 of Table 15.

9.3.5.2.4 Surges (1,2/50 µs-8/20 µs)

Subclause 8.4.1.2.5 of IEC 60947-1:2007 applies.

The controller or starter shall comply with performance criterion 2 of Table 15.

9.3.5.2.5 Harmonics and commutation notches

No requirement, the test levels are under study for the future.

9.3.5.2.6 Voltage dips and short-time interruptions

Subclause 8.4.1.2.8 of IEC 60947-1:2007 applies with the performance criterion 3 of Table 15 except for 0,5 cycle and 1 cycle for which the performance criterion 2 of Table 15 applies.

9.3.6 Routine and sampling tests

Routine tests are tests to which each individual controller or starter is subjected, during or after manufacture, to verify that it complies with the stated requirements.

9.3.6.1 General

Routine or sampling tests shall be carried out under the same, or equivalent conditions to those specified for type tests in the relevant parts of 9.1.2. However, the limits of operation in 9.3.3.2 may be verified at the prevailing ambient air temperature and on the overload relay alone, but a correction may be necessary to allow for the normal ambient conditions.

9.3.6.2 Operation and operating limits

The 2 following tests shall be made.

- 1) Functionality shall be verified by a blocking and commutating capability test according to Table 12.

Two operating cycles are required, one at 85 % U_e with 85 % U_s , and one at 110 % U_e with 110 % U_s . No loss of functionality as specified by the manufacturer is permitted.

- 2) It shall be verified that the equipment operates according to the requirements of 8.2.1.5.

Tests shall be made to verify the calibration of relays. In the case of a time-delay overload relay, this may be a single test with all poles equally energized at a multiple of the current setting, to check that the tripping time conforms (within tolerances) to the curves supplied by the manufacturer. For under-current relays, stall relays and jam relays, tests shall be carried out to verify the proper operation of these relays (see 8.2.1.5.3, 8.2.1.5.4 and 8.2.1.5.5).

9.3.6.3 Dielectric tests

The metal foil need not be applied. The tests shall be conducted on dry and clean controllers and starters.

Verification of dielectric withstand may be performed before final assembly of the device (that is, before connecting sensitive devices such as filter capacitors).

- (1) Impulse withstand voltage

Subclause 8.3.3.4.2 1) of IEC 60947-1:2007 applies.

- (2) Power-frequency withstand voltage

Subclause 8.3.3.4.2 2) of IEC 60947-1:2007 applies.

- (3) Combined impulse voltage and power-frequency withstand voltage

The tests of items (1) and (2) above may be replaced by a single power-frequency withstand test where the peak value of the sinusoidal wave corresponds to the value stated in items (1) or (2), whichever is the higher.

Annex A (normative)

Marking and identification of terminals

A.1 General

The purpose of identifying terminals is to provide information regarding the function of each terminal, or its location with respect to other terminals, or for other use.

A.2 Marking and identification of terminals of semiconductor controllers and starters

A.2.1 Marking and identification of terminals of main circuits

The terminals of the main circuits shall be marked by single figure numbers and an alphanumeric system.

Table A.1 – Main circuit terminal markings

Terminals	Markings
Main circuit	1/L1-2/T1
	3/L2-4/T2
	5/L3-6/T3
	7/L4-8/T4

For particular types of controllers or starters (see 5.2.5.3), the manufacturer shall provide the wiring diagram.

A.2.2 Marking and identification of terminals of control circuits

A.2.2.1 Control circuit power supply terminals

Under consideration.

A.2.2.2 Control circuit input/output signal terminals

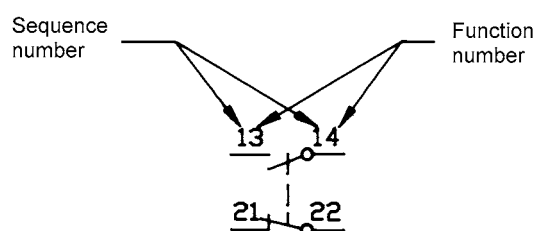
Under consideration.

A.2.3 Marking and identification of auxiliary circuits

The terminals of auxiliary circuits shall be marked or identified on the diagrams by two figure numbers:

- the unit is a function number;
- the figure of the tens is a sequence number.

The following examples illustrate such a marking system:



A.2.3.1 Function number

Function numbers 1, 2 are allocated to circuits with break contacts and function numbers 3, 4 to circuits with make contacts.

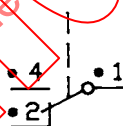
NOTE 1 The definitions for make contacts and break contacts are given in 2.3.12 and 2.3.13 of IEC 60947-1:2007.

Examples:



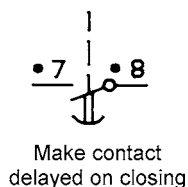
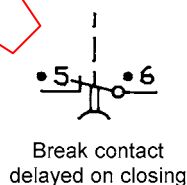
NOTE 2 The dots in the above examples take the place of the sequence numbers, which should be added appropriately to the application.

The terminals of circuits with change-over contact elements shall be marked by the function numbers 1, 2 and 4.



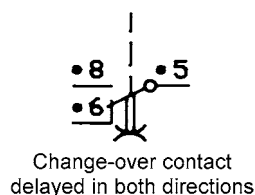
Function numbers 5 and 6 (for break contacts) and 7 and 8 (for make contacts) are allocated to terminals of auxiliary circuits containing auxiliary contacts with special functions.

Examples:



The terminals of circuits with change-over contact elements with special functions shall be marked by function numbers 5, 6 and 8.

Example:



A.2.3.2 Sequence number

Terminals belonging to the same contact element shall be marked by the same sequence number.

All contact elements having the same function shall have different sequence numbers.

The sequence number may be omitted from the terminals only if additional information provided by the manufacturer clearly gives such a number.

Examples:



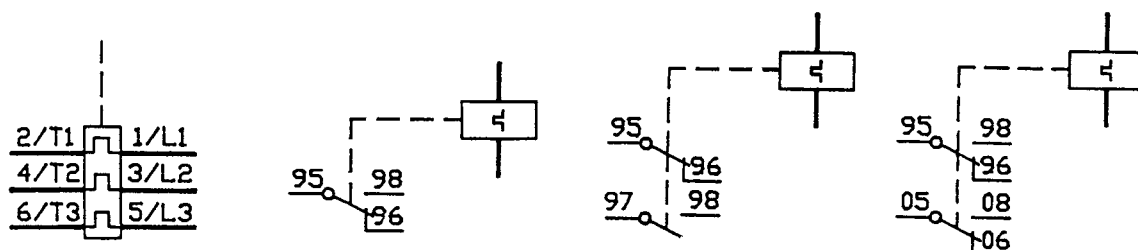
A.3 Marking and identification of terminals of overload relays

The terminals of the main circuits of overload relays shall be marked in the same manner as the terminals of the main circuits of controllers and starters (see A.2.1).

The terminals of the auxiliary circuits of overload relays shall be marked in the same manner as the terminals of the auxiliary circuits of controllers and starters with specified functions (see A.2.3).

The sequence number shall be 9; if a second sequence number is required, it shall be 0.

Examples:



Alternatively, terminals may be identified on the wiring diagram supplied with the device.

Annex B

Vacant

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

Withdrawn

Annex C (normative)

Co-ordination at the crossover current between the starter and associated SCPD

C.1 Scope of this annex

This annex states the method of verifying the performance of overload protective devices of starters when the starter is associated with a SCPD.

C.2 General and definitions

C.2.1 General

This annex states different methods of verifying the performance of starters and the associated SCPD(s) at currents below and above the intersection I_{co} of their respective time-current characteristics, provided by the starter and SCPD manufacturer(s), and the corresponding types of co-ordination described in 8.2.5.1.

Co-ordination at the crossover current between the starter and the SCPD can be verified either by the direct method with the special test of Clause C.3 or, for type "2" co-ordination, by the indirect method as in Clause C.6.

C.2.2 Terms and definitions

C.2.2.1 crossover current

I_{co}
current corresponding to the crossover point of the mean or published curves representing the time-current characteristics of the overload relay and the SCPD respectively

NOTE The mean curves are the curves corresponding to the average values calculated from the tolerances on the time-current characteristics given by the manufacturer.

C.2.2.2 test current

I_{cd}
test current greater than I_{co} , tolerances included, designated by the manufacturer and verified by the requirements given in Table C.1

C.2.2.3 time-current withstand characteristic capability of controllers/starters

locus of the currents a controller/starter can withstand as a function of time

C.3 Condition for the test for the verification of co-ordination at the crossover current by a direct method

The starter and its associated SCPD shall be mounted and connected as in normal use. All the tests shall be performed starting from the cold state.

C.4 Test currents and test circuits

The test circuit shall be according to 8.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2007 except that the oscillatory transient voltage need not be adjusted. The currents for the tests shall be as follows:

- (i) $0,75 I_{co} \begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$ and
- (ii) $1,25 I_{co} \begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$.

The power factor of the test circuit shall be in accordance with Table 11. In the case of small relays having a high resistance, inductors should be mainly used in order to have a value of power factor as low as possible. The recovery voltage shall be 1,05 times the rated operational voltage.

The SCPD shall be as stated in 8.2.5.1 and of the same rating and characteristics as used in the tests of 9.3.4.3.

The starter shall be connected so that it opens when the overload relay operates. Coils, if any, shall be energized from a separate source at the rated control supply voltage.

C.5 Test procedure and results to be obtained

C.5.1 Test procedure

With the starter and the SCPD closed, the test currents stated in Clause C.4 shall be applied by a separate closing device. In each case the device tested shall be at room temperature.

After each test, it is necessary to inspect the SCPD, reset the overload relay and the release of the circuit-breaker, if necessary, or to replace all fuses if at least one of them has melted.

C.5.2 Results to be obtained

After the test at the lower current (i) in Clause C.4, the SCPD shall not have operated and the overload relay or release shall have operated to open the starter. There shall be no damage to the starter.

After the test at the higher current (ii) in Clause C.4, the SCPD shall have operated before the starter. The starter shall meet the conditions of 9.3.4.3.2 for the type of co-ordination stated by the manufacturer.

C.6 Verification of co-ordination at the crossover current by an indirect method

C.6.1 General

NOTE For type "1" co-ordination, the indirect method may be different from the method described in this annex and is under consideration. For this reason, the indirect method for the verification of co-ordination at the crossover point is only applicable for type "2" co-ordination.

The indirect method consists in verifying on a diagram (see Figure C.1) that the following conditions for the verification of co-ordination at the crossover current are met:

- the time-current characteristic of the overload relay/release, starting from cold state, supplied by the manufacturer, shall indicate how the tripping time varies with the current up to a value of at least I_{co} ; this curve has to lie below the time-current characteristic of the SCPD up to I_{co} ;
- I_{cd} of the starter, tested as in C.6.2, shall be higher than I_{co} ;

- the time-current withstand characteristic of the controller, tested as in C.6.3, shall be above the time-current characteristic (starting from cold state) of the overload relay up to I_{co} .

C.6.2 Test for I_{cd}

Subclause 9.3.4.1 applies with the following addition.

- Test procedure: the controller or starter shall make and break the test current (I_{cd}) for the number of operating cycles given in Table C.1. This is made without the SCPD in the circuit.

Table C.1 – Test conditions

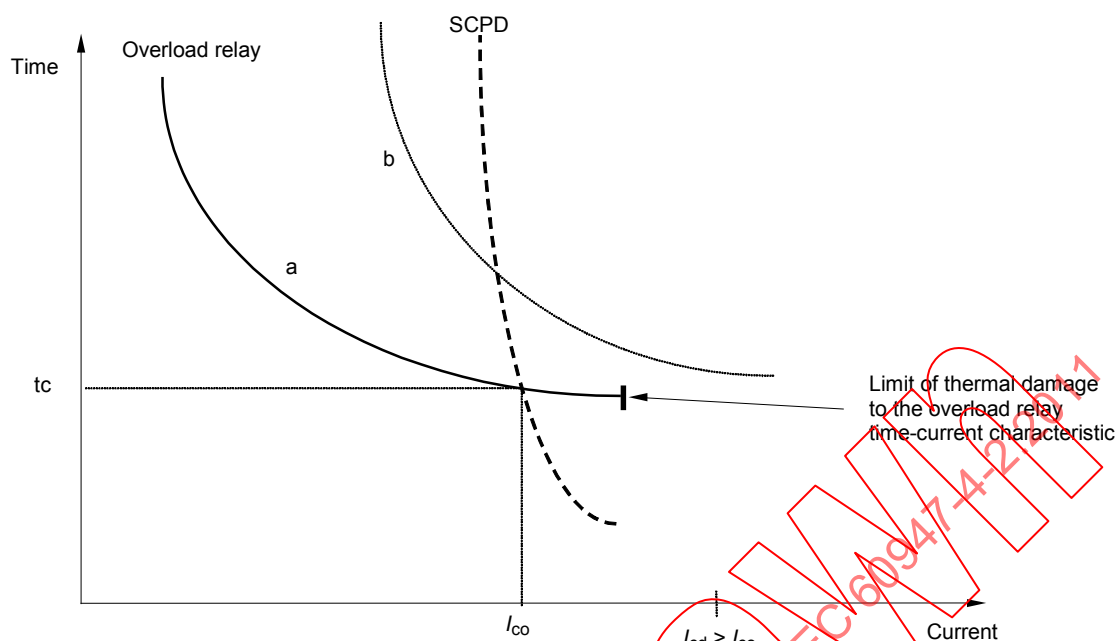
	U_r/U_e	$\cos \phi$	On-time (see Note 2) s	Off-time s	Number of operations
I_{cd}	1,05	See Note 1	0,05	See Note 3	3
NOTE 1 Power factor to be selected according to Table 16 of IEC 60947-1:2007.					
NOTE 2 Time may be less than 0,05 s provided that contacts, if any, are allowed to become properly seated before re-opening.					
NOTE 3 See Table 11.					

- Behaviour of controllers or starters during and after the I_{cd} test:
 - a) during the test, there shall be no permanent arcing, no flash-over between poles, no blowing of the fusible element in the earth circuit (see 9.3.4.1.2) and no welding of contacts;
 - b) after the test,
 - 1) the controller or starter shall operate correctly when switched by the applicable method of control;
 - 2) the dielectric properties of the controller and starter shall be verified by a dielectric test on the controller or starter using an essentially sinusoidal test voltage of twice the rated operational voltage U_e used for the I_{cd} test, with a minimum of 1 000 V. The test voltage shall be applied for 5 s, as specified in 9.3.3.4.1, items (2) c) i) and 2) c) ii)

C.6.3 Time-current characteristic withstand capability of controllers/starters

This characteristic is issued by the manufacturer at least up to I_{co} .

This characteristic is valid for overload currents, starting with the controller/starter at room temperature. The minimum cooling duration required by the controller/starter between two such overload tests should be stated by the manufacturer.

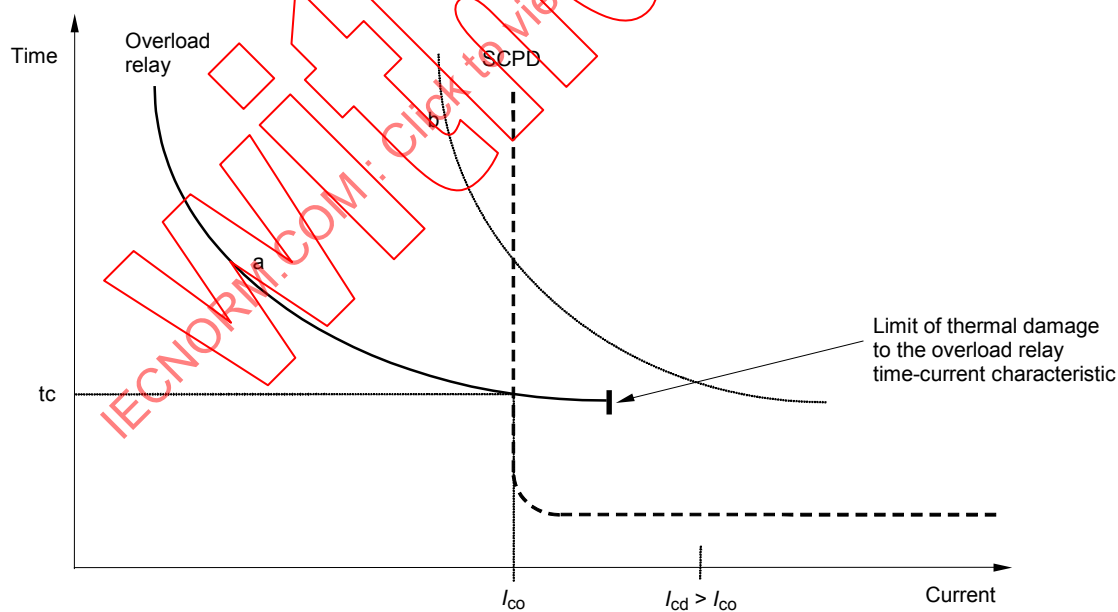


IEC 2201/06

Key

a mean overload relay time-current characteristic from cold state

b time-current characteristic withstand capability of controller

Figure C.1a – Co-ordination with fuse

IEC 2202/06

Key

a mean overload relay time-current characteristic from cold state

b time-current characteristic withstand capability of controller

Figure C.1b – Co-ordination with circuit-breaker**Figure C.1 – Examples of time-current withstand characteristic**

Annex D

Vacant

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

Withdrawn

Annex E

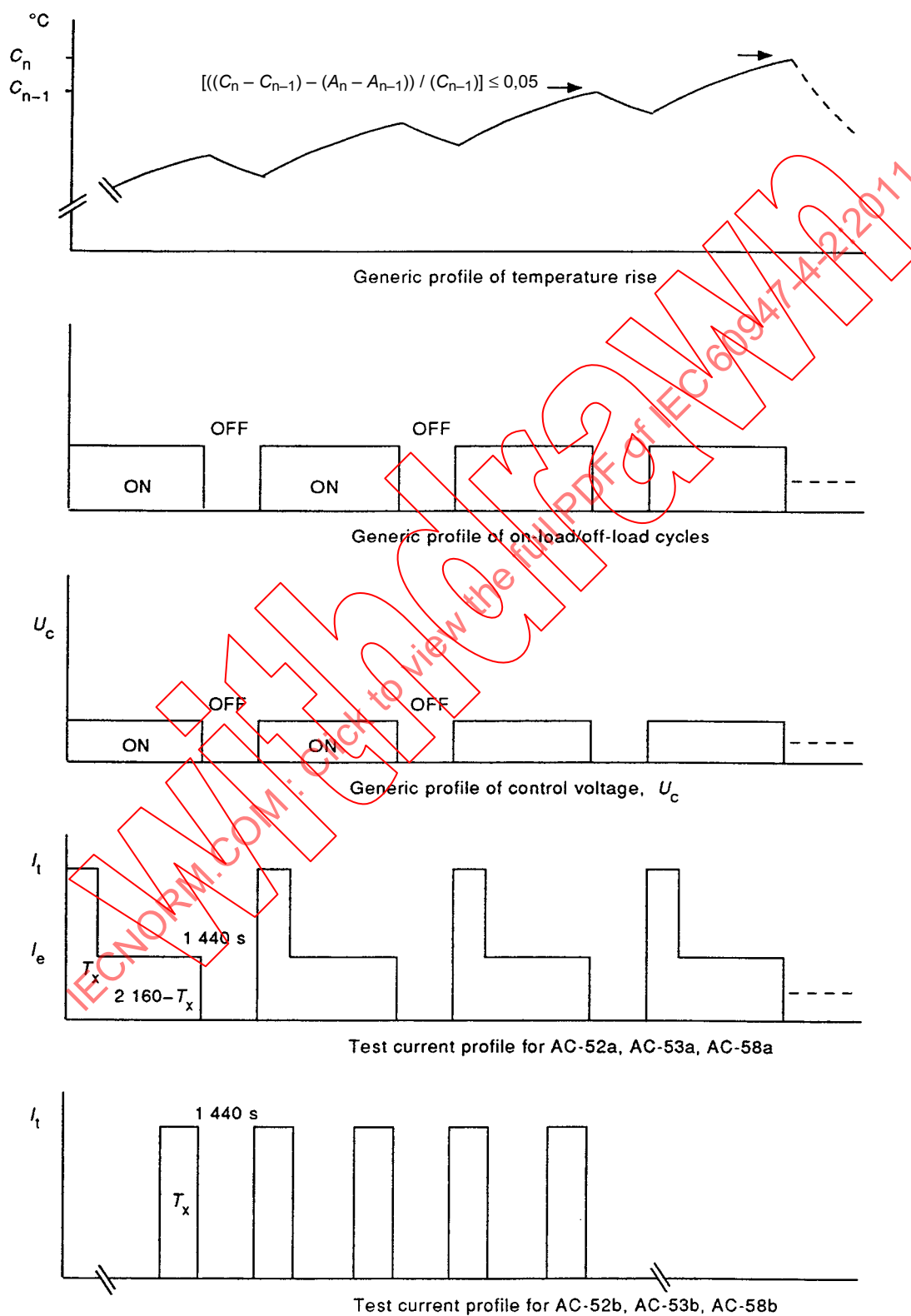
Vacant

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

Withdrawn

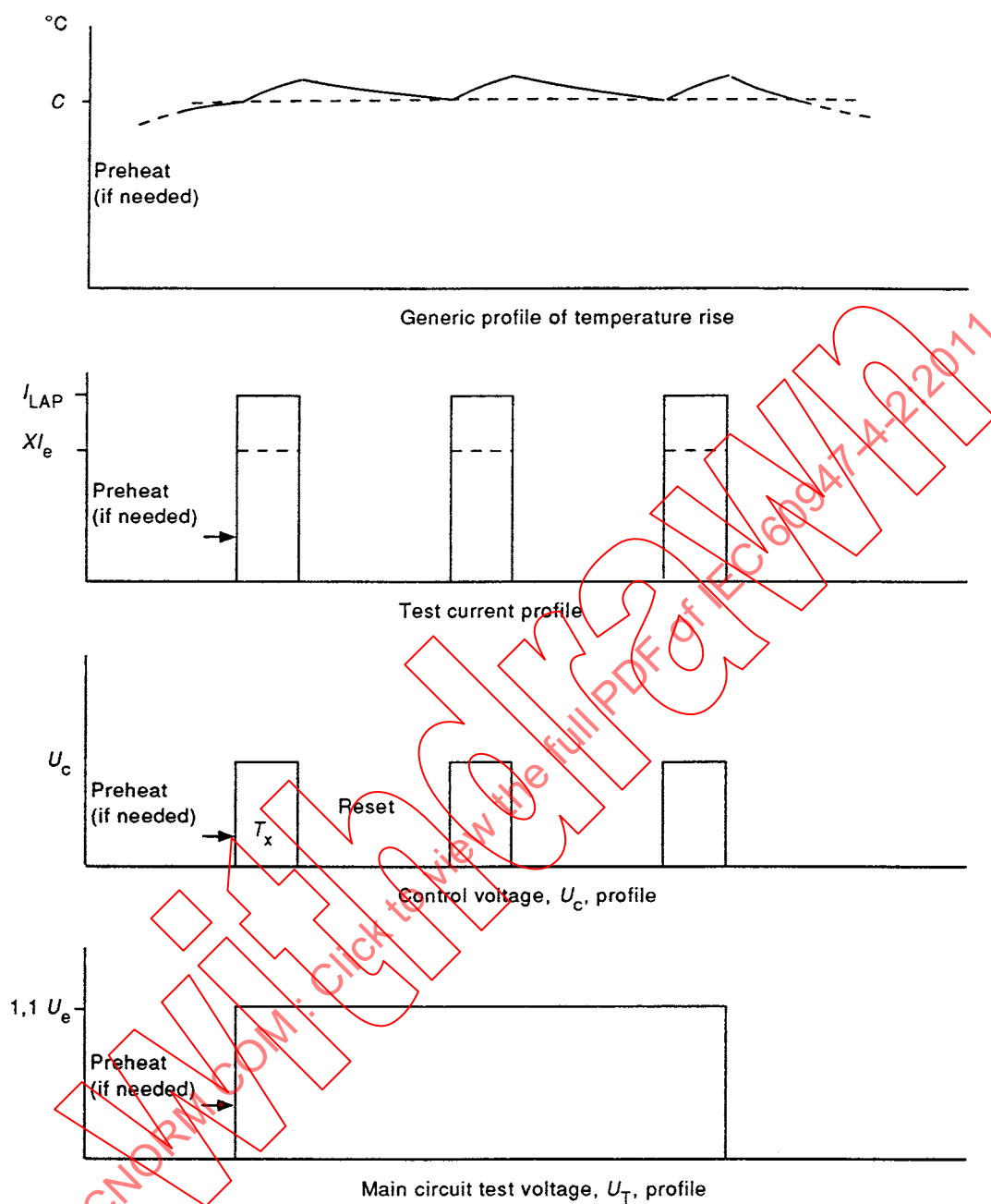
Annex F (informative)

Operating capability



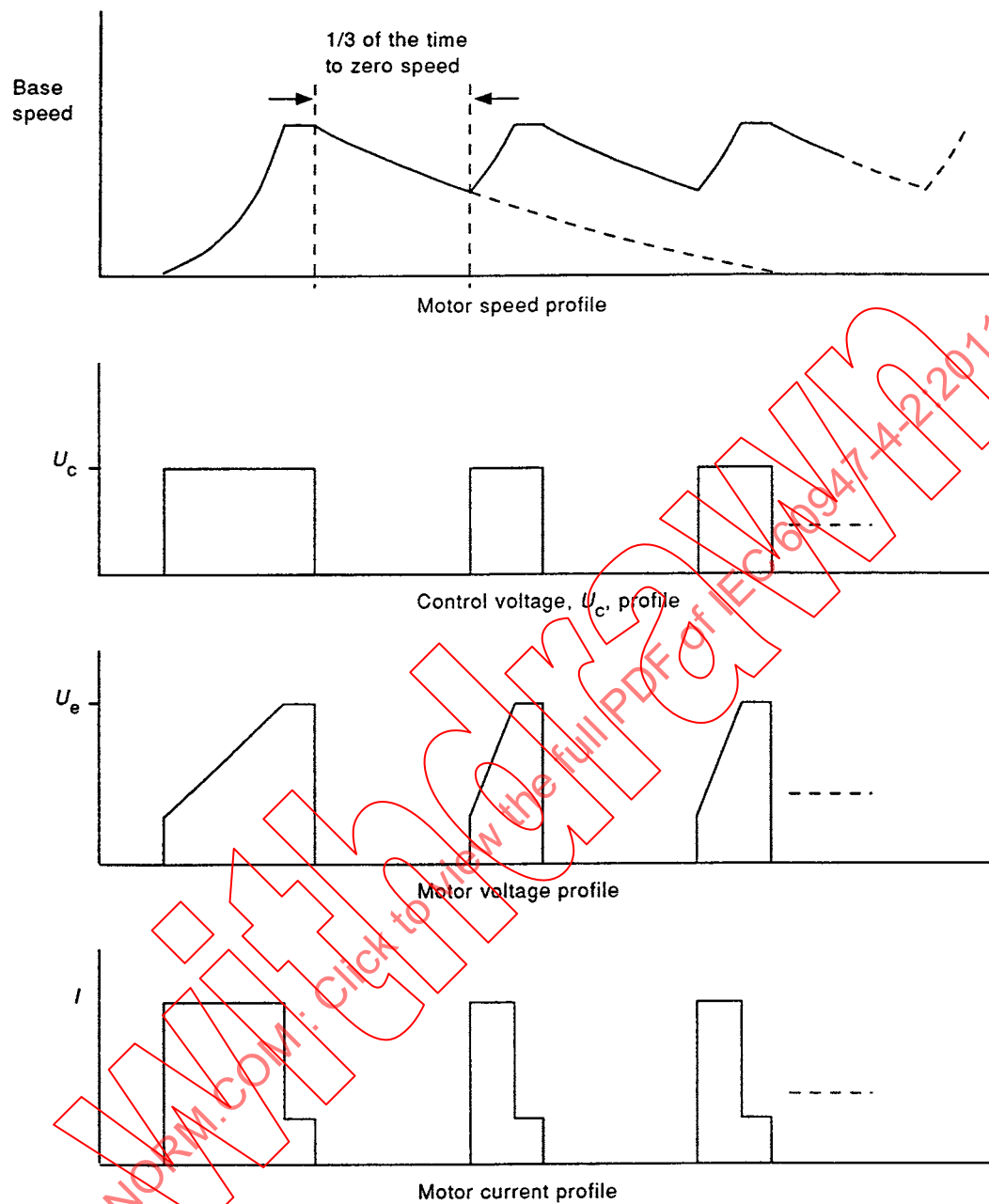
IEC 171/07

Figure F.1 – Thermal stability test profile



IEC 1114/11

Figure F.2 – Overload capability test profile



IEC 1741/99

Figure F.3 – Blocking and commutating capability test profile

Annex G (informative)

Examples of control circuit configurations

G.1 External control device (ECD)

G.1.1 Definition of an ECD

Any external element which serves to effect the control of the controller.

G.1.2 Diagrammatic representation of an ECD

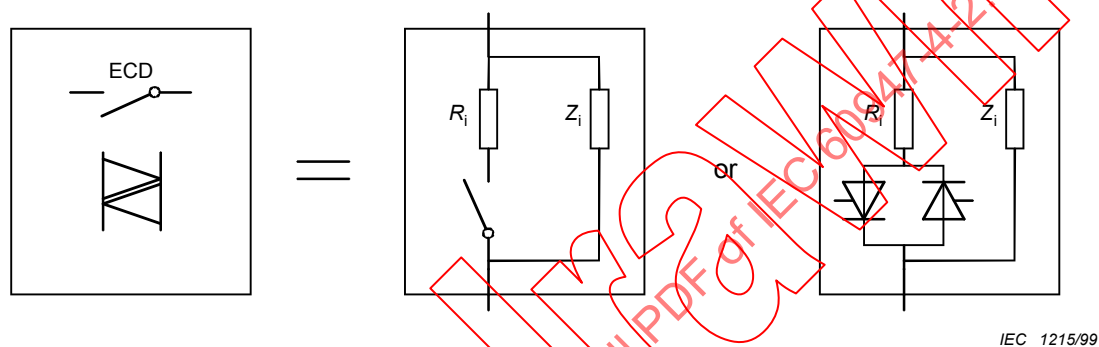


Figure G.1 – Diagrammatic representation of an ECD

G.1.3 Parameters of an ECD

- R_i : internal resistance
- Z_i : internal leakage impedance

NOTE In the case where ECD is a mechanical push button, R_i is often neglected and Z_i is often taken as ∞ .

G.2 Control circuit configurations

G.2.1 Controllers with external control supply

G.2.1.1 Single supply and control input

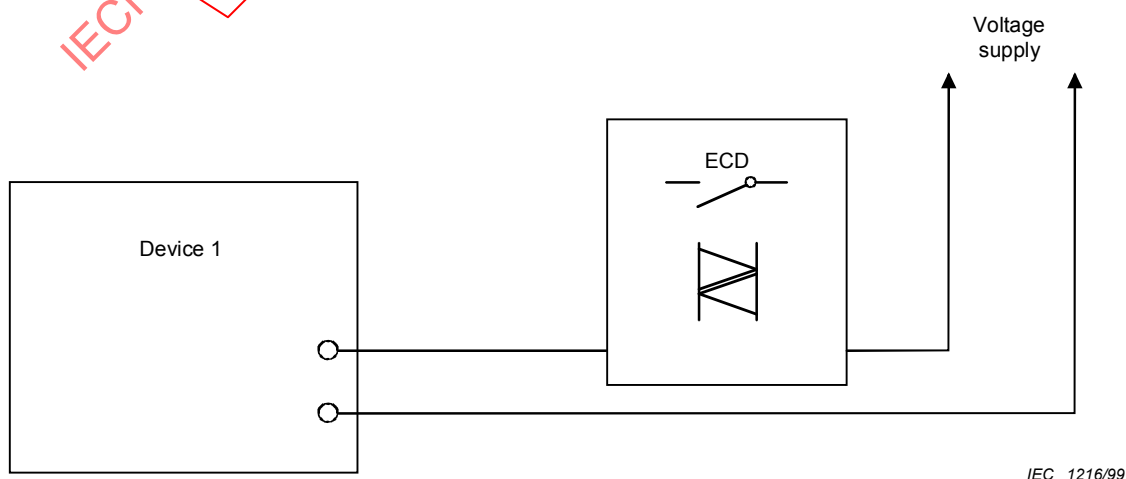


Figure G.2 – Single supply and control input

G.2.1.2 Separate supply and control inputs

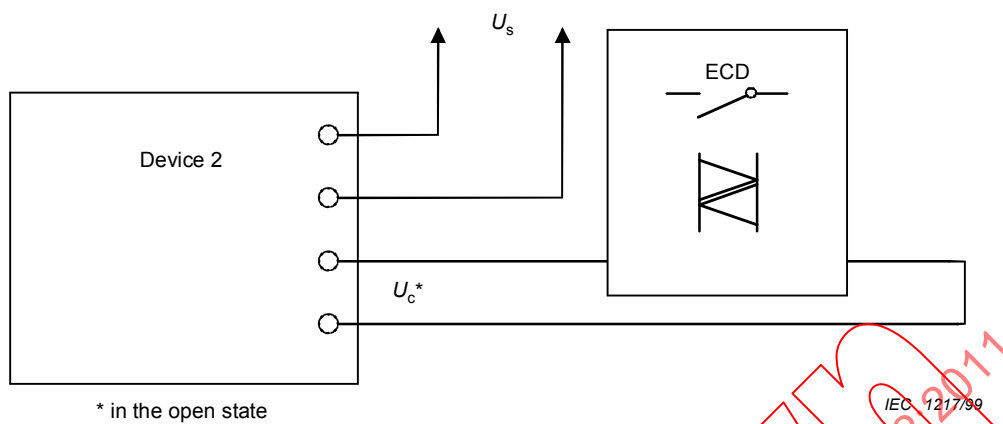


Figure G.3 – Single supply and control input

G.2.2 Controllers with an internal control supply and control input only

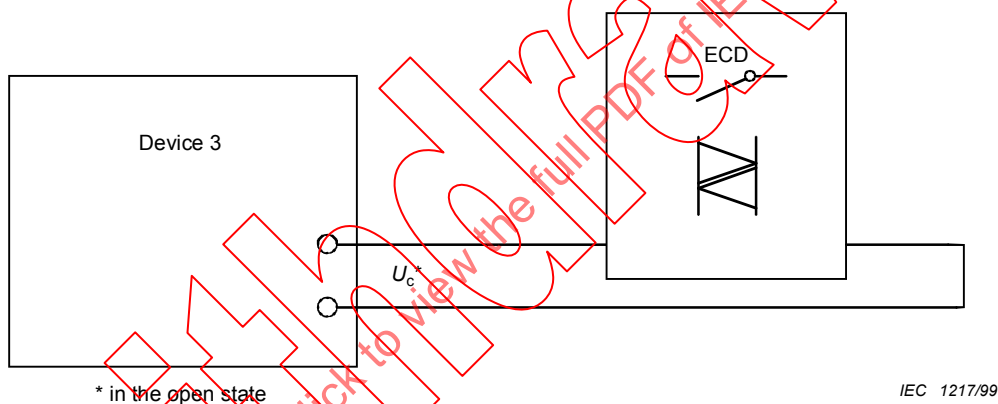


Figure G.4 – Controllers with an internal control supply and control input only

Annex H

Vacant

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

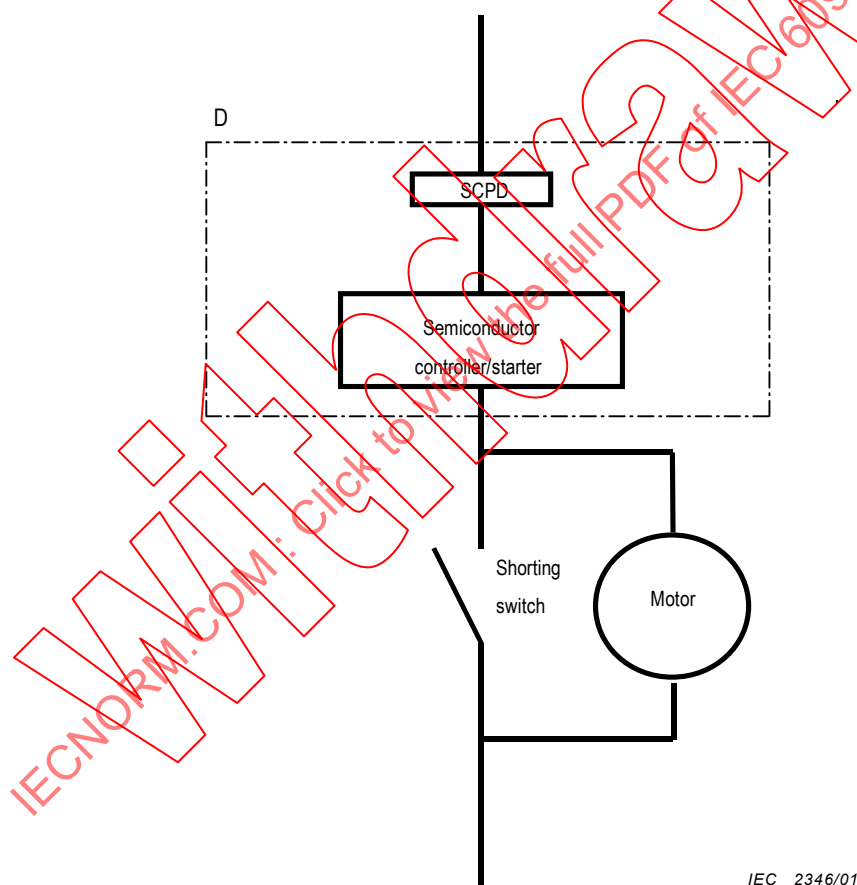
Withdrawn

Annex I (normative)

Modified test circuit for short-circuit testing of semiconductor motor controllers and starters

The standard circuits for short-circuit tests are illustrated in Figures 9 to 12 of IEC 60947-1:2007.

This diagram in Figure I.1 illustrates the modifications to only one phase of the standard test circuit for conducting short-circuit tests of semiconductor controllers. The modifications to each phase of the test circuit are identical for testing polyphase devices. The only modifications to be made are those shown in Figure I.1.

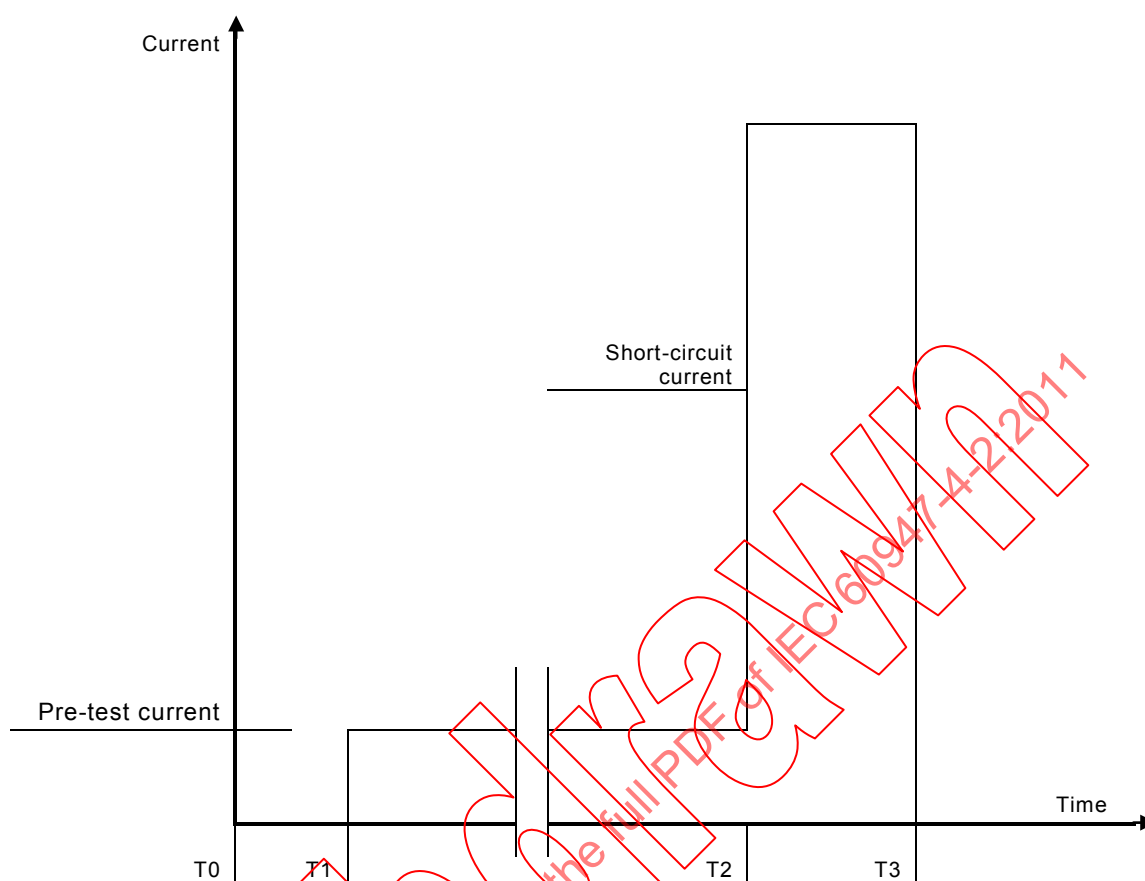


Key

D Equipment under test (including connecting cables)

NOTE Outline includes metallic screen or enclosure.

Figure I.1 – Modified circuit for short-circuit testing of semiconductor devices

**Key**

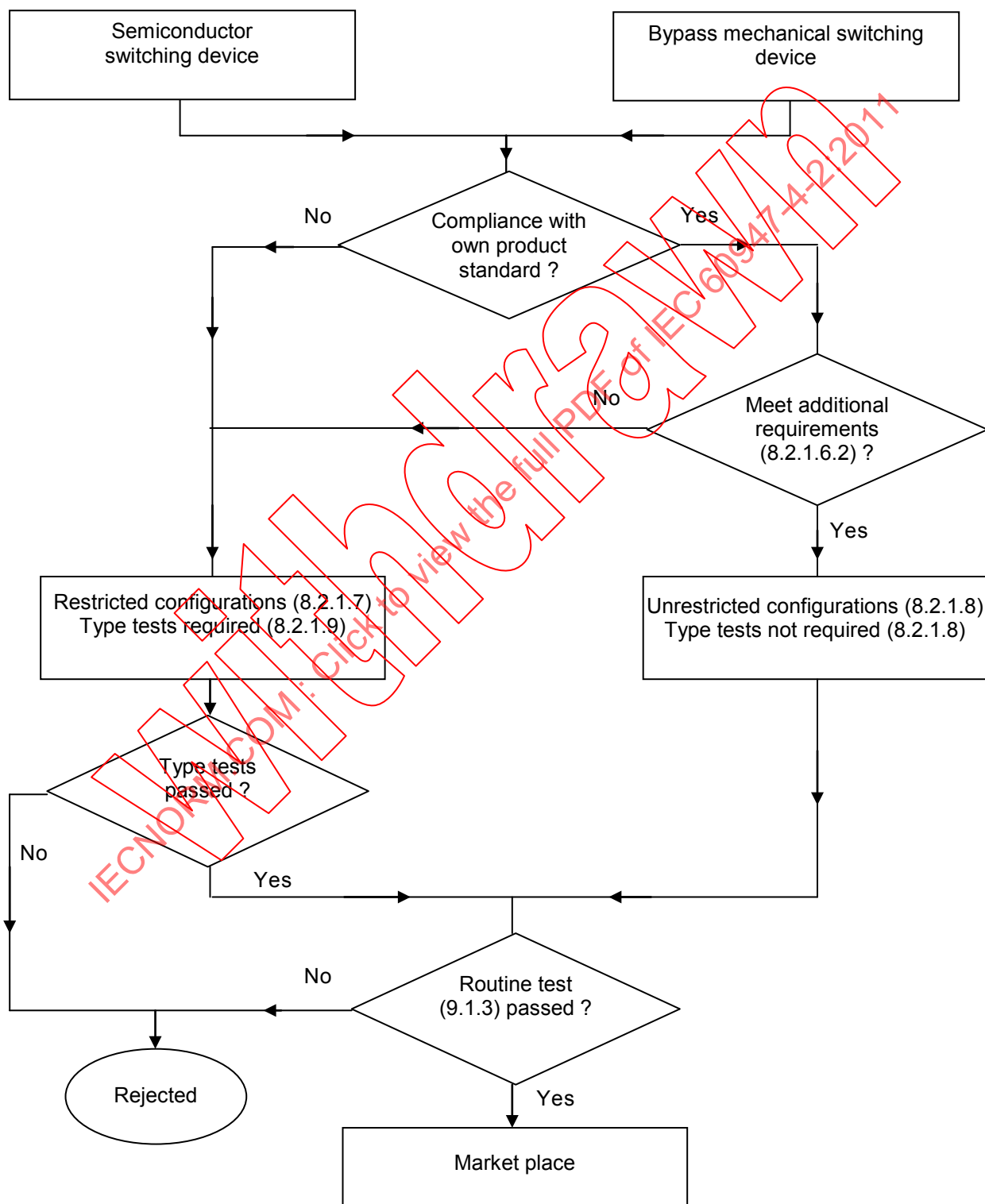
- T0 shorting switch opens (9.3.4.1.6 a)
- T1 test circuit is energized (9.3.4.1.6 b)
- T2 shorting switch is closed (9.3.4.1.6 c)
- T3 SCPD clears the fault

IEC 1115/11

Figure I.2 – Time line for the short-circuit test of 9.3.4.1.6

Annex J (informative)

Flowchart for constructing bypassed semiconductor controllers tests



Annex K (normative)

Extended functions within electronic overload relays

K.1 Scope of this annex

K.1.1 General

This annex is intended to cover extended functions included in electronic overload relays not directly related to the overload protection.

All functions included in these overload relays not covered by this standard should comply with the requirements of relevant standards specifically covering these functions (for example IEC 60255 series, IEC 60947-5 series).

This annex applies only to electronic relays intended for use in a.c. circuits.

K.1.2 Residual current function

Devices reacting to residual differential currents are used as protective systems. Such devices are frequently used in conjunction with or as an integral part of electronic overload relays to detect residual current in the installation or the motor in order to provide additional protection against fire and other hazards which may develop as a result of an earth fault of a lasting nature which cannot be detected by the over-current protective function. The behaviour due to the presence of a d.c. component is not considered.

K.2 Terms and definitions

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

K.2.1

electronic overload relay with residual current (earth fault) function

multipole electronic relay which operates when the vectorial sum of the currents flowing in the main circuit has increased above a predetermined value in accordance with specified requirements

K.2.2

electronic overload relay with current or voltage asymmetry function

electronic overload relay which operates in the case of current or voltage magnitude unbalance in accordance with specified requirements

K.2.3

electronic overload relay with phase reversal function

multipole electronic overload relay which operates in the case of improper phase sequence at the line side of the starter in accordance with specified requirements

K.2.4

over-voltage sensitive electronic overload relay

electronic overload relay which operates in the case of overload and when the voltage has increased above a predetermined value in accordance with specified requirements

K.2.5

inhibit current

I_{ic}

fault current above which a switching device is not initiated to open

K.3 Classification of electronic overload relays

- a) Current and voltage asymmetry relay or release.
- b) Over-voltage relay or release.
- c) Residual current (earth fault) sensing relay or release.
- d) Phase reversal relay or release.

K.4 Type of relays

Type A: a Type A electronic overload relay is one that will initiate opening of the switching device at all levels of fault current.

Type B: a Type B electronic overload relay is one that will not initiate opening of the switching device above a set current level I_{ic} (inhibit current).

K.5 Performance requirements

K.5.1 Limits of operation of residual current electronic overload relays

A residual current overload relay, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device according to the requirements given in Table K.1. For relays or releases with a residual current setting range, the limit of operation of the relay shall be verified at the lowest and highest settings.

Table K.1 – Operating time of residual current electronic overload relays

Multiples of residual current setting	Tripping time T_p ms
$\leq 0,9$	No trip
1,1	$10 < T_p \leq 1\ 000$

K.5.2 Limits of operation of residual current sensing electronic relays Type B

Subclause K.5.1 applies with the following addition.

A residual current sensing electronic relay Type B, when associated with a switching device, shall not initiate operation of the switching device, in the presence of a residual fault current, when the fault current in any phase reaches or exceeds 95 % of the set current level I_{ic} (see Clause K.4) and shall operate to open the equipment when the fault current in any phase is 75 % or less of I_{ic} .

K.5.3 Limits of operation of voltage asymmetry relays

A voltage asymmetry relay, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device within 120 % of the time setting and shall operate to prevent the closing of the switching device when the voltage asymmetry is above 1,2 times the voltage asymmetry setting.

K.5.4 Limits of operation of phase reversal relays

A phase reversal relay, when associated with a switching device, shall permit the closing of the equipment when the voltage sequence of phases on the line side of the starter is the same as the voltage sequence setting. After interchanging two phases, the phase reversal relay shall prevent the closing of the equipment.

K.5.5 Limits of operation of current asymmetry relays

A current asymmetry relay, when associated with a switching device, shall operate to open the equipment within 120 % of the time setting when the current asymmetry is above 1,2 times the current asymmetry setting.

K.5.6 Limits of operation of over-voltage relays and releases

a) Operating voltage

An over-voltage relay or release, when associated with a switching device, shall operate to open the equipment and shall operate to prevent the closing of the equipment when the supply voltage is above the set value, if any, or above 110 % of the rated voltage of the relay or release for a defined duration.

b) Operating time

For a time-delay over-voltage relay or release, the time-lag shall be measured from the instant when the voltage reaches the operating value until the instant when the relay or release actuates the tripping device of the equipment.

K.6 Tests

K.6.1 Limits of operation of residual current sensing electronic relays Type A

The limits of operation shall be in accordance with K.5.1 and verified as follows.

For overload relays with an adjustable residual current setting, the test shall be made at the minimum and at the maximum current settings.

The test circuit shall be in accordance with Figure K.1. The test shall be made at a power factor $\geq 0,8$, at any convenient voltage and any convenient current.

The test circuit being calibrated at each of the values of the residual operating current specified in Table K.1, as applicable, and the switch S1 being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing switch S2.

K.6.2 Limits of operation of residual current sensing electronic relays Type B

Subclause K.6.1 applies with the following addition.

The limits of operation under over-current condition shall be in accordance with K.5.2 and verified as follows.

The test shall be made with a three-phase load, the connections being made according to Figure K.1. The test shall be made at a power factor $\geq 0,8$, at any convenient voltage and any convenient current in the main poles.

For overload relays with an adjustable residual current setting, the test shall be made at the lowest setting.

For overload relays with an adjustable inhibit current setting I_{ic} , the test shall be made at the minimum and at the maximum I_{ic} settings.

The impedance Z_1 is adjusted so as to let a current flow in the circuit equal to

- a) 95 % of the inhibit current I_{ic} ,

The switch S1 being in the closed position, the residual current is established by closing switch S2.

The overload relay shall not trip.

- b) 75 % of the inhibit current I_{ic} .

The switch S1 being in the closed position, the residual current is established by closing switch S2.

The overload relay shall trip.

K.6.3 Current asymmetry relays

The limits of operation shall be verified in accordance with K.5.5.

K.6.4 Voltage asymmetry relays

The limits of operation shall be verified in accordance with K.5.3.

K.6.5 Phase reversal relays

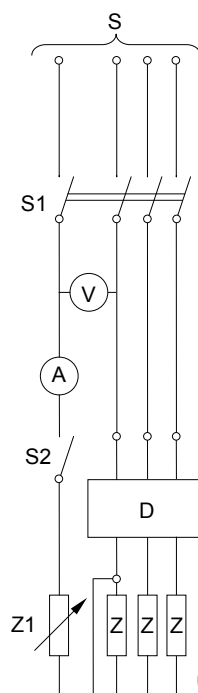
The limits of operation shall be verified in accordance with K.5.4.

K.6.6 Over-voltage relays

The limits of operation shall be verified in accordance with K.5.6.

K.7 Routine and sampling tests

Electronic overload relays with extended functions shall be, in addition to tests of 9.3.6, submitted to additional tests to verify the proper operation of their relevant additional functions, according to K.5.



IEC 2203/06

Key

- S supply
- V voltmeter
- A ammeter
- S1 all-pole switch
- S2 single-pole switch
- D overload relay under test
- Z load circuit
- Z1 adjustable impedance

Figure K.1 – Test circuit for the verification of the operating characteristic of a residual current electronic overload relay

Bibliography

IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*
Amendment 1 (1997)
Amendment 2 (1998)

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

IEC 60146 (all parts) *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors*

IEC 60255 (all parts), *Measuring relays and protection equipment*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60947-5 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements*

IEC/TR 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61000-3-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*
Amendment 1 (2008)
Amendment 2 (2009)

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test*
Amendment 1 (2007)
Amendment 2 (2010)

IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*
Amendment 1 (2010)

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61131-2:2007, *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

IECNorm.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	100
INTRODUCTION.....	102
1 Domaine d'application	103
2 Références normatives.....	104
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	104
3.1 Généralités.....	104
3.2 Index alphabétique des termes.....	105
3.3 Termes et définitions concernant les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif.....	106
3.4 Termes et définitions concernant les gradateurs et démarreurs de moteurs hybrides	109
3.5 Termes et définitions concernant les définitions relatives à la CEM.....	113
3.6 Symboles et abréviations	115
4 Classification.....	115
5 Caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif	115
5.1 Énumération des caractéristiques.....	115
5.2 Type du matériel	116
5.2.1 Variante du matériel	116
5.2.2 Nombre de pôles	116
5.2.3 Nature du courant.....	116
5.2.4 Milieu de coupure (air, vide, etc.).....	116
5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel	116
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux	116
5.3.1 Tensions assignées.....	117
5.3.2 Courants	119
5.3.3 Fréquence assignée.....	119
5.3.4 Service assigné	119
5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et en conditions de surcharge.....	120
5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel.....	122
5.4 Catégorie d'emploi	122
5.4.1 Généralités.....	122
5.4.2 Attribution des caractéristiques assignées suivant les résultats d'essais	122
5.5 Circuits de commande.....	123
5.6 Circuits auxiliaires	124
5.7 Caractéristiques des relais et déclencheurs (relais de surcharge)	124
5.7.1 Énumération des caractéristiques	124
5.7.2 Types du relais ou du déclencheur	124
5.7.3 Valeurs caractéristiques	125
5.7.4 Désignation et courants de réglage des relais de surcharge	126
5.7.5 Caractéristiques temps-courant des relais de surcharge	126
5.7.6 Influence de la température de l'air ambiant	127
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	127
6 Informations sur le matériel	127

6.1	Nature des informations	127
6.2	Marquage	128
6.3	Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien	128
7	Conditions normales de service, de montage et de transport	129
7.1	Conditions normales de service	129
7.1.1	Température de l'air ambiant	129
7.1.2	Altitude	129
7.1.3	Conditions atmosphériques	129
7.1.4	Chocs et vibrations	129
7.2	Conditions pendant le transport et le stockage	129
7.3	Montage	129
7.4	Perturbations du réseau électrique et influences	130
8	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement	130
8.1	Exigences relatives à la construction	130
8.1.1	Généralités	130
8.1.2	Matériaux	130
8.1.3	Parties transportant le courant et leurs connexions	130
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite	130
8.1.5	Organe de commande	130
8.1.6	Indication de la position des contacts	130
8.1.7	Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement	130
8.1.8	Bornes	130
8.1.9	Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre	131
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection	131
8.1.11	Enveloppes pour le matériel	131
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe	131
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	131
8.2	Exigences relatives au fonctionnement	131
8.2.1	Conditions de fonctionnement	131
8.2.2	Echauffement	136
8.2.3	Propriétés diélectriques	139
8.2.4	Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et dans des conditions de surcharge	140
8.2.5	Coordination avec dispositifs de protection contre les courts-circuits	146
8.3	Exigences concernant la CEM	146
8.3.1	Généralités	146
8.3.2	Emission	147
8.3.3	Immunité	147
9	Essais	149
9.1	Nature des essais	149
9.1.1	Généralités	149
9.1.2	Essais de type	149
9.1.3	Essais individuels	150
9.1.4	Essais d'échantillonnage	150
9.1.5	Essais spéciaux	150
9.2	Conformité aux exigences relatives à la construction	150
9.3	Conformité aux exigences relatives au fonctionnement	150
9.3.1	Séquences d'essais	150

9.3.2	Conditions générales d'essai	151
9.3.3	Fonctionnement à vide, dans les conditions normales de charge et dans les conditions de surcharge.....	152
9.3.4	Fonctionnement dans des conditions de court-circuit.....	162
9.3.5	Essais CEM.....	166
9.3.6	Essais individuels et d'échantillonnage.....	170
Annexe A (normative)	Marquage et identification des bornes	172
Annexe B	Disponible.....	175
Annexe C (normative)	Coordination au courant d'intersection entre le démarreur et le DPCC associé	176
Annexe D	Disponible	180
Annexe E	Disponible.....	181
Annexe F (informative)	Aptitude au fonctionnement	182
Annexe G (informative)	Exemples de configurations de circuits de commande.....	186
Annexe H	Disponible	188
Annexe I (normative)	Circuit d'essai modifié pour l'essai de court-circuit des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs.....	189
Annexe J (informative)	Diagramme pour définir les essais des gradateurs à semiconducteurs à dérivation.....	191
Annexe K (normative)	Fonctions étendues des relais électroniques de surcharge.....	192
Bibliographie.....		197
Figure 1 – Appareils à semiconducteurs de commande de moteur		108
Figure 2 – Méthodes de connexion		118
Figure 3 – Essai de la mémoire thermique.....		134
Figure 4 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge temporisés compensés pour la température de l'air ambiant.....		162
Figure C.1 – Exemples de caractéristique de tenue temps-courant		179
Figure F.1 – Profil d'essai de stabilité thermique.....		183
Figure F.2 – Profil d'essai de capacité de surcharge.....		184
Figure F.3 – Profil d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation.....		185
Figure G.1 – Représentation schématique d'un ECD.....		186
Figure G.2 – Entrée unique d'alimentation et de commande.....		187
Figure G.3 – Entrées d'alimentation et de commande séparées		187
Figure G.4 – Gradateurs avec alimentation de commande interne et seulement une entrée de commande		187
Figure I.1 – Circuit modifié pour l'essai de court-circuit des appareils à semiconducteurs.....		189
Figure I.2 – Chronologie pour l'essai de court-circuit de 9.3.4.1.6		190
Figure K.1 – Circuit d'essai pour la vérification de la caractéristique de fonctionnement d'un relais électronique de surcharge à courant résiduel.....		196
Tableau 1 – Fonctions possibles des appareils à semiconducteurs de commande de moteur		109
Tableau 2 – Catégories d'emploi.....		123
Tableau 3 – Niveaux de sévérité relatifs		123

Tableau 4 – Classes de déclenchement des relais de surcharge.....	126
Tableau 5 – Limites de fonctionnement des relais temporisés de surcharge alimentés sur tous leurs pôles	133
Tableau 6 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires temporisés alimentés sur deux pôles seulement	134
Tableau 7 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile.....	138
Tableau 8 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent	139
Tableau 9 – Durée minimale (T_X) de tenue au courant de surcharge en fonction du rapport (X) du courant de surcharge et de la classe correspondante de déclenchement du relais de surcharge (voir Tableau 4).....	141
Tableau 10 – Exigences minimales pour les conditions d'essai de stabilité thermique ^a	142
Tableau 11 – Exigences minimales pour les conditions d'essai de la tenue aux surcharges.....	143
Tableau 12 – Exigences minimales et conditions d'essai pour le fonctionnement avec une charge constituée par un moteur à induction	143
Tableau 13 – Essai de fermeture et de coupure; conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les appareils mécaniques de connexion des gradateurs hybrides de moteurs H1, H2 et H3 et pour certaines variantes de gradateurs à dérivation	145
Tableau 14 – Essai de fonctionnement conventionnel d'établissement et de coupure en service, selon les catégories d'emploi pour les appareils mécaniques de connexion des gradateurs hybrides de moteurs H1B, H2B et H3B et pour certaines variantes de gradateurs à dérivation	145
Tableau 15 – Critères d'acceptation ou d'aptitude à la fonction spécifiques en présence de perturbations électromagnétiques	148
Tableau 16 – Spécifications d'essai pour la stabilité thermique	156
Tableau 17 – Exigences de température initiale du boîtier	157
Tableau 18 – Spécifications d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation	159
Tableau 19 – Limites de perturbation en tension sur les bornes pour les émissions conduites à fréquences radioélectriques	167
Tableau 20 – Limites d'essai d'émissions rayonnées	169
Tableau A.1 – Marquage des bornes des circuits principaux	172
Tableau C.1 – Conditions d'essai.....	178
Tableau K.1 – Temps de fonctionnement des relais électroniques de surcharge à courant résiduel	193

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 60947-4-2 a été établie par le sous-comité 17B: Appareillage à basse tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et ses Amendements 1 (2001) et 2 (2006). Elle constitue une révision technique.

La présente édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente et ses amendements:

- références normatives CEM mises à jour et leurs exigences associées,
- nouvelles références à la CEI 60947-1,
- marquage des relais électroniques sans mémoire thermique,

- marquage de la durée de déclenchement à une température ambiante inférieure ou égale à 0 °C,
- nouvelles exigences d'essai concernant les limites de fonctionnement des relais de surcharge temporisés,
- nouvelles classes de durée de tenue au courant de surcharge,
- essais de chaleur humide, brouillard salin, vibrations et chocs,
- essai de court-circuit dans l'enveloppe la plus petite,
- mise à jour des essais individuels et d'échantillonnage.

La présente norme doit être lue conjointement avec la CEI 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*. Les dispositions des règles générales sont applicables à la présente norme, lorsque cela est spécifiquement mentionné.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17B/1734/FDIS	17B/1741/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60947, présentée sous le titre général *Appareillage à basse tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de juillet 2012 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

La présente norme concerne les gradateurs et les démarreurs basse tension à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif qui ont de nombreuses possibilités et des caractéristiques au-delà de la simple manœuvre de démarrage et d'arrêt d'un moteur à induction, telles que la commande du démarrage et de l'arrêt, le fonctionnement par impulsions et la commande du fonctionnement à vitesse normale.

Le terme générique « gradateur » est utilisé dans la présente norme là où seules les caractéristiques de commutation des éléments de puissance à semiconducteurs représentent l'intérêt essentiel. Le terme générique « démarreur » est utilisé chaque fois que les conséquences de la commande des éléments de commutation de puissance à semiconducteurs associés aux dispositifs adaptés de protection contre les surcharges représentent l'intérêt essentiel. Les désignations spécifiques (par exemple variante 1, HxB, etc.) sont utilisées chaque fois que les caractéristiques spécifiques de ces différentes configurations représentent l'intérêt essentiel.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente norme est applicable aux gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif, qui peuvent comprendre en série des appareils mécaniques de connexion, destinés à être reliés à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif.

La présente norme définit les caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif, avec ou sans dispositif de court-circuitage.

Les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif couverts par la présente norme ne sont normalement pas prévus pour interrompre des courants de court-circuit. Il convient par conséquent qu'une protection adaptée contre les courts-circuits (voir 8.2.5) fasse partie de l'installation, et pas nécessairement du gradateur ou du démarreur à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif.

Dans ce contexte, la présente norme donne des exigences pour les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif associés à des dispositifs séparés de protection contre les courts-circuits.

La présente norme n'est pas applicable

- au fonctionnement continu des moteurs pour courant alternatif à des vitesses de moteur autres que leur vitesse normale;
- au matériel à semiconducteurs, comprenant des contacteurs à semiconducteurs (voir 2.2.13 de la CEI 60947-1:2007) commandant les charges autres que des moteurs;
- aux convertisseurs électroniques de puissance pour courant alternatif couverts par la série CEI 60146.

Il convient que les contacteurs, les relais de surcharge et les dispositifs de circuits de commande utilisés dans les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif soient conformes aux exigences de leur norme de produit applicable. Lors de l'emploi d'appareils mécaniques de connexion, il convient que ceux-ci satisfassent aux exigences de leur propre norme de produit CEI et aux exigences complémentaires de la présente norme.

L'objet de la présente norme est de fixer:

- les caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif et le matériel associé;
- les conditions que remplissent les gradateurs et les démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif pour
 - a) leur fonctionnement et leur comportement;
 - b) leurs propriétés diélectriques;
 - c) les degrés de protection procurés par leurs enveloppes, le cas échéant;
 - d) leur construction;

- les essais prévus pour confirmer que ces conditions ont été remplies, et les méthodes à adopter pour ces essais;
- les informations à donner sur le matériel ou dans les notices techniques du constructeur.

NOTE Pour les besoins de la présente norme, le terme "gradateur" peut être utilisé à la place de "gradateur à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif".

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60034-1:2010, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60085:2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*
Amendement 1 (2009)

CEI 60410:1973, *Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs*

CEI 60664 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*

CEI 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

CISPR 11:2009, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*
Amendement 1 (2010)

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'Article 2 de la CEI 60947-1:2007 ainsi que les termes, définitions, symboles et abréviations suivants s'appliquent.

3.2 Index alphabétique des termes

	Référence
A	
accélération contrôlée.....	3.4.6
appareil de commutation à semiconducteurs.....	3.3.1
aptitude au fonctionnement.....	3.4.18
B	
brouillage (radioélectrique) [RFI].....	3.5.5
C	
compatibilité électromagnétique [CEM]	3.5.1
courant de fuite à l'état non passant [I_L].....	3.4.15
courant minimal de charge.....	3.4.13
courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)	3.4.9
courant présumé à rotor bloqué [I_{LRP}].....	3.4.10
cycle de fonctionnement (d'un gradateur)	3.4.17
D	
décélération contrôlée	3.4.7
démarréur à semiconducteurs de moteur (variante 1, variante 2, variante 3).....	3.3.6
durée à l'état non passant.....	3.4.30
durée à l'état passant	3.4.29
E	
émission électromagnétique.....	3.5.2
état non passant.....	3.4.14
état passant.....	3.4.11
F	
fonction de limitation de courant	3.4.4
fonctionnement contrôlé.....	3.4.8
G	
gradateur à dérivation.....	3.4.31
gradateur à semiconducteurs de moteur (variante 1)	3.3.3
gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif	3.3.2
gradateur à semiconducteurs de moteur pour démarrage direct (DOL) (variante 3)	3.3.5
gradateur à semiconducteurs de moteur pour démarrage progressif (variante 2)	3.3.4
gradateur ou démarreur à semiconducteurs à déclenchement libre	3.4.22
gradateur ou démarreur de moteurs hybrides, variante HxA (où x = 1, 2 ou 3)	3.4.1
gradateur ou démarreur de moteurs hybrides, variante HxB.....	3.4.2
I	
index caractéristique.....	3.4.20
M	
manœuvre (d'un gradateur)	3.4.16
manœuvre CO	3.4.32
manœuvre de déclenchement (d'un gradateur ou démarreur à semiconducteurs)	3.4.21

manœuvre O.....	3.4.33
manœuvre par impulsions.....	3.4.5

P

perturbation électromagnétique; parasite (électromagnétique).....	3.5.3
perturbation radioélectrique; parasite (radioélectrique).....	3.5.4
pleine conduction (état d'un gradateur).....	3.4.12
position d'ouverture.....	3.4.3
profil de courant de surcharge.....	3.4.19

R

relais électronique de surcharge sensible au blocage.....	3.4.27
relais électronique de surcharge sensible au calage.....	3.4.26
relais ou déclencheur à minimum de courant.....	3.4.24
relais ou déclencheur à minimum de tension.....	3.4.25
relais ou déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase.....	3.4.23

S

salve (d'impulsions ou d'oscillations).....	3.5.7
---	-------

T

temps d'inhibition.....	3.4.28
tension de choc (progressive).....	3.5.8
transitoire (adjectif et nom).....	3.5.6

3.3 Termes et définitions concernant les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif

3.3.1

appareil de commutation à semiconducteurs

appareil de connexion conçu pour établir et/ou interrompre le courant dans un circuit électrique au moyen de la commande de la conductivité d'un semiconducteur

NOTE Cette définition diffère de celle de la CEI 60050-441:1984, 441-14-03, car un appareil de commutation à semiconducteurs est également conçu pour interrompre le courant.

[CEI 60947-1:2007, 2.2.3]

3.3.2

gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif

appareil de commutation à semiconducteurs qui assure la fonction de démarrage pour un moteur à courant alternatif et fournit un état non passant

NOTE 1 Etant donné les niveaux dangereux des courants de fuite pouvant exister dans un gradateur à semiconducteurs de moteur à l'état non passant, il convient que les bornes de puissance soient en permanence considérées comme étant sous tension.

NOTE 2 Dans un circuit où le courant passe par zéro (alternativement ou autrement), l'effet de ne pas établir le courant après une telle valeur égale à zéro revient à couper le courant.

3.3.3

gradateur à semiconducteurs de moteur (variante 1)

gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif, dans lequel la fonction de démarrage peut comprendre toute méthode de démarrage spécifiée par le constructeur, et qui fournit les fonctions de commande pouvant inclure toute combinaison de fonctionnement par impulsions, d'accélération contrôlée, de marche à vitesse normale ou de décélération contrôlée d'un moteur pour courant alternatif. Une pleine conduction peut également être fournie

NOTE Voir Figure 1 et Tableau 1.

3.3.4**gradateur à semiconducteurs de moteur pour démarrage progressif (variante 2)**

variante spéciale de gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif, où la fonction de démarrage est limitée à une variation de tension et/ou de courant en rampe, pouvant comprendre l'accélération contrôlée, et où la fonction supplémentaire de commande est limitée à la pleine conduction

NOTE Voir Figure 1 et Tableau 1.

3.3.5**gradateur à semiconducteurs de moteur pour démarrage direct (DOL)¹ (variante 3)**

variante spéciale de gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif, dont la fonction de démarrage est limitée à une méthode de démarrage appliquant la pleine tension sans rampe, et où la fonction supplémentaire de commande est limitée à la pleine conduction

NOTE Voir Figure 1 et Tableau 1.

3.3.6**démarrateur à semiconducteurs de moteur (variante 1, variante 2, variante 3)**

gradateur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif doté d'un dispositif approprié de protection contre les surcharges, dont les caractéristiques sont assignées comme pour un appareil

NOTE Voir Figure 1 et Tableau 1.

¹ DOL = *Direct On Line*.

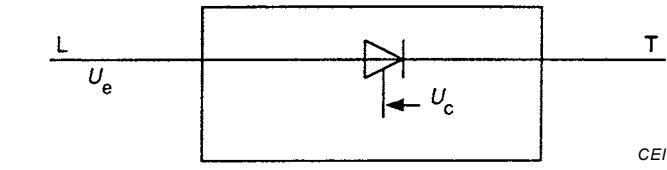
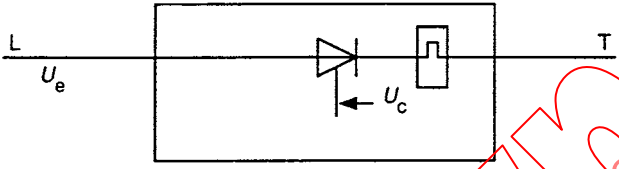
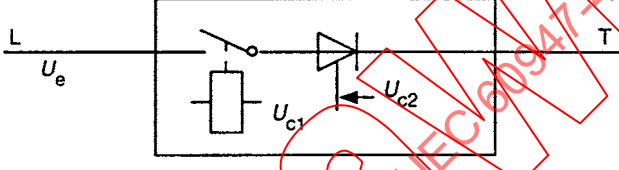
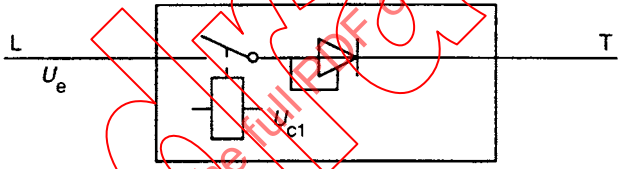
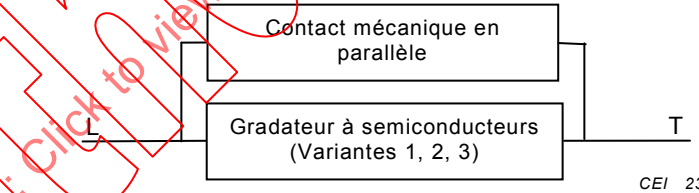
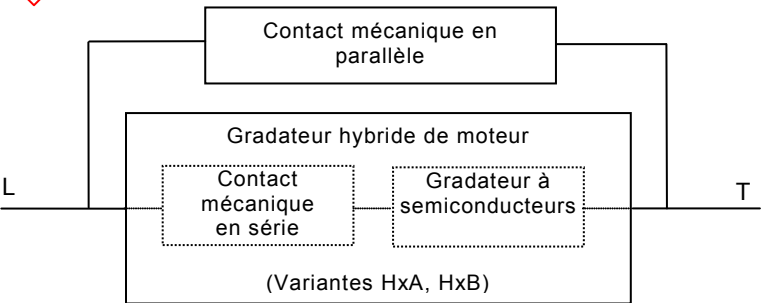
Appareil	
Gradateur à semiconducteurs de moteur (variantes 1, 2, 3)	 CEI 1731/99
Démarreur à semiconducteurs de moteur (variantes 1, 2, 3)	 CEI 1732/99
Gradateur de moteur hybride HxA ^a où x = 1, 2 ou 3	 CEI 1733/99
Gradateur de moteur hybride HxB ^b	 CEI 1734/99
Gradateur à dérivation	 CEI 2344/01
Gradateur hybride de moteur à dérivation ^c	 CEI 2345/01
Démarreur de moteur hybride	Variante H1A ou H1B avec protection de surcharge de moteur Variante H2A ou H2B avec protection de surcharge de moteur Variante H3A ou H3B avec protection de surcharge de moteur
^a Deux commandes séparées pour le gradateur et l'appareil mécanique de connexion en série. ^b Une commande seulement pour l'appareil mécanique de connexion en série. ^c Pour d'autres configurations, les essais peuvent être adaptés de façon appropriée par accord entre l'utilisateur et le constructeur.	

Figure 1 – Appareils à semiconducteurs de commande de moteur

Tableau 1 – Fonctions possibles des appareils à semiconducteurs de commande de moteur

Appareil	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Gradateur à semiconducteurs de moteur	– Etat non passant – Fonction de démarrage – Manœuvre par impulsions – Accélération contrôlée – Vitesse normale – Pleine conduction – Décélération contrôlée	– Etat non passant – Fonction de démarrage – Accélération contrôlée – Pleine conduction	Non disponible
Gradateur DOL à semiconducteurs	Non disponible	Non disponible	– Etat non passant – Fonction de démarrage – Pleine conduction
Démarrreur à semiconducteurs de moteur	Gradateur de variante 1 avec protection de surcharge de moteur	Gradateur de variante 2 avec protection de surcharge de moteur	Non disponible
Démarrreur DOL à semiconducteurs de moteur	Non disponible	Non disponible	Gradateur DOL de moteur de variante 3 avec protection de surcharge de moteur
Gradateur hybride de moteur HxA ^a où x = 1, 2 ou 3	H1A: – Ouvert – Etat non passant – Fonction de démarrage – Fonctionnement par impulsions – Accélération contrôlée – Vitesse normale – Pleine conduction – Décélération contrôlée	H2A: – Ouvert – Etat non passant – Fonction de démarrage – Accélération contrôlée – Pleine conduction	H3A: – Ouvert – Etat non passant – Fonction de démarrage – Pleine conduction
Gradateur hybride de moteur HxB ^b où x = 1, 2 ou 3	H1B: – Ouvert – Fonction de démarrage – Fonctionnement par impulsions – Accélération contrôlée – Vitesse normale – Pleine conduction – Décélération contrôlée	H2B: – Ouvert – Fonction de démarrage – Accélération contrôlée – Pleine conduction	H3B: – Ouvert – Fonction de démarrage – Pleine conduction
Démarrreur de moteur hybride	Variante H1A ou H1B avec protection de surcharge de moteur	Variante H2A ou H2B avec protection de surcharge de moteur	Variante H3A ou H3B avec protection de surcharge de moteur
^a Deux commandes séparées pour le gradateur et l'appareil mécanique de connexion en série.			
^b Une commande seulement pour l'appareil mécanique de connexion en série.			

3.4 Termes et définitions concernant les gradateurs et démarreurs de moteurs hybrides

3.4.1

gradateur ou démarreur de moteurs hybrides, variante HxA (où x = 1, 2 ou 3)

gradateur ou démarreur de moteur à semiconducteurs de variante 1, 2 ou 3 en série avec un appareil mécanique de connexion, et dont les caractéristiques sont assignées comme pour un appareil unique

NOTE 1 Des commandes de contrôle séparées sont prévues pour l'appareil mécanique de connexion en série et le gradateur ou le démarreur à semiconducteurs de moteur. Toutes les fonctions de commande adaptées à la variante de gradateur ou de démarreur de moteur spécifiée sont assurées, avec en plus une position d'ouverture.

NOTE 2 Voir Figure 1.

3.4.2

gradateur ou démarreur de moteurs hybrides, variante HxB

gradateur ou démarreur de moteur à semiconducteurs de variante 1, 2 ou 3 en série avec un appareil mécanique de connexion, et dont les caractéristiques sont assignées comme pour un appareil unique

NOTE 1 Une seule commande de contrôle est prévue pour à la fois l'appareil mécanique de connexion en série et le gradateur ou démarreur à semiconducteurs de moteur. Toutes les fonctions de commande adaptées à la variante de gradateur de moteur spécifiée sont assurées, à l'exception de l'état non passant.

NOTE 2 Voir Figure 1.

3.4.3

position d'ouverture

condition d'un gradateur ou démarreur hybride à semiconducteurs de moteur, où l'appareil mécanique de connexion en série est dans la position d'ouverture

[2.4.21 de la CEI 60947-1:2007, modifiée]

3.4.4

fonction de limitation de courant

aptitude d'un gradateur à limiter le courant moteur à une valeur spécifiée

NOTE Elle ne comprend pas l'aptitude à limiter le courant instantané dans les conditions de court-circuit.

3.4.5

manœuvre par impulsions

tout fonctionnement intentionnel provoquant des variations de courants qui doivent être définies et contrôlées (exemple marche par à-coups, freinage)

NOTE 1 Le démarrage est une fonction nécessaire qui est traitée séparément.

NOTE 2 Les manœuvres de freinage effectuées par un gradateur ou un démarreur à semiconducteurs de moteur à courant alternatif sont considérées comme une manœuvre par impulsions dans le domaine d'application de la présente norme.

3.4.6

accélération contrôlée

contrôle du fonctionnement d'un moteur pendant l'augmentation de la vitesse du moteur en agissant sur l'alimentation du moteur

3.4.7

décélération contrôlée

contrôle du fonctionnement du moteur pendant la réduction de la vitesse du moteur en agissant sur l'alimentation du moteur

3.4.8

fonctionnement contrôlé

contrôle du fonctionnement du moteur en agissant sur l'alimentation, pendant que le moteur tourne à vitesse normale (par exemple économie d'énergie)

3.4.9

courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)

courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle de l'appareil de connexion ou le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

NOTE La méthode à employer pour évaluer et pour exprimer le courant présumé doit être spécifiée dans la norme de produit applicable.

[CEI 60947-1:2007, 2.5.5]

3.4.10**courant présumé à rotor bloqué** I_{LRP}

courant présumé lorsque le moteur est alimenté sous sa tension assignée avec le rotor bloqué

3.4.11**état passant**

état d'un gradateur lorsque le courant de conduction peut passer par son circuit principal

3.4.12**pleine conduction** (état d'un gradateur)

état d'un gradateur dont les fonctions de commande sont réglées pour alimenter la charge sous sa pleine tension

3.4.13**courant minimal de charge**

courant minimal de fonctionnement du circuit principal, nécessaire au fonctionnement correct d'un gradateur à l'état passant

NOTE Il convient d'indiquer la valeur efficace du courant minimal de charge.

3.4.14**état non passant**

état d'un gradateur lorsque aucun signal de commande n'est appliqué et qu'aucun courant de valeur supérieure à celle du courant de fuite à l'état non passant ne passe par son circuit principal

3.4.15**courant de fuite à l'état non passant** I_L

courant que laisse passer le circuit principal d'un gradateur à l'état non passant

3.4.16**manœuvre** (d'un gradateur)

passage de l'état passant à l'état non passant, ou l'inverse

3.4.17**cycle de fonctionnement** (d'un gradateur)

suite de manœuvres d'un état à un autre, et retour au premier état

NOTE Une suite de manœuvres ne formant pas un cycle de fonctionnement est appelée « série de manœuvres ».

3.4.18**aptitude au fonctionnement**

aptitude à effectuer une suite de cycles de fonctionnement sans défaillance, dans des conditions prescrites

3.4.19**profil de courant de surcharge**

coordonnées temps/courant précisant les valeurs des courants de surcharge pendant une certaine durée

NOTE Voir 5.3.5.1.

3.4.20

index caractéristique

informations relatives aux caractéristiques assignées, présentées sous une forme prescrite associant le courant assigné d'emploi, la catégorie d'emploi correspondante, le profil de courant de surcharge et le cycle de service ou la durée à l'état non passant

NOTE Voir 6.1e).

3.4.21

manœuvre de déclenchement (d'un gradateur ou démarreur de moteur)

manœuvre pour établir et maintenir l'état non passant (ou la position d'ouverture dans le cas d'un gradateur ou démarreur de variante HxB), déclenché par un signal de commande

3.4.22

gradateur ou démarreur à déclenchement libre

gradateur ou démarreur qui établit et maintient la condition de l'état non passant, qui ne peut pas être annihilée dans le cas d'une condition de déclenchement

NOTE Dans le cas de la variante HxB, le terme «condition à l'état non passant» est remplacé par le terme «position d'ouverture».

3.4.23

relais ou déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase

relais ou déclencheur de surcharge multipolaire qui fonctionne dans le cas d'une surcharge, et également dans le cas d'une perte de phase, conformément à des exigences spécifiées

3.4.24

relais ou déclencheur à minimum de courant

relais de mesure ou déclencheur qui fonctionne automatiquement lorsque le courant qui le traverse devient inférieur à une valeur prédéterminée

3.4.25

relais ou déclencheur à minimum de tension

relais de mesure ou déclencheur qui fonctionne automatiquement lorsque la tension qui lui est appliquée devient inférieure à une valeur prédéterminée

3.4.26

relais électronique de surcharge sensible au calage

relais électronique de surcharge qui fonctionne lorsque le courant n'a pas diminué en dessous d'une valeur prédéterminée pendant une période de temps spécifique durant le démarrage, ou lorsque le relais reçoit une information lui indiquant qu'il n'y a pas rotation du moteur après un temps prédéterminé, conformément aux exigences spécifiées

NOTE Explication de calage: rotor bloqué pendant le démarrage.

3.4.27

relais électronique de surcharge sensible au blocage

relais électronique de surcharge qui fonctionne dans le cas d'une surcharge, et aussi lorsque le courant a augmenté au-dessus d'une valeur prédéterminée pendant une période de temps spécifique durant le fonctionnement, conformément aux exigences spécifiées

NOTE Explication de blocage: surcharge élevée survenant après achèvement du démarrage qui provoque une augmentation du courant atteignant la valeur correspondant au rotor bloqué du moteur commandé.

3.4.28

temps d'inhibition

temporisation pendant laquelle la fonction de déclenchement du relais est inhibée (peut être réglable)

3.4.29**durée à l'état passant**

période de temps au cours de laquelle le gradateur est en charge

NOTE Voir l'exemple de la Figure F.1.

3.4.30**durée à l'état non passant**

période de temps au cours de laquelle le gradateur est hors charge

NOTE Voir l'exemple de la Figure F.1.

3.4.31**gradateur à dérivation**

matériel dans lequel les contacts principaux d'un appareil mécanique de connexion sont connectés en parallèle avec les bornes du circuit principal d'un appareil de commutation à semiconducteurs, et dont les dispositifs de commande des deux appareils de connexion sont coordonnés

NOTE Voir Figure 1.

3.4.32**manœuvre CO**

coupure du circuit par le dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) résultant de la fermeture du circuit par le matériel soumis à l'essai

3.4.33**manoeuvre O**

coupure du circuit par le dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) résultant de la fermeture du circuit par le matériel soumis à l'essai qui est dans la position fermée

3.5 Termes et définitions concernant les définitions relatives à la CEM

NOTE Par esprit de commodité et afin d'éviter toute confusion, quelques définitions clés de la CEI 60050-161 sont reproduites ici. D'autres explications sont données dans la CEI 61000-2-1.

3.5.1**compatibilité électromagnétique
CEM**

aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement

[CEI 60050-161:1990, 161-01-07]

3.5.2**émission électromagnétique**

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[CEI 60050-161:1990, 161-01-08]

3.5.3**perturbation électromagnétique
parasite (électromagnétique)**

phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système, ou d'affecter défavorablement la matière vibrante ou inerte

NOTE Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même.

[CEI 60050-161:1990, 161-01-05]

3.5.4

perturbation radioélectrique parasite (radioélectrique)

perturbation électromagnétique se manifestant aux radiofréquences

[CEI 60050-161:1990, 161-01-13]

3.5.5

brouillage (radioélectrique) RFI²

trouble apporté à la réception d'un signal utile par une perturbation radioélectrique

NOTE En anglais, les mots «interference» et «disturbance» sont souvent utilisés indifféremment. L'expression «radio-frequency interference» est employée aussi communément pour désigner une perturbation radioélectrique ou un signal non désiré.

[CEI 60050-161:1990, 161-01-14]

3.5.6

transitoire, adjectif et nom

se dit d'un phénomène ou d'une grandeur qui varie entre deux régimes établis consécutifs dans un intervalle de temps relativement court à l'échelle des temps considérée

[CEI 60050-161:1990, 161-02-01]

3.5.7

salve (d'impulsions ou d'oscillations)

suite d'un nombre fini d'impulsions distinctes ou oscillation de durée limitée

[CEI 60050-161:1990, 161-02-07]

3.5.8

tension de choc (progressive)

onde de tension transitoire se propageant le long d'une ligne ou d'un circuit et comportant une montée rapide de la tension suivie d'une décroissance plus lente de celle-ci

[CEI 60050-161:1990, 161-08-11]

² RFI = *Radio Frequency Interference*.

3.6 Symboles et abréviations

Symbole ou abréviation	Description	Définition ou apparition
A_f	Température ambiante finale	9.3.3.3.4
C_f	Température finale du boîtier	9.3.3.3.4
CEM	Compatibilité électromagnétique	3.5.1
EUT ³	Matériel en essai	
I_c	Courant établi et coupé	Tableau 13
I_e	Courant assigné d'emploi	5.3.2.3
I_F	Courant de fuite après l'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation	9.3.3.6.3
I_{init}	Courant d'essai initial	9.3.3.6.2
I_L	Courant de fuite à l'état non passant	3.4.15
I_{LRP}	Courant présumé à rotor bloqué	3.4.10
I_O	Courant de fuite avant l'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation	9.3.3.6.3
I_{th}	Courant thermique conventionnel à l'air libre	5.3.2.1
I_{the}	Courant thermique conventionnel sous enveloppe	5.3.2.2
I_u	Courant assigné ininterrompu	5.3.2.4
RFI	Brouillage (radioélectrique)	3.5.5
DPCC	Dispositif de protection contre les courts-circuits	
U_c	Tension assignée du circuit de commande	5.5
U_e	Tension assignée d'emploi	5.3.1.1
U_i	Tension d'isolement assignée	5.3.1.2
U_{imp}	Tension assignée de tenue aux chocs	5.3.1.3
U_r	Tension de rétablissement à fréquence industrielle	Tableau 11
U_s	Tension assignée d'alimentation du circuit de commande	5.5

4 Classification

Le Paragraphe 5.2 donne toutes les données qui peuvent servir de critères de classification.

5 Caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques des gradateurs et des démarreurs doivent être indiquées de la façon suivante chaque fois que cela est possible:

- type du matériel (5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux (5.3);
- catégorie d'emploi (5.4);
- circuits de commande (5.5);
- circuits auxiliaires (5.6);

³ EUT = *Equipment Under Test*.

- types et caractéristiques des relais et des déclencheurs (5.7);
- coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (5.8).

5.2 Type du matériel

Les éléments suivants doivent être indiqués:

5.2.1 Variante du matériel

Variantes de gradateurs et démarreurs (voir 3.3 et 3.4).

5.2.2 Nombre de pôles

- Nombre de pôles principaux
- Nombre de pôles principaux commandés par un élément de commutation à semiconducteurs

5.2.3 Nature du courant

Alternatif seulement.

5.2.4 Milieu de coupure (air, vide, etc.)

Applicable seulement aux appareils mécaniques de connexion des gradateurs et démarreurs hybrides.

5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel

5.2.5.1 Méthode de fonctionnement

Par exemple:

- gradateur commandé symétriquement (par exemple semiconducteur commandé sur toutes les phases);
- gradateur non commandé symétriquement (par exemple thyristors et diodes).

5.2.5.2 Mode de commande

Par exemple:

- automatique (par auxiliaire automatique de commande ou commande séquentielle);
- non automatique (par exemple boutons-poussoirs);
- semi-automatique (c'est-à-dire en partie automatique, en partie non automatique).

5.2.5.3 Méthode de connexion

Par exemple (voir Figure 2):

- moteur connecté en triangle, thyristors en série avec un bobinage;
- moteur connecté en étoile, thyristors connectés en triangle;
- moteur connecté en triangle, thyristors connectés entre le bobinage et l'alimentation.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux

Les valeurs assignées et les valeurs limites relatives aux gradateurs et aux démarreurs doivent être indiquées conformément aux Paragraphes 5.3.1 à 5.3.6, mais il peut ne pas être nécessaire d'établir toutes les valeurs énumérées par des essais.

5.3.1 Tensions assignées

Un gradateur ou un démarreur est défini par les tensions assignées suivantes.

5.3.1.1 Tension assignée d'emploi (U_e)

Le Paragraphe 4.3.1.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant.

Les valeurs assignées des matériels pour courant alternatif doivent inclure le nombre de phases, à l'exception du cas des matériels destinés de manière évidente uniquement à une utilisation monophasée, qui n'ont pas à inclure le nombre de phases.

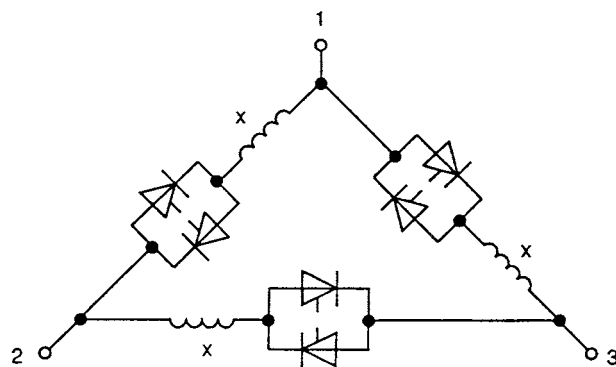
5.3.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

Le Paragraphe 4.3.1.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

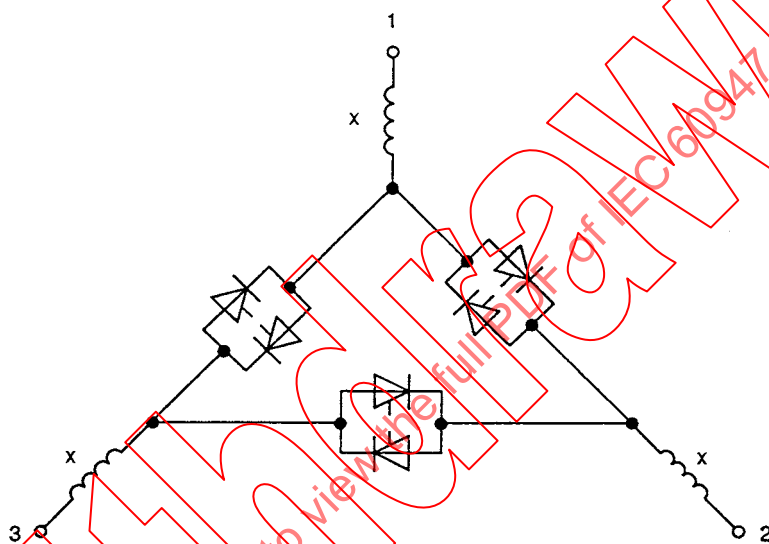
Le Paragraphe 4.3.1.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60947-4-2:2011



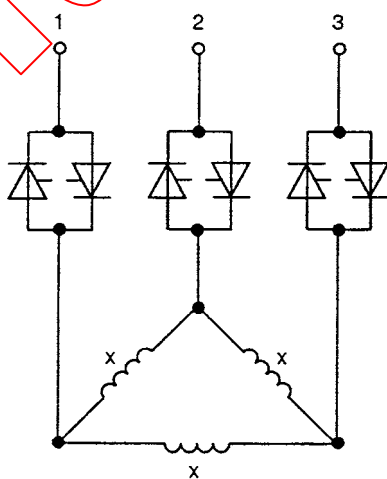
CEI 1735/99

Figure 2a – Moteur en triangle – Thyristors en série avec un bobinage



CEI 1736/99

Figure 2b – Moteur en étoile – Thyristors en triangle



CEI 1737/99

Figure 2c – Moteur en triangle – Thyristors connectés entre le bobinage et l'alimentation

Figure 2 – Méthodes de connexion

5.3.2 Courants

Un gradateur ou un démarreur est défini par les courants suivants:

5.3.2.1 Courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th})

Le Paragraphe 4.3.2.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.2.2 Courant thermique conventionnel sous enveloppe (I_{the})

Le Paragraphe 4.3.2.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.2.3 Courant assigné d'emploi (I_e)

Le courant assigné d'emploi I_e des gradateurs et des démarreurs est le courant normal de fonctionnement lorsque l'appareil est à l'état de pleine conduction, et tient compte de la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1), de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4) de la catégorie d'emploi (voir 5.4), des caractéristiques de surcharge (voir 5.3.5) et du type d'enveloppe de protection, s'il y a lieu.

5.3.2.4 Courant assigné ininterrompu (I_u)

Le Paragraphe 4.3.2.4 :2007 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.3 Fréquence assignée

Le Paragraphe 4.3.3 :2007 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.4 Service assigné

Les services assignés considérés comme normaux sont les suivants:

5.3.4.1 Service de 8 h

Service dans lequel le gradateur ou le démarreur reste à l'état de pleine conduction tout en étant parcouru par un courant constant pendant une durée assez longue pour atteindre l'équilibre thermique, mais ne dépassant pas 8 h sans interruption.

5.3.4.2 Service ininterrompu

Service dans lequel le gradateur ou le démarreur reste à l'état de pleine conduction tout en étant parcouru par un courant constant sans interruption pendant des durées supérieures à 8 h (des semaines, des mois, voire des années).

5.3.4.3 Service intermittent périodique ou service intermittent

Le Paragraphe 4.3.4.3 :2007 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, en modifiant comme suit le premier alinéa:

«Service avec des durées de fonctionnement en charge pendant lesquelles le gradateur ou le démarreur reste à l'état de pleine conduction, et dont la relation avec les durées sans charge est définie, chacune de ces durées étant trop courte pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique.»

5.3.4.4 Service temporaire

Service dans lequel le gradateur ou le démarreur reste à l'état de pleine conduction pendant des durées insuffisantes pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique, les durées de fonctionnement en charge étant séparées par des durées sans charge suffisantes

pour rétablir l'égalité de la température avec celle du milieu de refroidissement. Les valeurs normalisées du service temporaire sont les suivantes:

30 s, 1 min, 3 min, 10 min, 30 min, 60 min et 90 min.

5.3.4.5 Service périodique

Le Paragraphe 4.3.4.5 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.3.4.6 Valeurs et symboles du cycle de service

Dans le cadre de la présente norme, le cycle de service est exprimé par deux symboles, F et S . Ceux-ci décrivent le service, et fixent aussi le délai de refroidissement à prévoir.

F est le rapport de la durée en charge à la durée totale, exprimé en pourcentage.

Les valeurs préférentielles de F sont les suivantes:

$F = 1 \%, 5 \%, 15 \%, 25 \%, 40 \%, 50 \%, 60 \%, 70 \%, 80 \%, 90 \%, 99 \%$.

S est le nombre de cycles de fonctionnement par heure. Les valeurs préférentielles de S sont les suivantes:

$S = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ cycles de fonctionnement par heure.

NOTE D'autres valeurs de F et/ou S peuvent être déclarées par le constructeur.

5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et en conditions de surcharge

Le Paragraphe 4.3.5 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants.

5.3.5.1 Profil de courant de surcharge

Le profil de courant de surcharge donne les coordonnées temps/courant pour les courants de surcharge contrôlés. Il est exprimé par deux symboles, X et T_x .

X exprime le courant de surcharge comme un multiple de I_e , choisi parmi la gamme de valeurs du Tableau 9, et représente la valeur maximale du courant de fonctionnement dû au démarrage, au fonctionnement ou au fonctionnement par impulsions dans des conditions de surcharge. $X = I_{LR}/I_e$ lorsque la fonction de limitation de courant n'existe pas.

Des surintensités voulues ne dépassant pas 10 cycles (par exemple décollage, dégommage, etc.) qui peuvent dépasser les valeurs déclarées de $X \times I_e$, sont négligées pour le profil de courant de surcharge.

T_x exprime la somme des durées des courants de surcharge contrôlés au cours du démarrage, du fonctionnement normal et du fonctionnement par impulsions. Voir Tableau 9.

Pour un démarreur, T_x est la durée de fonctionnement minimale autorisée par les tolérances du relais de surcharge.

5.3.5.2 Aptitude au fonctionnement

L'aptitude au fonctionnement exprime les aptitudes combinées

- de commutation du courant et de tenue au courant à l'état passant; et
- d'établissement et de maintien à l'état non passant (blocage),

sous pleine tension, dans des conditions de charge normale et de surcharge correspondant à la catégorie d'emploi, au profil de courant de surcharge et aux cycles de service spécifiés.

L'aptitude au fonctionnement est caractérisée par

- la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1);
- le courant assigné d'emploi (voir 5.3.2.3);
- le service assigné (voir 5.3.4);
- le profil de courant de surcharge (voir 5.3.5.1);
- la catégorie d'emploi (voir 5.4).

Les exigences sont données en 8.2.4.1.

5.3.5.3 Caractéristiques de démarrage, d'arrêt et de fonctionnement par impulsions

Les conditions représentatives de service des gradateurs et des démarreurs pour moteurs à cage d'écureuil et moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération sont les suivants:

5.3.5.3.1 Caractéristiques de démarrage des moteurs à cage d'écureuil et des moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération

- a) Un seul sens de rotation avec aptitude au contrôle de phase permettant de commander l'accélération jusqu'à la vitesse normale, la décélération jusqu'à l'arrêt ou le fonctionnement transitoire occasionnel sans mise hors tension du gradateur (AC-53a, AC-58a).
- b) Un seul sens de rotation avec aptitude au contrôle de phase permettant de commander l'accélération jusqu'à la vitesse normale. Les gradateurs et les démarreurs ont des caractéristiques assignées pour un service intermittent seulement (AC-53b, AC-58b); par exemple, après le démarrage, le moteur peut être relié à un circuit qui court-circuite les semiconducteurs de puissance.

Deux sens de rotation peuvent être obtenus en inversant les connexions au gradateur ou au moteur par les moyens sortant du cadre de la présente norme, mais qui relèvent de leur propre norme de produit.

On peut également obtenir deux sens de rotation par inversion de phase dans le gradateur ou le démarreur. Les exigences pour cette manœuvre varient en fonction de chaque application. C'est pourquoi la méthode utilisée fera l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

En raison des possibilités de commande des gradateurs et des démarreurs, le courant durant des manœuvres de démarrage, d'arrêt et de fonctionnement transitoire peut être différent des valeurs conventionnelles du courant présumé à rotor bloqué figurant au Tableau 11.

5.3.5.3.2 Caractéristiques de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances munis de gradateurs pour alimenter le stator (AC-52a, AC-52b)

On peut utiliser les démarreurs à semiconducteurs pour alimenter sous tension réduite les enroulements statoriques d'un moteur à bagues, et de ce fait réduire le nombre d'étapes de commutation exigées dans le circuit du rotor. Une ou deux étapes de démarrage conviennent à la plupart des applications suivant le couple de la charge, l'inertie et la sévérité requise pour le démarrage.

NOTE Les démarreurs et les gradateurs traités dans la présente norme ne sont pas destinés à être utilisés dans le circuit rotorique et, par conséquent, il faut que celui-ci soit commandé par les moyens habituels. Il convient que les normes de produits applicables aux circuits rotoriques des démarreurs rotoriques à résistances s'appliquent.

5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel

Le Paragraphe 4.3.6.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

5.4 Catégorie d'emploi

5.4.1 Généralités

Le Paragraphe 4.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant.

Pour les gradateurs et les démarreurs, les catégories d'emploi énumérées au Tableau 2 sont considérées comme normales. Tout autre type d'emploi doit reposer sur un accord entre le constructeur et l'utilisateur, mais les informations données dans le catalogue ou la soumission du constructeur peuvent constituer un tel accord.

Chaque catégorie d'emploi (voir Tableau 2) est caractérisée par les valeurs des courants, des tensions, des facteurs de puissance et des autres données des Tableaux 3, 9, 10 et 11, ainsi que par les conditions d'essai spécifiées dans la présente norme.

Le premier symbole d'identification de la catégorie d'emploi désigne un appareil de commutation à semiconducteurs (par exemple, dans le cadre de la présente norme, un gradateur ou un démarreur de moteur à semiconducteurs). Le deuxième symbole désigne une application spécifique. Le suffixe «a» désigne l'aptitude d'un gradateur à accomplir toute possibilité fonctionnelle citée dans le Tableau 1. Le suffixe «b» désigne l'aptitude d'un gradateur lorsque celle-ci est limitée au passage de l'état non passant à celui de démarrage d'une durée T_x , puis au retour immédiat à l'état non passant pour un cycle de fonctionnement en conformité avec les exigences de 8.2.4.1.

5.4.2 Attribution des caractéristiques assignées suivant les résultats d'essais

Un gradateur ou un démarreur donné, auquel a été attribuée une catégorie d'emploi vérifiée par des essais, peut se voir assigner d'autres caractéristiques sans essai complémentaire, à condition que les points suivants soient respectés:

- le courant et la tension assignés d'emploi vérifiés par des essais ne doivent pas être inférieurs aux caractéristiques à assigner sans essai;
- les exigences relatives à la catégorie d'emploi et au cycle de service pour les caractéristiques assignées par essai doivent être égales à ou plus sévères que celles à assigner sans essai; les niveaux correspondants de sévérité figurent au Tableau 3;
- le profil de courant de surcharge pour les caractéristiques assignées par essai doit être égal à ou plus sévère que celui correspondant aux caractéristiques à assigner sans essai, conformément aux niveaux de sévérité relatifs du Tableau 3. Seules les valeurs de X inférieures à celles essayées peuvent être assignées sans essai.

Tableau 2 – Catégories d'emploi

Catégorie d'emploi	Applications caractéristiques
AC-52a	Commande statique de moteurs à bagues: service de 8 h avec des courants de charge de démarrage, d'accélération et de vitesse normale
AC-52b	Commande statique de moteurs à bagues: service intermittent
AC-53a	Commande de moteurs à cage d'écureuil: service de 8 h avec des courants de charge de démarrage, d'accélération et de vitesse normale
AC-53b	Commande de moteurs à cage d'écureuil: service intermittent
AC-58a	Commande de moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération avec réarmement automatique des déclencheurs de surcharge: service de 8 h avec des courants de charge de démarrage, d'accélération et de vitesse normale
AC-58b	Commande de moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération avec réarmement automatique des déclencheurs de surcharge: service intermittent
NOTE 1 Le dispositif de court-circuitage du gradateur ou démarreur à semiconducteurs peut faire partie intégrante du gradateur/démarreur ou être installé séparément. Il peut aussi être dépendant ou sans restriction, comme spécifié en 8.2.1.7 et 8.2.1.8. NOTE 2 Un moteur de compresseur hermétique de réfrigération est un appareil combiné comprenant un compresseur et un moteur, tous deux enfermés dans le même boîtier, sans arbre ou joint d'arbre extérieur, le moteur fonctionnant dans le réfrigérant.	

Tableau 3 – Niveaux de sévérité relatifs

Niveau de sévérité	Catégorie d'emploi	Profil de courant de surcharge ($X \cdot T_x$)	Exigences pour les durées
Le plus sévère	AC-52a AC-53a AC-58a	Valeur maximale de $(X I_e)^2 \times T_x$ (Note 1)	Valeur maximale de $F \times S$ (Note 2)
	AC-52b AC-53b AC-58b	Valeur maximale de $(X I_e)^2 \times T_x$ (Note 1)	Valeur minimale de temps à l'état non passant (Note 3)
Lorsque la valeur maximale de $(X I_e)^2 \times T_x$ survient pour plus d'une valeur de $X I_e$, la plus grande valeur de $X I_e$ doit s'appliquer. Lorsque la valeur maximale de $F \times S$ survient pour plus d'une valeur de S, la plus grande valeur de S doit s'appliquer. Lorsque la valeur maximale de $(X I_e)^2 \times T_x$ survient pour plus d'une valeur de la durée à l'état non passant, la valeur minimale de la durée à l'état non passant doit s'appliquer.			

5.5 Circuits de commande

Le Paragraphe 4.5.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants:

Se référer à l'Annexe G pour les exemples et les illustrations. Les caractéristiques des circuits électroniques de commande sont les suivantes:

- la nature du courant;
- la puissance consommée;
- la fréquence assignée (ou à courant continu);
- la tension assignée du circuit de commande, U_c (nature: courant alternatif/courant continu);
- la tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s (nature: courant alternatif/courant continu);

- la nature des dispositifs du circuit de commande (contacts, capteurs).

NOTE Une distinction est faite entre la tension du circuit de commande, U_c , qui est le signal de commande d'entrée, et la tension d'alimentation du circuit de commande, U_s , qui est la tension à appliquer pour alimenter les bornes d'alimentation du circuit de commande du matériel, et qui peut être différente de U_c , en raison de la présence d'appareils incorporés tels que transformateurs, redresseurs, résistances, etc.

5.6 Circuits auxiliaires

Le Paragraphe 4.6 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants:

Les circuits électroniques auxiliaires remplissent des fonctions utiles (par exemple surveillance, acquisition de données, etc.), qui ne relèvent pas nécessairement des processus directs d'obtention des caractéristiques.

Dans des conditions normales, les circuits auxiliaires sont caractérisés de la même façon que les circuits de commande, et sont tributaires des mêmes exigences. Si les fonctions auxiliaires comprennent des caractéristiques inhabituelles de fonctionnement, il convient de demander au constructeur d'en définir les valeurs critiques.

Les entrées et/ou sorties numériques contenues dans les contacteurs et les démarreurs de moteurs, destinées à être compatibles avec les automates programmables, doivent satisfaire aux exigences de l'Annexe S de la CEI 60947-1:2007.

5.7 Caractéristiques des relais et déclencheurs (relais de surcharge)

NOTE Dans le reste de la présente norme, on emploiera l'expression «relais de surcharge» pour désigner, suivant le cas, aussi bien un relais de surcharge qu'un déclencheur de surcharge.

5.7.1 Enumération des caractéristiques

Les caractéristiques des relais et des déclencheurs doivent être indiquées dans les termes suivants, s'il y a lieu:

- types du relais ou du déclencheur (voir 5.7.2);
- valeurs caractéristiques (voir 5.7.3);
- désignation et courant de réglage des relais de surcharge (voir 5.7.4);
- caractéristiques temps-courant des relais de surcharge (voir 5.7.5);
- influence de la température de l'air ambiant (voir 5.7.6).

5.7.2 Types du relais ou du déclencheur

- a) Relais ou déclencheur d'ouverture à minimum de tension et à minimum de courant.
- b) Relais de surcharge à fonctionnement différé, dont le retard est
 - 1) notablement indépendant de la charge préalable;
 - 2) dépendant de la charge préalable;
 - 3) dépendant de la charge préalable et également sensible à une perte de phase.
- c) Relais ou déclencheur à maximum de courant à fonctionnement instantané (par exemple sensible au blocage).
- d) Autres relais ou déclencheurs (par exemple relais de commande associé à des dispositifs de protection thermique du démarreur).
- e) Relais ou déclencheur de calage.

5.7.3 Valeurs caractéristiques

- a) Déclencheur shunt, relais ou déclencheur d'ouverture à minimum de tension (minimum de courant), à maximum de tension (maximum de courant à fonctionnement instantané), à asymétrie de courant ou de tension et à inversion de phase:
- tension (ou courant) assigné(e);
 - fréquence assignée;
 - tension (courant) de fonctionnement;
 - temps de fonctionnement (s'il y a lieu);
 - temps d'inhibition (s'il y a lieu).
- b) Relais de surcharge:
- désignation et courant de réglage (voir 5.7.4);
 - fréquence assignée, si nécessaire (par exemple dans le cas d'un relais de surcharge alimenté par un transformateur de courant);
 - caractéristiques temps-courant (ou domaine de caractéristiques), s'il y a lieu;
 - classe de déclenchement selon la classification du Tableau 4, ou valeur de la durée maximale de déclenchement, exprimée en secondes, dans les conditions spécifiées en 8.2.1.5.1.1.1 et au Tableau 5, colonne *D*, lorsque cette durée dépasse 30 s;
 - nature du relais: thermique, électronique ou électronique sans mémoire thermique; les relais électroniques sans mémoire thermique doivent être marqués ~~Thm~~;
 - nature du réarmement: manuel ou automatique;
 - temps de déclenchement des relais de surcharge de classe 10A, lorsque celui-ci est supérieur à 2 min à 0 °C ou moins (voir 8.2.1.5.1.1.1, point c).
- c) Déclencheur avec relais de détection de courant résiduel:
- courant assigné;
 - courant de fonctionnement;
 - temps de fonctionnement ou caractéristique temps-courant selon le Tableau K.1;
 - temps d'inhibition (s'il y a lieu);
 - désignation du type (voir Annexe K).

Tableau 4 – Classes de déclenchement des relais de surcharge

Classe de déclenchement	Temps de déclenchement T_p dans les conditions spécifiées en 8.2.1.5.1.1.1 et au Tableau 5, colonne D ^a	Temps de déclenchement T_p dans les conditions spécifiées en 8.2.1.5.1.1.1 et au Tableau 5, colonne D pour les tolérances plus étroites (bande de tolérance E) ^a
	s	s
2	–	$T_p \leq 2$
3	–	$2 < T_p \leq 3$
5	$0,5 < T_p \leq 5$	$3 < T_p \leq 5$
10A	$2 < T_p \leq 10$	–
10	$4 < T_p \leq 10$	$5 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$	$10 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$	$20 < T_p \leq 30$
40	–	$30 < T_p \leq 40$
NOTE 1 Selon la nature du relais, les conditions de déclenchement sont données en 8.2.1.5.		
NOTE 2 Les valeurs limites les plus faibles de T_p sont choisies pour tenir compte des différentes caractéristiques de l'élément chauffant et tolérances de fabrication.		
^a Le constructeur doit ajouter la lettre E aux classes de déclenchement, pour indiquer la conformité à la bande E.		

5.7.4 Désignation et courants de réglage des relais de surcharge

Les relais de surcharge sont désignés par leur courant de réglage (ou les limites supérieure et inférieure du domaine du courant de réglage, si celui-ci est réglable) et leur classe de déclenchement.

Le courant de réglage (ou le domaine des courants de réglage) doit être marqué sur les relais.

Cependant, si le courant de réglage dépend des conditions d'utilisation ou d'autres facteurs qui ne peuvent facilement être marqués sur le relais, le relais ou toute partie remplaçable de celui-ci (par exemple éléments chauffants, bobines de commande ou transformateurs de courant) doit porter un numéro ou un repère d'identification permettant d'obtenir les renseignements correspondants auprès du constructeur ou dans son catalogue ou, de préférence, à partir d'indications fournies avec le démarreur.

Pour les relais de surcharge fonctionnant à l'aide d'un transformateur de courant, les indications peuvent se rapporter soit au courant dans le primaire du transformateur de courant qui les alimente, soit au courant de réglage des relais de surcharge. Dans l'un et l'autre cas, le rapport de transformation du transformateur de courant doit être indiqué.

5.7.5 Caractéristiques temps-courant des relais de surcharge

Les caractéristiques temps-courant typiques doivent être données sous forme de courbes fournies par le constructeur. Ces courbes doivent indiquer comment le temps de déclenchement, à partir de l'état froid (voir 5.7.6), varie en fonction du courant jusqu'à une valeur d'au moins la valeur maximale ($X \times I_e$). Le constructeur doit être en mesure d'indiquer, par des moyens appropriés, les tolérances générales relatives à ces courbes ainsi que les sections des conducteurs utilisées pour établir ces courbes (voir 9.3.3.6.5, point c)).

NOTE Il est recommandé de porter le courant en abscisses et le temps en ordonnées, en utilisant des échelles logarithmiques. Il est recommandé de porter le courant en multiples du courant de réglage et le temps en secondes, en utilisant les échelles normalisées décrites dans la CEI 60269-1.

5.7.6 Influence de la température de l'air ambiant

Les caractéristiques temps-courant (voir 5.7.5) correspondent à une valeur déterminée de la température de l'air ambiant, et elles se rapportent à une absence de charge préalable du relais de surcharge (c'est-à-dire à un état initial froid). Cette valeur de température de l'air ambiant doit être clairement indiquée sur les courbes de temporisation; les valeurs préférentielles sont +20 °C ou +40 °C.

Les relais de surcharge doivent pouvoir fonctionner dans le domaine de températures de l'air ambiant comprises entre 0 °C et +40 °C; le constructeur doit être en mesure de spécifier l'effet des variations de la température de l'air ambiant sur les caractéristiques des relais de surcharge.

5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

Les gradateurs et les démarreurs sont définis par le type, les grandeurs assignées et les caractéristiques de DPCC à utiliser afin de fournir la sélectivité pour les surintensités entre le démarreur et le DPCC, et la protection correcte du gradateur et du démarreur contre les courants de court-circuit.

Les exigences sont données en 8.2.5 de la présente norme et en 4.8 de la CEI 60947-1:2007.

6 Informations sur le matériel

6.1 Nature des informations

Les informations suivantes doivent être données par le constructeur:

Identification

- a) nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- b) désignation du type ou numéro de série;
- c) numéro de la présente norme;

Caractéristiques, valeurs assignées fondamentales et utilisation

- d) tensions assignées d'emploi (voir 5.3.1.1);
- e) courants assignés d'emploi, catégorie d'emploi correspondante (5.4), profil du courant de surcharge (5.3.5.1), et cycle de service (5.3.4.6) ou durée à l'état non passant, comprenant l'index caractéristique;

- La représentation prescrite pour AC-52a, AC-53a, AC-58a est donnée en exemple:

100 A: AC-53a: 6-6: 60-1

Cet exemple indique un courant assigné de 100 A pour des applications générales avec moteur à cage d'écureuil. L'appareil peut supporter un courant de 600 A pendant 6 s; un facteur de marche de 60 %; un cycle normalisé de fonctionnement par heure.

- La représentation prescrite pour AC-52b, AC-53b, AC-58b est donnée en exemple:

100 A: AC-53b: 3-52: 1 440

Cet exemple indique un courant assigné de 100 A pour le démarrage seulement. L'appareil peut supporter 300 A pendant 52 s; il ne faut pas que la durée à l'état non passant soit inférieure à 1 440 s avant de procéder à un nouveau démarrage.

- f) soit la valeur de la fréquence assignée 50/60 Hz, soit d'autres fréquences assignées, par exemple 16 2/3 Hz, 400 Hz;
- g) indication des services assignés, s'il y a lieu (5.3.4.3);
- h) désignation de la variante (par exemple variante 1, ou variante H1A, voir Tableau 1);

Sécurité et installation

- i) tension assignée d'isolement (5.3.1.2);
- j) tension assignée de tenue aux chocs (5.3.1.3);
- k) code IP, dans le cas de matériel sous enveloppe (8.1.11);
- l) degré de pollution (7.1.3.2);
- m) courant assigné de court-circuit conditionnel et type de coordination du gradateur ou du démarreur, et type, courant assigné et caractéristiques du DPCC associé (voir 5.8);

Circuits de commande

- n) tension assignée du circuit de commande U_c , nature du courant et fréquence assignée et, si nécessaire, tension assignée d'alimentation du circuit de commande U_s , nature du courant et fréquence assignée, et toute autre information nécessaire (par exemple exigences d'impédance d'adaptation), afin d'assurer un fonctionnement satisfaisant des circuits de commande (voir Annexe G pour des exemples de configurations de circuits de commande);

Circuits auxiliaires

- o) nature et caractéristiques assignées des circuits auxiliaires (5.6);

Relais et déclencheurs de surcharge

- p) caractéristiques selon 5.7.2, 5.7.5 et 5.7.6;
- q) caractéristiques selon 5.7.3 et 5.7.4;

Niveaux d'émission et d'immunité CEM

- r) classe d'appareils et exigences spécifiques nécessaires pour maintenir la conformité (voir 8.3.2);
- s) niveaux d'immunité obtenus et exigences spécifiques nécessaires pour maintenir la conformité (voir 8.3.3).

6.2 Marquage

Le Paragraphe 5.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique aux gradateurs et aux démarreurs, avec les ajouts suivants:

Les indications des points c) à s) de 6.1 doivent figurer sur la plaque signalétique ou sur le matériel, ou sur les notices techniques du constructeur.

Les indications des points c), k) et q) de 6.1 doivent être marquées sur le matériel; les caractéristiques temps-courant (ou plage de caractéristiques) peuvent être fournies dans les notices techniques du constructeur.

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien

Le Paragraphe 5.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant.

Pour les produits répondant aux dispositions de la présente norme, les points spécifiques suivants doivent être considérés:

- dans l'éventualité d'un court-circuit;

- dans le cas d'appareils de connexion des gradateurs à dérivation seulement pour une utilisation limitée (voir 8.2.1.9);
- dans l'éventualité d'un échauffement supérieur à 50 K de la surface du radiateur métallique de l'appareil.

Le constructeur d'un démarreur incorporant un relais de surcharge pourvu d'un dispositif permettant un redémarrage automatique doit fournir, avec le démarreur, les renseignements nécessaires pour alerter l'utilisateur de la possibilité d'un redémarrage automatique.

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'Article 6 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les exceptions suivantes:

7.1 Conditions normales de service

Le Paragraphe 6.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les exceptions suivantes.

7.1.1 Température de l'air ambiant

Le Paragraphe 6.1.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'exception que toutes les références à -5 °C sont remplacées par 0 °C .

7.1.2 Altitude

L'altitude du lieu où le matériel est installé n'excède pas 1 000 m.

NOTE Pour les matériels destinés à être utilisés à des altitudes supérieures, il est nécessaire de tenir compte de la diminution de la rigidité diélectrique et du pouvoir réfrigérant de l'air. Le matériel électrique prévu pour fonctionner dans ces conditions est construit ou utilisé conformément à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

7.1.3 Conditions atmosphériques

7.1.3.1 Humidité

Le Paragraphe 6.1.3.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

7.1.3.2 Degrés de pollution

Sauf spécification contraire du constructeur, les gradateurs et les démarreurs sont destinés à être utilisés dans des conditions d'environnement de degré de pollution 3, définies en 6.1.3.2 de la CEI 60947-1:2007. Toutefois, d'autres degrés de pollution peuvent s'appliquer, en fonction du micro-environnement.

7.1.4 Chocs et vibrations

Le Paragraphe 6.1.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

7.2 Conditions pendant le transport et le stockage

Le Paragraphe 6.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

7.3 Montage

Le Paragraphe 6.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique; pour ce qui concerne la CEM, voir 8.3 et 9.3.5 ci-dessous.

7.4 Perturbations du réseau électrique et influences

Pour ce qui concerne la CEM, voir 8.3 et 9.3.5.

8 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement

8.1 Exigences relatives à la construction

8.1.1 Généralités

Le Paragraphe 7.1.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.2 Matériaux

8.1.2.1 Exigences générales relatives aux matériaux

Le Paragraphe 7.1.2.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique

8.1.2.2 Essai au fil incandescent

Le Paragraphe 7.1.2.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants.

Lorsque les essais sur le matériel ou sur des parties issues du matériel sont utilisés, les pièces de matériau isolant nécessaires au maintien en position des parties conductrices doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent de 8.2.1.1.1 de la CEI 60947-1:2007, à une température d'essai de 850 °C.

8.1.2.3 Essai fondé sur la catégorie d'inflammabilité

Le Paragraphe 7.1.2.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.3 Parties transportant le courant et leurs connexions

Le Paragraphe 7.1.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Le Paragraphe 7.1.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec la note suivante.

NOTE La nature même d'un semiconducteur le rend inadapté à une utilisation à des fins d'isolement.

8.1.5 Organe de commande

Disponible.

8.1.6 Indication de la position des contacts

Disponible.

8.1.7 Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement

Disponible.

8.1.8 Bornes

Le Paragraphe 7.1.8 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, mais avec les exigences supplémentaires suivantes.

8.1.8.4 Identification et marquage des bornes

Le Paragraphe 7.1.8.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les exigences complémentaires de l'Annexe A.

8.1.9 Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre

Disponible.

8.1.10 Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection

Le Paragraphe 7.1.10 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.11 Enveloppes pour le matériel

Le Paragraphe 7.1.11 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.12 Degrés de protection du matériel sous enveloppe

Le Paragraphe 7.1.12 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.1.13 Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques

Le Paragraphe 7.1.13 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2 Exigences relatives au fonctionnement

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Généralités

Les appareils auxiliaires utilisés dans les gradateurs et les démarreurs doivent être manœuvrés suivant les instructions du constructeur et suivant la norme de produit correspondante.

8.2.1.1.1 Les gradateurs et les démarreurs doivent être construits de façon à

- a) être à déclenchement libre;
- b) être susceptibles de revenir à l'état passant ou non passant par les moyens prévus lorsqu'ils sont en fonctionnement, et à tout instant durant la séquence de démarrage ou au cours de n'importe quelle manœuvre.

La conformité est vérifiée selon 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.2 Les gradateurs et les démarreurs ne doivent pas présenter de mauvais fonctionnement sous l'effet de chocs mécaniques ou sous l'effet de perturbations électromagnétiques causés par le fonctionnement de leurs appareils internes.

La conformité est vérifiée selon 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.3 Les contacts mobiles des appareils mécaniques de connexion en série dans les gradateurs et démarreurs hybrides doivent être couplés mécaniquement, afin que tous les pôles ferment et ouvrent pratiquement ensemble, lorsqu'ils sont commandés manuellement ou automatiquement.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement des gradateurs et démarreurs

Les gradateurs ou démarreurs doivent fonctionner de façon satisfaisante à toute tension comprise entre 85 % et 110 % de leur tension assignée d'emploi, U_e , et de leur tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , lorsqu'ils sont essayés selon 9.3.3.6.3. Lorsqu'un domaine de tension est annoncé, 85 % doivent s'appliquer à la valeur la plus basse et 110 % à la valeur la plus forte.

8.2.1.3 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de tension

Disponible

8.2.1.4 Limites de fonctionnement des déclencheurs shunt

Disponible

8.2.1.5 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à détection de courant

8.2.1.5.1 Relais et déclencheurs des démarreurs

8.2.1.5.1.1 Limites de fonctionnement des relais de surcharge temporisés quand tous leurs pôles sont alimentés

8.2.1.5.1.1.1 Exigences générales de déclenchement des relais de surcharge

NOTE 1 La protection thermique des moteurs en présence d'harmoniques dans la tension d'alimentation est à l'étude.

Les relais doivent satisfaire aux exigences du Tableau 5, lorsqu'ils sont essayés comme suit:

- le relais de surcharge ou le démarreur étant dans son enveloppe, s'il en est normalement équipé, le déclenchement ne doit pas se produire en moins de 2 h à A fois le courant de réglage, à partir de l'état froid, à la température de référence de l'air ambiant précisée au Tableau 5. Cependant, lorsque les bornes du relais de surcharge ont atteint l'équilibre thermique, avec le courant d'essai, en moins de 2 h, la durée de l'essai peut être le temps mis pour atteindre cet équilibre thermique;
- lorsque le courant est ensuite augmenté à B fois la valeur du courant de réglage, le déclenchement doit se produire en moins de 2 h;
- pour les relais de surcharge de classes 2, 3, 5 et 10 A alimentés à C fois leur courant de réglage, le déclenchement doit se produire en moins de 2 min, à partir de l'équilibre thermique, au courant de réglage, conformément au 9.3.3 de la CEI 60034-1:2010;

NOTE 2 Le Paragraphe 9.3.3 de la CEI 60034-1:2010 indique ce qui suit: «Les moteurs polyphasés dont la puissance assignée est inférieure ou égale à 315 kW et dont la tension assignée est inférieure ou égale à 1 kV doivent être capables de supporter un courant égal à 1,5 fois le courant assigné pendant au moins 2 min.».

- pour les relais de surcharge de classes 10, 20, 30 et 40 alimentés à C fois leur courant de réglage, le déclenchement doit se produire en moins de 4 min, 8 min, 12 min ou 16 min respectivement, à partir de l'équilibre thermique, au courant de réglage;
- à D fois le courant de réglage, le déclenchement doit se produire dans les limites fixées au Tableau 4, pour la classe de déclenchement et la bande de tolérance appropriées, à partir de l'état froid.

Dans le cas de relais de surcharge ayant un domaine de courants de réglage, les limites de fonctionnement doivent s'appliquer aussi bien lorsque le relais est parcouru par le courant correspondant au réglage maximal, que lorsqu'il est parcouru par le courant correspondant au réglage minimal.

Pour les relais de surcharge non compensés, la caractéristique multiple courant/température ambiante ne doit pas dépasser 1,2 %/K.

NOTE 3 1,2 %/K est la caractéristique de déclassement des conducteurs isolés au PVC.

Un relais de surcharge est considéré comme compensé s'il satisfait aux exigences du Tableau 5 à +20 °C et s'il se trouve dans les limites du Tableau 5 à d'autres températures.

Tableau 5 – Limites de fonctionnement des relais temporisés de surcharge alimentés sur tous leurs pôles

Type de relais de surcharge	Multiples de la valeur du courant de réglage				Valeurs de température de l'air ambiant
	A	B	C	D	
Type thermique non compensé pour les variations de température de l'air ambiant	1,0	1,2 ^b	1,5	7,2	+40 °C
Type thermique compensé pour les variations de température de l'air ambiant	c	c	–	–	Moins de 0 °C ^d
	1,05	1,3	1,5	–	0 °C
	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	+20 °C
	1,0	1,2 ^b	1,5	–	+40 °C
	c	c	–	–	Plus de +40 °C ^d
Type électronique ^a	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	0 °C, +20 °C et +40 °C

^a Ces essais A, B et D doivent être réalisés uniquement à 20 °C.

^b Si cela est spécifié par le constructeur, le courant de déclenchement pourrait ne pas être égal à 120 %, mais il ne doit pas dépasser 125 %. Dans ce cas, la valeur du courant d'essai doit être égale à la valeur du courant de déclenchement. Dans ce cas, la valeur du courant de déclenchement doit être marquée sur le produit.

^c Il convient que le constructeur déclare les multiples de courant de réglage.

^d Voir 9.3.3.6.5 pour les essais en dehors de la plage 0 °C à +40 °C.

8.2.1.5.1.1.2 Essai de vérification de la mémoire thermique

A moins que le constructeur n'ait spécifié que l'appareil ne comporte pas de mémoire thermique, les relais électroniques de surcharge doivent satisfaire aux exigences suivantes (voir Figure 3):

- appliquer un courant égal à I_e jusqu'à ce que l'appareil ait atteint l'équilibre thermique;
- interrompre le courant pendant une période de $2 \times T_p$ (voir Tableau 4) avec une tolérance relative de $\pm 10 \%$ (ou T_p est le temps mesuré au courant D , selon le Tableau 5);
- appliquer un courant égal à $7,2 \times I_e$;
- le relais doit déclencher dans les 50 % du temps T_p .

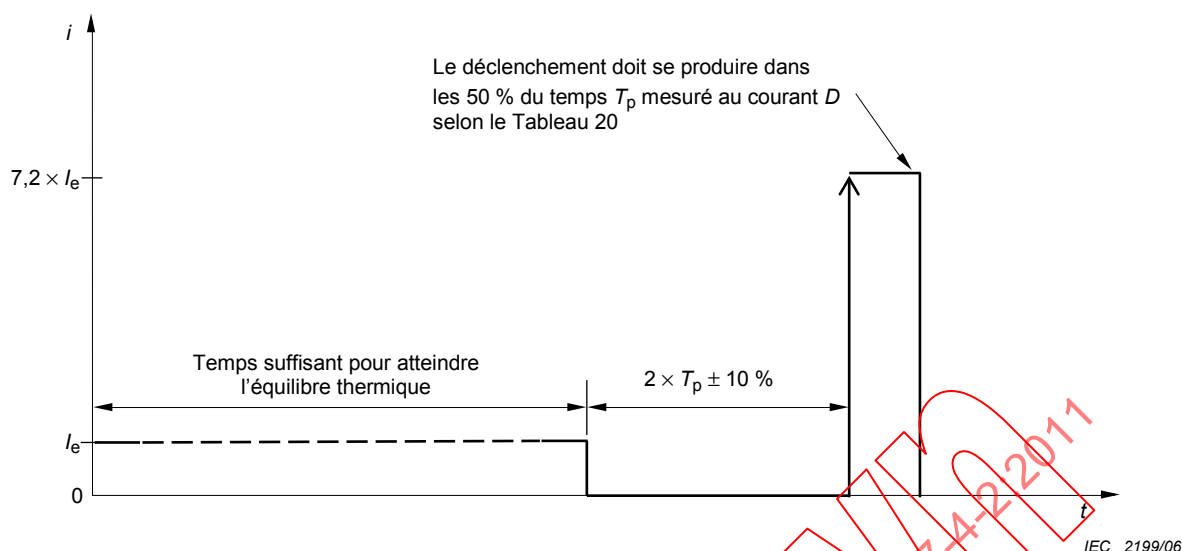


Figure 3 – Essai de la mémoire thermique

8.2.1.5.1.2 Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires temporisés alimentés sur deux pôles

En se reportant au Tableau 6:

Le relais de surcharge ou le démarreur doit être essayé dans son enveloppe, s'il en est normalement équipé. Le relais étant alimenté sur trois pôles, à A fois le courant de réglage, le déclenchement ne doit pas se produire en moins de 2 h à partir de l'état froid, à la valeur de la température de l'air ambiant précisée au Tableau 6.

En outre, lorsque la valeur du courant passant dans deux pôles (ceux qui sont parcourus par le courant le plus élevé, dans le cas des relais sensibles à une perte de phase) est portée à B fois la valeur du courant de réglage et que le troisième pôle est mis hors circuit, le déclenchement doit se produire en moins de 2 h.

Ces valeurs doivent s'appliquer à toutes les combinaisons des pôles.

Dans le cas des relais de surcharge ayant un courant de réglage ajustable, les caractéristiques doivent s'appliquer aussi bien lorsque le relais est parcouru par le courant correspondant au réglage maximal que lorsqu'il est parcouru par le courant correspondant au réglage minimal.

Tableau 6 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires temporisés alimentés sur deux pôles seulement

Type de relais de surcharge	Multiples de la valeur du courant de réglage		Température de référence de l'air ambiant
	A	B	
Thermique, compensé pour les variations de température de l'air ambiant, ou électronique Insensible à une perte de phase	3 pôles 1,0	2 pôles 1,32 1 pôle 0	+20 °C
Thermique, non compensé pour les variations de température de l'air ambiant Insensible à une perte de phase	3 pôles 1,0	2 pôles 1,25 1 pôle 0	+40 °C

Type de relais de surcharge	Multiples de la valeur du courant de réglage		Température de référence de l'air ambiant
	A	B	
Thermique, compensé pour les variations de température de l'air ambiant, ou électronique	2 pôles 1,0	2 pôles 1,15	+20 °C
Sensible à une perte de phase	1 pôle 0,9	1 pôle 0	

8.2.1.5.2 Relais et déclencheurs associés aux gradateurs

Les relais et les déclencheurs à associer à un gradateur pour assurer la protection du moteur doivent fonctionner pendant une durée T_x , à un courant $X \times I_e$, où X et T_x sont les valeurs données par l'index caractéristique déclaré. Dans le cas où il existe plus d'un index caractéristique déclaré, X et T_x sont les valeurs correspondant à l'index caractéristique pour lequel le produit $(X I_e)^2 \times T_x$ est le plus grand.

8.2.1.5.3 Limites de fonctionnement des relais à minimum de courant

Un relais ou un déclencheur à minimum de courant doit, lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, provoquer l'ouverture de celui-ci dans un intervalle de temps compris entre 90 % et 110 % de la valeur de réglage du temps lorsque le courant pendant le fonctionnement est inférieur à 0,9 fois le réglage du minimum de courant dans tous les pôles.

8.2.1.5.4 Limites de fonctionnement des relais de calage

Un relais de calage doit, lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, provoquer l'ouverture de celui-ci dans un intervalle de temps compris entre 80 % et 120 % de la valeur de réglage du temps (temps d'inhibition de calage) ou dans la précision spécifiée par le constructeur, lorsque

- a) pour le relais de détection de courant, le courant est 20 % supérieur à la valeur de réglage du courant de calage;

EXEMPLE Courant de réglage du relais de calage: 100 A; temps de réglage: 6 s; précision sur le réglage du temps: ± 10 %. Le relais doit déclencher entre 5,4 s et 6,6 s lorsque le courant est supérieur ou égal à $100 \text{ A} \times 1,2 = 120 \text{ A}$.

- b) pour le relais de détection de rotation, un signal d'entrée indique qu'aucune rotation du moteur n'existe.

8.2.1.5.5 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs de blocage

Un relais ou un déclencheur de blocage doit, lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, provoquer l'ouverture de celui-ci dans un intervalle de temps compris entre 80 % et 120 % de la valeur de réglage du temps (temps d'inhibition de blocage) ou dans la précision spécifiée par le constructeur, lorsque le courant est supérieur à 1,2 fois la valeur du courant de réglage du relais de blocage, pendant le fonctionnement après l'achèvement du démarrage.

8.2.1.6 Composants des gradateurs à dérivation ayant subi des essais de type

8.2.1.6.1 Des appareils de connexion qui satisfont aux exigences de leur propre norme de produit doivent être considérés comme des appareils ayant partiellement subi des essais de type, et sont soumis aux exigences complémentaires suivantes:

- a) les échauffements des appareils mécaniques de connexion doivent satisfaire à 8.2.2;
- b) les pouvoirs de fermeture et de coupure des appareils mécaniques de connexion doivent satisfaire à 8.2.4.2;

- c) les dispositifs de commutation à semiconducteurs doivent satisfaire à 8.2.4.1 pour la catégorie d'emploi AC-53b.

8.2.1.6.2 Dans le but d'établir les exigences des gradateurs à dérivation, les appareils de connexion qui satisfont à toutes les exigences de 8.2.1.6.1 doivent, avant d'être installés, être identifiés comme des composants ayant subi des essais de type pouvant être utilisés sans restriction dans un gradateur à dérivation (voir Annexe J).

8.2.1.7 Composants dépendants dans les gradateurs à dérivation

Dans le but d'établir les exigences pour les gradateurs à dérivation, les appareils de connexion qui ne satisfont pas à toutes les exigences de 8.2.1.6.1 doivent, avant d'être installés, être identifiés comme des composants dépendants et ne pouvant être utilisés dans un gradateur à dérivation que sous certaines restrictions (voir Annexe J).

8.2.1.8 Utilisation sans restriction des appareils de connexion dans des gradateurs à dérivation

Lorsqu'à la fois l'appareil mécanique de connexion et l'appareil de commutation à semiconducteurs sont identifiés comme des appareils ayant subi des essais de type, ils doivent être mis en œuvre et connectés pour répondre aux valeurs assignées, au service assigné et à l'utilisation prévue par le constructeur. Il ne doit pas y avoir d'autres restrictions.

8.2.1.9 Utilisation limitée des appareils de connexion dans les gradateurs à dérivation

Lorsque soit l'un, soit les deux appareils de connexion sont identifiés comme des composants dépendants, les appareils de connexion doivent satisfaire à ce qui suit:

- a) les appareils de connexion doivent être combinés, avoir leurs caractéristiques assignées et être essayés comme pour un ensemble;
- b) les appareils de connexion doivent être interverrouillés par n'importe quelle combinaison de moyens électrique, électronique et mécanique, de telle manière que les contacts mécaniques de connexion ne doivent pas être sollicités pour établir ou couper des courants de surcharge sans l'intervention directe de l'appareil de commutation à semiconducteurs;
- c) l'appareil de commutation à semiconducteurs doit pouvoir prendre le contrôle de la commande du courant traversant le circuit principal, chaque fois qu'il est nécessaire d'établir ou de couper des courants de surcharge.

8.2.2 Echauffement

Les exigences de 7.2.2 de la CEI 60947-1:2007 sont applicables aux gradateurs et aux démarreurs à l'état neuf et propre.

NOTE La résistance de contact due à l'oxydation peut influencer l'essai d'échauffement à des tensions d'essai inférieures à 100 V. Lorsque l'essai est réalisé à une tension inférieure à 100 V, il est admis de nettoyer les contacts des appareils mécaniques de connexion soit par une méthode non abrasive, soit en réalisant des cycles de fonctionnement avec ou sans charge, plusieurs fois avant de débiter l'essai à une tension quelconque.

Des écarts d'échauffement sur la surface du radiateur métallique des appareils à semiconducteurs sont autorisés: 50 K dans le cas où ils n'ont pas besoin d'être touchés pendant le fonctionnement normal.

Si la limite de 50 K est dépassée, l'installateur est responsable du choix de la protection et de l'emplacement pour prévenir les dangers. Le constructeur doit fournir un avertissement approprié (par exemple le symbole CEI 60417-5041(2002-10)), conformément à 6.3.

8.2.2.1 Bornes

Le Paragraphe 7.2.2.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.2.2 Parties accessibles

Le Paragraphe 7.2.2.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.2.3 Température de l'air ambiant

Le Paragraphe 7.2.2.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.2.4 Circuit principal

8.2.2.4.1 Généralités

Le circuit principal d'un gradateur ou d'un démarreur parcouru par du courant à l'état de pleine conduction, y compris les déclencheurs à maximum de courant pouvant lui être associés, doit pouvoir supporter le courant I_e sans dépasser les limites d'échauffement spécifiées en 7.2.2.1 de la CEI 60947-1:2007, lorsqu'il est essayé conformément à 9.3.3.3.4:

- dans le cas d'un gradateur ou d'un démarreur prévu pour un service de 8 h: son courant thermique conventionnel (voir 5.3.2.1 et/ou 5.3.2.2);
- dans le cas d'un gradateur ou d'un démarreur prévu pour un service ininterrompu, un service intermittent ou un service temporaire: le courant assigné d'emploi correspondant (5.3.2.3).

8.2.2.4.2 Appareils mécaniques de connexion en série des gradateurs hybrides

Pour les gradateurs hybrides, l'échauffement des composants en série dans le circuit principal doit être vérifié selon les procédures données en 9.3.3.3.4 et 9.3.3.6.1 (voir Tableau 16).

8.2.2.4.3 Appareils mécaniques de connexion en parallèle des gradateurs à dérivation

- a) Les appareils identifiés comme des composants ayant subi des essais de type (voir 8.2.1.6) doivent pouvoir supporter le courant I_e sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées en 7.2.2.1 de la CEI 60947-1:2007.
- b) Pour les appareils identifiés comme des composants dépendants (voir 8.2.1.7), l'échauffement doit être vérifié selon les procédures données en 9.3.3.3.4 et 9.3.3.6.1 (y compris le Tableau 10 et le Tableau 16). L'appareil doit être essayé comme une partie intégrante de l'ensemble où les périodes en charge prescrites pour les deux appareils de connexion (Tableau 10) doivent être déterminées par une séquence de manœuvres qui est la même que celle prévue en service normal.

8.2.2.4.4 Appareils à semiconducteurs connectés dans le circuit principal

L'échauffement des appareils à semiconducteurs connectés dans le circuit principal doit être vérifié selon les procédures données en 9.3.3.3.4 et en 9.3.3.6.1 (essai de stabilité thermique).

8.2.2.5 Circuits de commande

Le Paragraphe 7.2.2.5 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.2.6 Enroulements des bobines et des électro-aimants

8.2.2.6.1 Enroulements pour service ininterrompu et service de 8 h

Le circuit de dérivation étant parcouru par un courant égal à la valeur maximale du courant, les enroulements des bobines, y compris celles des électrovalves des contacteurs ou des démarreurs électropneumatiques, doivent supporter en régime continu et à la fréquence assignée, s'il y a lieu, la tension assignée maximale d'alimentation du circuit de commande, sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées au Tableau 7 de la présente norme et au Paragraphe 7.2.2.2 de la CEI 60947-1:2007.

NOTE Les limites d'échauffement données au Tableau 7 de la présente norme et au Paragraphe 7.2.2.2 de la CEI 60947-1:2007 sont applicables, seulement si la température de l'air ambiant reste dans les limites de 0 °C à +40 °C.

8.2.2.6.2 Enroulements pour service intermittent

Le circuit de dérivation n'étant parcouru par aucun courant, les enroulements des bobines doivent supporter à la fréquence assignée, s'il y a lieu, leur tension assignée maximale d'alimentation du circuit de commande, comme indiqué au Tableau 8, suivant leur classe de service intermittent, sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées au Tableau 7 de la présente norme et au Paragraphe 7.2.2.2 de la CEI 60947-1:2007.

NOTE The Les limites d'échauffement données au Tableau 7 de la présente norme et au Paragraphe 7.2.2.2 de la CEI 60947-1:2007 sont applicables, seulement si la température de l'air ambiant reste dans les limites de 0 °C à +40 °C.

8.2.2.6.3 Enroulements spéciaux (pour service temporaire ou périodique)

Les enroulements spéciaux doivent être essayés dans les conditions de fonctionnement correspondant au service le plus sévère auquel ils sont destinés, et leurs caractéristiques assignées doivent être précisées par le constructeur.

NOTE Les enroulements spéciaux peuvent être des bobines de démarreurs qui ne sont sous tension que durant la période de démarrage, des bobines de déclenchement de contacteurs à accrochage et certaines bobines d'électrovalves destinées au verrouillage de contacteurs ou de démarreurs pneumatiques.

Tableau 7 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile

Classe des matières isolantes (selon la CEI 60085)	Limites d'échauffement (mesures effectuées par variation de résistance)	
	K	
	Bobines dans l'air	Bobines dans l'huile
A	85	60
E	100	60
B	110	60
F	135	–
H	160	–

Tableau 8 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent

Classe de service intermittent		Un cycle de fonctionnement de fermeture-ouverture toutes les	Durée de maintien de l'alimentation de la bobine de commande
Contacteurs	Démarreurs		
1	1	3 600 s	Il convient que le temps de passage du courant corresponde au facteur de marche spécifié par le constructeur
3	3	1 200 s	
12	12	300 s	
30	30	120 s	
120		30 s	
300		12 s	
1 200		3 s	

8.2.2.7 Circuits auxiliaires

Le Paragraphe 7.2.2.7 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.2.8 Autres parties

Le Paragraphe 7.2.2.8 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, en remplaçant les mots «plastiques et matériaux isolants» par «parties isolantes».

8.2.3 Propriétés diélectriques

Les exigences suivantes sont basées sur le principe de la série CEI 60664 et fournissent les moyens pour assurer la coordination de l'isolement du matériel avec les conditions d'installation.

Le matériel doit pouvoir supporter

- la tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.1.3) correspondant à la catégorie de surtension figurant à l'Annexe H de la CEI 60947-1:2007;
- la tension de tenue aux chocs entre les contacts ouverts des matériels aptes au sectionnement, comme indiqué au Tableau 14 de la CEI 60947-1:2007;
- la tension de tenue à fréquence industrielle.

NOTE 1 Une tension en courant continu peut être utilisée, pourvu que sa valeur ne soit pas inférieure à la valeur de la tension de crête d'essai alternative.

NOTE 2 La corrélation entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel est donnée à l'Annexe H de la CEI 60947-1:2007.

La tension assignée de tenue aux chocs pour une valeur donnée de la tension assignée d'emploi (voir Notes 1 et 2 de 4.3.1.1 de la CEI 60947-1:2007) ne doit pas être inférieure à celle qui correspond à l'Annexe H de la CEI 60947-1:2007 à la tension nominale et à la catégorie de surtension appropriée du réseau d'alimentation du circuit à l'endroit où le matériel est destiné à être utilisé.

Les exigences de ce paragraphe doivent être vérifiées par les essais de 9.3.3.4.

8.2.3.1 Tension de tenue aux chocs**1) Circuit principal**

Le Paragraphe 7.2.3.1 1) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

2) Circuits auxiliaires et circuits de commande

Le Paragraphe 7.2.3.1 2) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'alinéa 2) a) modifié comme suit:

- a) Pour les circuits auxiliaires et les circuits de commande qui sont directement alimentés à partir du circuit principal à la tension assignée d'emploi, les distances d'isolement entre les parties actives et les parties destinées à être reliées à la terre, ainsi que les distances entre les pôles, doivent supporter la tension d'essai donnée au Tableau 12 de la CEI 60947-1:2007, en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

NOTE Il convient que l'isolation solide du matériel associée aux distances d'isolement soit soumise à la tension de tenue aux chocs.

8.2.3.2 Tension de tenue à la fréquence industrielle des circuits principaux, auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 7.2.3.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.3.3 Distances d'isolement

Le Paragraphe 7.2.3.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.3.4 Lignes de fuite

Le Paragraphe 7.2.3.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.3.5 Isolation solide

Le Paragraphe 7.2.3.5 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.3.6 Espacements entre circuits distincts

Le Paragraphe 7.2.3.6 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

8.2.4 Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et dans des conditions de surcharge

Les exigences relatives aux caractéristiques normales de charge et de surcharge conformes à 5.3.5 sont données en 8.2.4.1 et 8.2.4.2.

8.2.4.1 Exigences d'aptitude au fonctionnement

Les gradateurs et les démarreurs doivent être amenés à établir l'état passant, à commuter, à supporter les niveaux définis de courants de surcharge, et à établir et maintenir l'état non passant sans défaillance ou sans défaut quelconque, lorsqu'ils sont essayés conformément à 9.3.3.6.

Pour les gradateurs conçus pour les catégories d'emploi AC-52a, AC-53a, AC-58a, les valeurs de T_x en fonction des valeurs de X ne doivent pas être inférieures à celles données au Tableau 9. Pour les démarreurs correspondants, T_x doit être le temps maximal de déclenchement de son relais de surcharge à l'état chaud, déclaré par le constructeur.

Les gradateurs et démarreurs prévus pour les catégories d'emploi AC-52b, AC-53b et AC-58b peuvent être prévus pour des utilisations pour lesquelles de longues durées d'accélération sont nécessaires. Il faut admettre que la capacité thermique maximale du gradateur puisse être complètement atteinte pendant la durée en charge. C'est pourquoi une durée hors charge suffisante du gradateur doit être prévue juste après la fin de la période de démarrage (par exemple par des moyens de court-circuitage). Les valeurs de T_x correspondant aux valeurs de X ne doivent pas être inférieures à celles données dans le Tableau 9. Pour les démarreurs

correspondants, T_x doit être le temps de déclenchement maximal de son propre relais de surcharge.

Lorsqu'il n'existe pas de fonction de limitation de courant ou que celle-ci n'existe pas dans l'état de pleine conduction, alors $X \times I_e = I_{LRP}$. S'il apparaît une situation de rotor bloqué, alors que le moteur fonctionnait jusque là à sa vitesse normale, le gradateur ou le démarreur doit pouvoir établir un état non passant dans des temps plus courts que ceux donnés, pourvu qu'il soit équipé d'une protection convenable contre les surcharges.

Les caractéristiques assignées doivent être vérifiées selon les conditions données dans les Tableaux 10 et 11 de la présente norme et dans les parties correspondantes de 8.3.3.5.2, 8.3.3.5.3 et 8.3.3.5.4 de la CEI 60947-1:2007.

Lorsque $X \times I_e$ est supérieur à 1 000 A, la méthode de vérification de la capacité de surcharge doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur (par exemple par une simulation informatique).

Dans les Tableaux 10 et 11, les cycles de service pour les catégories d'emploi AC-52a, AC-53a, AC-58a ($F-S = 60-1$), et la durée de blocage pour les catégories d'emploi AC-52b, AC-53b, AC-58b (durée de blocage = 1 440 s), sont les exigences les moins sévères pour un démarrage par heure. Le constructeur peut déclarer un service plus sévère, auquel cas il doit effectuer un essai dans les conditions de service les plus sévères, selon le Tableau 3. Si une caractéristique assignée a été attribuée après essais à un gradateur pour un service plus sévère que le service normal, le constructeur peut, sans autre essai, attribuer la même caractéristique assignée pour le service normal.

Pour les catégories d'emploi AC-52a, AC-53a, AC-58a, des valeurs d'essais plus sévères pour les durées à l'état passant et à l'état non passant peuvent être calculées ainsi:

$$\text{Durée à l'état passant (secondes)} = 36 F/S$$

$$\text{Durée à l'état non passant (secondes)} = 36 (100-F)/S.$$

Pour les catégories d'emploi AC-52b, AC-53b, AC-58b, le constructeur peut déclarer des capacités à effectuer des services de démarrage avec des durées à l'état non passant inférieures aux 1 440 s permises dans cette norme. Cependant, cela doit être vérifié au cours des essais avec les durées à l'état non passant déclarées par le constructeur.

Pour les gradateurs ou les démarreurs prévus pour le service intermittent, temporaire ou périodique, le constructeur doit choisir les valeurs de F et S parmi celles données en 5.3.4.6.

Tableau 9 – Durée minimale (T_x) de tenue au courant de surcharge en fonction du rapport (X) du courant de surcharge et de la classe correspondante de déclenchement du relais de surcharge (voir Tableau 4)

Désignation (seulement donnée comme guide)	Durée minimale T_x de tenue au courant de surcharge s
---	--

Tableau 10 – Exigences minimales pour les conditions d'essai de stabilité thermique a

Catégorie d'emploi	Variante de gradateur ^e	Courant d'essai (I_T)				Durée à l'état non passant du cycle de fonctionnement ^s
		Durée à l'état passant du cycle de fonctionnement ^s				
		Niveau d'essai 1 ^a		Niveau d'essai 2 ^a		
		I_T	Durée à l'état passant ^b	I_T	Durée à l'état passant ^b	
AC-52a	1, H1	XI_e	T_x	I_e	$2\ 160 - T_x$	$\leq 1\ 440$
AC-53a	2, H2	$0,75\ I_{LRP}$				
AC-58a	3, H3	I_{LRP}				
AC-52b	1, H1	XI_e	T_x	Zéro ^c	Zéro ^c	$\leq 1\ 440$
AC-53b	2, H2	$0,75\ I_{LRP}$				
AC-58b	3, H3	I_{LRP}				

Paramètres du circuit d'essai:

I_e = courant assigné d'emploi

I_T = courant d'essai

U_T = tension d'essai (peut prendre n'importe quelle valeur)

$\cos \varphi$ = facteur de puissance du circuit d'essai (peut prendre n'importe quelle valeur)

Nombre de cycles de fonctionnement ^d

^a Le temps de commutation du niveau 1 au niveau 2 ne doit pas être supérieur à trois périodes pleines de la fréquence industrielle.

^b Pour un démarreur ou un gradateur destiné à être utilisé seulement avec un relais de surcharge spécifié, T_x est remplacé par la durée maximale de fonctionnement permise par les tolérances de son relais de surcharge, à l'état chaud.

^c Le niveau 2 n'est pas applicable à AC-52b, AC-53b et AC-58b, parce qu'il s'agit d'une durée hors charge.

^d Le nombre de cycles de fonctionnement dépend de la durée nécessaire pour que le gradateur atteigne l'équilibre thermique.

^e Pour les gradateurs à dérivation, se référer à 8.2.2.4.3 et 8.2.2.4.4.

Tableau 11 – Exigences minimales pour les conditions d'essai de la tenue aux surcharges

Catégorie d'emploi	Paramètres du circuit d'essai			Durée à l'état passant du cycle de manoeuvres ^d s	Durée à l'état non passant du cycle de manoeuvres ^d s	Nombre de cycles de fonctionnement
	I_{LRP} / I_e	U_r / U_e^a	$\cos \varphi^b$			
AC-52a AC-52b	4	1,05	0,65	T_x^c	≤1 440	3
AC-53a AC-53b	8		e			
AC-58a AC-58b	6		e			
I_{LRP} courant présumé à rotor bloqué I_e courant assigné d'emploi U_e tension assignée d'emploi U_r tension de rétablissement à fréquence industrielle Conditions de température: La température initiale du boîtier, C_i, pour chaque essai ne doit pas être inférieure à 40 °C plus l'échauffement maximal du boîtier pendant l'essai d'échauffement (voir 9.3.3.3). Pendant l'essai, la température de l'air ambiant doit être comprise entre +10 °C et +40 °C.						
^a $U_r / U_e = 1,05$ pour les trois dernières périodes complètes de la fréquence industrielle à l'état passant, plus la première seconde à l'état non passant (durée sous la pleine tension). U_r / U_e peut avoir n'importe quelle valeur en dehors de la durée sous pleine tension (durée sous tension réduite). ^b Les caractéristiques du circuit ($\cos \varphi$ et valeur du courant maximal possible) sont obligatoires pendant la durée sous la pleine tension. Pendant la durée sous tension réduite, les caractéristiques du circuit ne sont pas obligatoires, pourvu que le circuit de charge permette un courant supérieur à $X \times I_e$. ^c Pour un démarreur ou un gradateur destiné à être utilisé seulement avec un relais de surcharge spécifié, T_x est remplacé par la durée de fonctionnement maximale permise par les tolérances de son relais de surcharge à l'état chaud, qui est l'état d'équilibre thermique atteint pendant l'essai d'échauffement (voir 9.3.3.3). ^d Le temps de commutation ne doit pas être supérieur à trois périodes complètes de la fréquence industrielle. ^e Pour $I_e \leq 100$ A: $\cos \varphi = 0,45$, pour $I_e > 100$ A: $\cos \varphi = 0,35$.						

Tableau 12 – Exigences minimales et conditions d'essai pour le fonctionnement avec une charge constituée par un moteur à induction

Catégorie d'emploi	Paramètres d'essai pour le moteur				Charge mécanique externe: paramètres
	K	U / U_e	Puissance	$\cos \varphi$	
AC-52a AC-52b	≥ 4	a	a	a	a
AC-53a AC-53b					
AC-58a AC-58b					
K rapport du courant à rotor bloqué au courant assigné de pleine charge du moteur d'essai. Pendant l'essai, le moteur et l'air ambiant peuvent être à toute température comprise entre +10 °C et +40 °C. ^a Les caractéristiques de la charge d'essai constituée par un moteur à induction sont spécifiées en 8.2.4.3.					

8.2.4.2 Pouvoirs de fermeture et de coupure des appareils dans le circuit principal

8.2.4.2.1 Généralités

Le gradateur ou démarreur, y compris les déclencheurs de surintensité et les appareils mécaniques de connexion qui lui sont associés, doivent pouvoir fonctionner sans défaillance en présence d'un courant correspondant à un moteur à rotor bloqué (courant de démarrage et courant de surcharge).

L'aptitude à établir et couper des courants sans défaillance doit être vérifiée dans les conditions spécifiées à la fois au Tableau 13 et au Tableau 14, pour les catégories d'emploi exigées et le nombre de cycles de manœuvres indiqués.

8.2.4.2.2 Appareils mécaniques de connexion en série des gradateurs hybrides

Les appareils mécaniques de connexion en série dans le circuit principal des gradateurs et démarreurs doivent satisfaire aux exigences de leurs propres normes de produits et aux exigences complémentaires de 8.2.4.2, lorsqu'ils sont essayés comme un appareil seul.

Pour les gradateurs et démarreurs hybrides à dérivation (voir Figure 1), l'appareil mécanique de connexion en série peut avoir une caractéristique assignée de service qui est alignée avec la caractéristique assignée de service intermittent (par exemple AC-53b) du gradateur à semiconducteurs.

Les pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être vérifiés selon les procédures décrites en 9.3.3.5.1 et 9.3.3.5.2.

8.2.4.2.3 Appareils mécaniques de connexion en parallèle, ayant subi des essais de type, des gradateurs à dérivation

Les pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être vérifiés lorsqu'ils sont essayés comme un appareil seul, selon les procédures décrites en 9.3.3.5.1 et 9.3.3.5.3.

8.2.4.2.4 Appareils mécaniques de connexion en parallèle, dépendants, des gradateurs à dérivation

Les pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être vérifiés lorsqu'ils sont essayés comme un appareil combiné, selon les procédures décrites en 9.3.3.5.1 et 9.3.3.5.4.

8.2.4.2.5 Appareils de commutation à semiconducteurs

L'aptitude à commander les courants de surcharge doit être vérifiée selon les procédures décrites en 9.3.3.6.2 et 9.3.3.6.3.

8.2.4.3 Exigences pour une charge d'essai constituée d'un moteur à induction

Le moteur à induction doit être un moteur à cage d'écureuil à quatre pôles ayant les caractéristiques suivantes:

- la tension assignée du moteur doit être supérieure ou égale à U_e de l'appareil à essayer;
- lorsque le moteur est en marche, le courant d'essai qui traverse le moteur et le gradateur peut avoir n'importe quelle valeur supérieure à 1 A;
- le facteur de puissance du moteur peut avoir n'importe quelle valeur;
- les connexions internes du bobinage du moteur peuvent avoir n'importe quelle configuration (par exemple étoile, triangle);
- les paramètres de la charge mécanique appliquée sur l'arbre du moteur doivent être réglés afin de produire un temps de décélération entre la vitesse de base et la vitesse nulle compris entre 2 s et 4 s.

Tableau 13 – Essai de fermeture et de coupure; conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les appareils mécaniques de connexion des gradateurs hybrides de moteurs H1, H2 et H3 et pour certaines variantes de gradateurs à dérivation

Catégorie d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	Cos ϕ	Durée à l'état passant s	Durée à l'état non passant s	Nombre de cycles de manœuvres
AC-52a, b	4,0	1,05	0,65	0,05	b	50
AC-53a, b	8,0		a			
AC-58a, b	6,0		a			
I_c = Courant établi et coupé, exprimé en courant alternatif, valeur efficace symétrique I_e = courant assigné d'emploi U_e = tension assignée d'emploi U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle						
		Courant I_c A		Durée à l'état non passant s		
		$I_c \leq 100$		10		
		$100 < I_c \leq 200$		20		
		$200 < I_c \leq 300$		30		
		$300 < I_c \leq 400$		40		
		$400 < I_c \leq 600$		60		
		$600 < I_c \leq 800$		80		
		$800 < I_c \leq 1\,000$		100		
		$1\,000 < I_c \leq 1\,300$		140		
		$1\,300 < I_c \leq 1\,600$		180		
		$1\,600 < I_c$		240		
a Pour $I_e \leq 100$ A: Cos $\phi = 0,45$ Pour $I_e > 100$ A: Cos $\phi = 0,35$ b La durée à l'état non passant ne doit pas être supérieure aux valeurs du tableau ci-contre.						

Tableau 14 – Essai de fonctionnement conventionnel d'établissement et de coupure en service, selon les catégories d'emploi pour les appareils mécaniques de connexion des gradateurs hybrides de moteurs H1B, H2B et H3B et pour certaines variantes de gradateurs à dérivation

Catégorie d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	Cos φ	Durée à l'état passant s	Durée à l'état non passant s	Nombre de cycles de manœuvres
AC-52a, b	2,0	1,05	0,65	0,05	b	6 000
AC-53a, b	2,0	1,05	a			
AC-58a, b	6,0	1,05	0,35	1 10	9 90	5 900 100

I_c = courant établi et coupé, exprimé en courant alternatif, valeur efficace symétrique
 I_e = courant assigné d'emploi
 U_e = tension assignée d'emploi
 U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle

a Pour $I_e \leq 100$ A: Cos $\varphi = 0,45$
 Pour $I_e > 100$ A: Cos $\varphi = 0,35$

b La durée à l'état non passant ne doit pas être supérieure aux valeurs du Tableau 13.

8.2.5 Coordination avec dispositifs de protection contre les courts-circuits

8.2.5.1 Fonctionnement dans des conditions de court-circuit

Le courant assigné de court-circuit conditionnel des gradateurs et démarreurs protégés par un ou des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) doit être vérifié par des essais de court-circuit, comme spécifié en 9.3.4. Ces essais sont obligatoires.

Les caractéristiques assignées du DPCC doivent convenir à toute valeur donnée du courant assigné d'emploi, de la tension assignée d'emploi et à la catégorie d'emploi correspondante.

Deux types de coordination sont admis, le type 1 ou le type 2. Les conditions d'essais sont données en 9.3.4.3.

La coordination de type 1 exige qu'en condition de court-circuit, l'appareil n'occasionne pas de danger aux personnes ou aux installations, et admet que l'appareil puisse ne pas être en mesure de fonctionner ensuite sans réparation ou remplacement de pièces.

La coordination de type 2 exige qu'en condition de court-circuit, l'appareil n'occasionne pas de danger aux personnes ou aux installations et soit en mesure de fonctionner ensuite. Pour les gradateurs et les démarreurs hybrides, le risque de soudure des contacts est admis; dans ce cas, le constructeur doit indiquer les mesures à prendre pour la maintenance du matériel.

NOTE L'emploi d'un DPCC non conforme aux recommandations du constructeur peut compromettre la coordination.

8.2.5.2 Coordination au courant d'intersection entre le démarreur et le DPCC

Elle peut être vérifiée par un essai spécial (voir 9.1.5).

8.3 Exigences concernant la CEM

8.3.1 Généralités

Il est largement admis que l'obtention de la compatibilité électromagnétique entre différents ensembles d'appareils électriques et électroniques est un objectif souhaitable. En effet, dans bon nombre de pays, des exigences obligatoires pour la CEM existent.

Les exigences précisées dans les paragraphes suivants sont incluses afin de permettre l'obtention de compatibilité électromagnétique pour les gradateurs ou démarreurs. Toutes les exigences d'immunité ou d'émission applicables sont couvertes, et aucun essai supplémentaire n'est demandé ou nécessaire. Le résultat en CEM n'est pas garanti dans le cas où le démarreur ou gradateur est sujet à une défaillance de composant électronique. Ces conditions ne sont pas prises en compte et ne font pas partie des exigences d'essai.

Tous les phénomènes, que ce soit en émission ou en immunité, sont considérés individuellement; les limites sont données pour des conditions qui ne sont pas considérées comme ayant des effets cumulatifs.

Pour les essais de CEM, le système minimal à considérer est constitué du gradateur ou du démarreur interconnecté avec un moteur et des câbles. Les essais doivent être réalisés comme suit:

Pour les essais d'immunité, le cycle de service complet du démarreur progressif doit être considéré, en incluant la période de démarrage et la période d'arrêt.

Pour les essais de limites d'émission, seul le régime établi doit être considéré.

NOTE 1 A l'étude, aucune technique ni aucun matériel de mesure adaptés ne sont actuellement disponibles pour le régime non établi.

NOTE 2 Il est de la responsabilité de l'installateur (qui peut être également le constructeur des gradateurs ou démarreurs) de s'assurer que les systèmes incluant des gradateurs ou démarreurs satisfont à toutes les exigences applicables au niveau de ces systèmes.

Ces articles ne décrivent ni n'affectent les exigences de sécurité pour un gradateur ou démarreur, telles que la protection contre les chocs électriques, la coordination d'isolement et les essais diélectriques correspondants, le fonctionnement dangereux, ou les conséquences dangereuses d'une défaillance.

8.3.2 Emission

Le Paragraphe 7.3.3.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique en fonction de l'ensemble des conditions environnementales correspondantes définies au 7.3.1 de la CEI 60947-1:2007. L'ensemble des conditions environnementales correspondantes doit figurer parmi les informations fournies avec le matériel.

8.3.2.1 Emission basse fréquence relative à la fréquence du réseau principal

8.3.2.1.1 Harmoniques

Le Paragraphe 7.3.3.2.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Dans la mesure où aucune émission harmonique significative n'est produite dans l'état de pleine conduction, des essais ne sont pas exigés pour les gradateurs ou démarreurs qui fonctionnent uniquement dans l'état de pleine conduction ou qui sont dérivés par un appareil mécanique de connexion une fois la phase de démarrage terminée, par exemple, les variantes 2 et 3 et certaines variantes 1 de gradateurs ou démarreurs.

8.3.2.1.2 Variation de tension

Ce phénomène ne provient pas de l'action d'un gradateur ou démarreur, par conséquent aucun essai n'est exigé.

8.3.2.2 Emission haute fréquence

8.3.2.2.1 Emissions conduites de fréquences radioélectriques (RF)⁴

Les limites données dans le Tableau 19 doivent être vérifiées en accord avec les méthodes de 9.3.5.1.1.

8.3.2.2.2 Emissions rayonnées

Les limites données dans le Tableau 20 doivent être vérifiées en accord avec les méthodes de 9.3.5.1.2.

8.3.3 Immunité

8.3.3.1 Généralités

Les perturbations des systèmes électriques peuvent être destructrices ou non destructrices, en fonction de l'intensité de ces perturbations. Des perturbations destructrices (tension ou courant) causent des dommages irréversibles à un gradateur ou démarreur. Des perturbations non destructrices peuvent créer des dysfonctionnements temporaires ou des fonctionnements anormaux, mais le gradateur ou démarreur revient au fonctionnement normal après que la perturbation a été réduite ou supprimée; dans certains cas, cela peut nécessiter une intervention manuelle.

⁴ RF = *radio-frequency*

Il convient de consulter le constructeur dans les cas où de sévères perturbations extérieures peuvent survenir, lorsqu'elles sont supérieures aux niveaux auxquels le gradateur ou démarreur a été essayé, par exemple installations à proximité de télécommandes à distance avec de longs câbles de puissance, proximité immédiate d'appareils ISM définis par la CISPR 11.

NOTE L'utilisation soignée de méthodes de découplage pendant l'installation aide à minimiser l'influence des perturbations transitoires extérieures. Par exemple, il convient que le câblage du circuit de commande soit séparé du câblage du circuit de puissance. Lorsque des couplages de câblage par proximité ne peuvent être évités, il convient d'utiliser des câbles tressés ou blindés pour les connexions du circuit de commande.

Un certain nombre d'exigences sont détaillées. Les résultats d'essai sont précisés à l'aide des critères d'aptitude à la fonction de la série CEI 61000-4. Par commodité, les critères d'aptitude à la fonction sont rappelés ici et décrits avec plus de détails spécifiques dans le Tableau 15.

Ces critères sont les suivants:

- 1) fonctionnement normal dans les limites spécifiées;
- 2) dégradation ou perte de fonction temporaire qui est autorcupérable;
- 3) dégradation ou perte de fonction temporaire nécessitant une intervention d'un opérateur ou un réarmement. Les fonctions normales doivent pouvoir être restaurées par simple intervention, par exemple par réarmement manuel ou redémarrage. Aucun composant ne doit être endommagé.

Les critères d'acceptation qui sont utilisés pour le comportement général (A) lorsqu'un gradateur ou démarreur complet est essayé sont indiqués au Tableau 15. Lorsqu'il n'est pas possible d'essayer le gradateur ou le démarreur complet, les performances des éléments fonctionnels (B, C, D) doivent être utilisées.

Tableau 15 – Critères d'acceptation ou d'aptitude à la fonction spécifiques en présence de perturbations électromagnétiques

Article	Critères d'acceptation (comportement durant les essais)		
	1	2	3
A Comportement général	Pas de changement notable des caractéristiques de fonctionnement. Fonctionnement comme prévu.	Changements notables (visuels ou audibles) des caractéristiques de fonctionnement. Auto-récupérable.	Changements des caractéristiques de fonctionnement. Déclenchement des dispositifs de protection. Non auto-récupérable.
B Fonctionnement des circuits de puissance et de commande	Pas de dysfonctionnement.	Dysfonctionnement temporaire sans déclenchement ou changement erratique ou audible du couple moteur.	Arrêt. Déclenchement des dispositifs de protection. Non auto-récupérable.
C Fonctionnement des afficheurs et panneaux de commande	Pas de changement visible de l'information affichée. Seulement une légère fluctuation de l'intensité lumineuse des DEL ou un léger mouvement des caractères.	Changements temporaires visibles ou perte d'informations. Illumination non désirée de DEL	Arrêt. Perte d'affichage permanent ou affichage d'informations erronées. Mode de fonctionnement non autorisé. Non auto-récupérable.
D Traitement de l'information et fonctions de détection	Pas de perturbation de communication ou d'échange de données vers des systèmes externes.	Perturbation temporaire de la communication avec des erreurs possibles de transmission des systèmes internes ou externes.	Traitement erroné de l'information. Perte de données et/ou d'informations. Erreurs dans la communication. Non auto-récupérable.

8.3.3.2 Décharge électrostatique

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.1.

8.3.3.3 Champ électromagnétique à fréquences radioélectriques

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.2.

8.3.3.4 Transitoires rapides (mode commun) (5/50 ns)

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.3.

8.3.3.5 Ondes de choc (1,2/50/μs-8/20/μs)

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.4.

8.3.3.6 Harmoniques et encoches de commutation

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.5.

8.3.3.7 Creux de tension et coupures brèves

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.6.

8.3.3.8 Champs magnétiques à fréquence industrielle

Les essais ne sont pas exigés. Les essais satisfaisants d'aptitude au fonctionnement (voir 9.3.3.6) démontrent l'immunité.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le Paragraphe 8.1.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité à la présente norme de la conception des gradateurs et des démarreurs de toutes les variantes. Ils comprennent les vérifications suivantes:

- a) limites d'échauffement (9.3.3.3);
- b) propriétés diélectriques (9.3.3.4);
- c) aptitude au fonctionnement (9.3.3.6);
- d) fonctionnement et limites de fonctionnement (9.3.3.6.3);
- e) pouvoirs assignés de fermeture et de coupure ainsi que fonctionnement conventionnel en service des appareils mécaniques de connexion en série avec les matériels hybrides (9.3.3.5);
- f) fonctionnement en conditions de court-circuit (9.3.4);
- g) propriétés mécaniques des bornes (le Paragraphe 8.2.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique);
- h) degrés de protection des gradateurs et des démarreurs sous enveloppe (l'Annexe C de la CEI 60947-1:2007 s'applique);
- i) essais de CEM (9.3.5).

9.1.3 Essais individuels

Le Paragraphe 8.1.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique lorsque les essais d'échantillonnage (9.1.4) ne sont pas réalisés.

Les essais individuels des gradateurs et des démarreurs comprennent

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (9.3.6.2);
- les essais diélectriques (9.3.6.3).

9.1.4 Essais d'échantillonnage

Les essais d'échantillonnage des gradateurs et démarreurs comprennent

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (9.3.6.2);
- les essais diélectriques (9.3.6.3).

Le Paragraphe 8.1.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les compléments suivants:

Un constructeur peut utiliser s'il le désire les essais d'échantillonnage à la place des essais individuels. L'échantillonnage doit satisfaire aux exigences indiquées dans la CEI 60410 ou être supérieur (voir Tableau II-A de la CEI 60410 :1973).

L'échantillonnage est basé sur un NQA ≤ 1 :

- critère d'acceptation $A_c = 0$ (aucun défaut accepté);
- critère de rejet $R_e = 1$ (pour 1 défaut, tout le lot doit être essayé).

Le prélèvement doit être effectué à intervalles réguliers pour chaque lot individualisé.

D'autres méthodes statistiques satisfaisant aux exigences ci-dessus de la CEI 60410 peuvent être utilisées, par exemple des méthodes statistiques assurant la maîtrise de la fabrication en continu ou la maîtrise de procédés incluant des calculs de capabilité.

Les essais d'échantillonnage pour la vérification des distances d'isolement conformément à 8.3.3.4.3 de la CEI 60947-1:2007 sont à l'étude.

9.1.5 Essais spéciaux

9.1.5.1 Généralités

Les essais spéciaux comprennent la vérification de la coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC (voir Annexe C) et les essais traités en 9.1.5.2.

9.1.5.2 Essais spéciaux – chaleur humide, brouillard salin, vibrations et chocs

Pour ces essais spéciaux, l'Annexe Q de la CEI 60947-1:2007 s'applique. Les conditions d'application sont à l'étude.

9.2 Conformité aux exigences relatives à la construction

Le Paragraphe 8.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.3 Conformité aux exigences relatives au fonctionnement

9.3.1 Séquences d'essais

Chaque séquence d'essais est effectuée sur un échantillon à l'état neuf.

NOTE 1 Avec l'accord du constructeur, plus d'une séquence d'essais ou toutes les séquences d'essais peuvent être effectuées sur un seul échantillon. Cependant, les essais doivent être effectués selon la séquence donnée pour chaque échantillon.

NOTE 2 Quelques essais sont inclus dans les séquences, uniquement afin de réduire le nombre d'échantillons requis, les résultats n'ayant aucune signification pour les essais qui précèdent et les essais qui suivent dans la séquence. En conséquence, pour la commodité des essais et avec l'accord du constructeur, ces essais peuvent être effectués sur des échantillons neufs séparés et omis dans la séquence correspondante. Cela n'est applicable que pour les essais suivants lorsqu'ils sont prescrits:

8.3.3.4.1 alinéa 7) de la CEI 60947-1:2007: *Vérification des lignes de fuite*;

8.2.4 de la CEI 60947-1:2007: *Propriétés mécaniques des bornes*;

Annexe C de la CEI 60947-1:2007: *Degrés de protection des matériels sous enveloppe*.

Les séquences d'essais doivent être les suivantes:

a) *Séquence d'essais I*

- 1) Vérification de l'échauffement (9.3.3.3)
- 2) Vérification des propriétés diélectriques (9.3.3.4)

b) *Séquence d'essais II: Vérification de l'aptitude au fonctionnement (9.3.3.6)*

- 1) Essai de stabilité thermique (9.3.3.6.1)
- 2) Essai de capacité de surcharge (9.3.3.6.2)
- 3) Essai d'aptitude à la commutation et capacité de blocage (9.3.3.6.3), comprenant la vérification du fonctionnement et des limites de fonctionnement

c) *Séquence d'essais III*

Vérification du fonctionnement en condition de court-circuit (9.3.4)

d) *Séquence d'essais IV*

- 1) Vérification des propriétés mécaniques des bornes (8.2.4 de la CEI 60947-1:2007)
- 2) Vérification des degrés de protection des matériels sous enveloppe (Annexe C de la CEI 60947-1:2007)

e) *Séquence d'essais V*

Essais de CEM (9.3.5)

f) *Séquence d'essais VI*

Essai de déclenchement (9.3.3.6.5)

9.3.2 Conditions générales d'essai

Le Paragraphe 8.3.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

A l'exception des appareils de caractéristiques spécifiquement prévues pour une seule fréquence, les essais réalisés à 50 Hz couvrent les applications à 60 Hz et vice-versa.

La sélection des échantillons à soumettre aux essais pour une série d'appareils avec la même configuration de base et sans différence significative de construction doit être fondée sur une appréciation technique.

Sauf spécification contraire dans l'article d'essai correspondant, le couple de serrage des connexions doit être celui spécifié par le constructeur ou, s'il n'est pas précisé, le couple donné dans le Tableau 4 de la CEI 60947-1:2007.

Dans le cas où plusieurs radiateurs sont spécifiés, celui qui a la résistance thermique la plus élevée doit être utilisé.

Des moyens de mesure en valeur efficace vraie doivent être utilisés pour la tension et le courant.

9.3.3 Fonctionnement à vide, dans les conditions normales de charge et dans les conditions de surcharge

9.3.3.1 Disponible

9.3.3.2 Disponible

9.3.3.3 Echauffement

9.3.3.3.1 Température de l'air ambiant

Le Paragraphe 8.3.3.3.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.3.3.3.2 Mesure de la température des organes

Le Paragraphe 8.3.3.3.2 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.3.3.3.3 Echauffement d'un organe

Le Paragraphe 8.3.3.3.3 de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.3.3.3.4 Echauffement du circuit principal

Le Paragraphe 8.3.3.3.4 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, à l'exception qu'un essai unique doit être réalisé, tous les pôles dans le circuit principal étant alimentés à leurs courants assignés maximaux individuels et tel qu'indiqué en 8.2.2.4, et avec les ajouts suivants:

Pour les appareils de commutation à semiconducteurs connectés dans le circuit principal (voir 8.2.2.4), les dispositifs de mesure de la température doivent être fixés sur la surface extérieure du boîtier de l'appareil de commutation à semiconducteurs susceptible d'avoir l'échauffement le plus élevé pendant cet essai. La température finale du boîtier, C_f , et la température ambiante finale, A_f , doivent être enregistrées pour être utilisées pendant l'essai de 9.3.3.6.2.

Pour les appareils mécaniques de connexion (voir 8.2.2.4.2 et 8.2.2.4.4), les dispositifs de mesure de la température doivent être fixés selon les exigences de 8.3.3.3 de la CEI 60947-1:2007.

Tous les circuits auxiliaires parcourus normalement par du courant doivent être alimentés à la valeur maximale de leur courant assigné d'emploi (voir 5.6), et les circuits de commande doivent être alimentés à leurs tensions assignées.

Le démarreur doit être équipé d'un relais de surcharge répondant aux dispositions de 5.7, et choisi comme suit:

- relais non réglable:
le courant de réglage doit être égal au courant maximal d'emploi du démarreur, et l'essai doit être effectué à ce courant;
- relais réglable:
le courant de réglage maximal doit être celui qui est le plus proche du courant maximal du démarreur, sans dépasser celui-ci.

Pour les démarreurs, l'essai doit être effectué avec le relais de surcharge pour lequel le courant de réglage est le plus voisin du maximum de son échelle.

NOTE La méthode de sélection décrite ci-dessus est conçue pour s'assurer que l'échauffement des bornes du relais de surcharge raccordées sur le site, et la puissance dissipée par le démarreur, ne sont pas inférieurs à ceux qui auraient lieu avec toute combinaison d'un relais et d'un gradateur. Dans les cas où l'influence du relais de surcharge sur ces valeurs n'est pas significative (c'est-à-dire dans le cas des relais statiques de surcharge), il convient que le courant d'essai soit toujours le courant maximal d'emploi du démarreur.

9.3.3.3.5 Echauffement des circuits de commande

Le Paragraphe 8.3.3.3.5 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai de 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Echauffement des bobines et des électro-aimants

Le Paragraphe 8.3.3.3.6 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Les électro-aimants des contacteurs ou démarreurs destinés à fonctionner dans des gradateurs à semiconducteurs ou comme appareil mécanique de connexion de dérivation doivent satisfaire à 8.2.2.6, le circuit principal étant parcouru par le courant assigné pendant toute la durée de l'essai. L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai de 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.7 Echauffement des circuits auxiliaires

Le Paragraphe 8.3.3.3.7 de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai de 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Propriétés diélectriques

9.3.3.4.1 Essais de type

(1) Conditions générales pour les essais de tension de tenue

Le Paragraphe 8.3.3.4.1 1) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, à l'exception de la dernière note. Voir aussi 8.2.3.

(2) Vérification de la tension de tenue aux chocs

a) Généralités

Le Paragraphe 8.3.3.4.1 2) a) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

b) Tension d'essai

Le Paragraphe 8.3.3.4.1 2) b) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec la phrase suivante ajoutée:

Pour tout élément dont la tenue diélectrique n'est pas sensible à l'altitude (par exemple optocoupleur, élément enrobé, etc.), l'application du coefficient correcteur d'altitude n'est pas applicable.

c) Application de la tension d'essai

Le matériel étant monté et préparé comme spécifié au point 1) ci-dessus, la tension d'essai est appliquée comme suit:

- i) entre toutes les bornes du circuit principal reliées entre elles (y compris les circuits de commande et auxiliaires reliés au circuit principal) et l'enveloppe ou l'embase de montage avec, le cas échéant, les contacts dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- ii) pour les pôles du circuit principal déclarés isolés galvaniquement des autres pôles: entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux et à l'enveloppe ou l'embase de montage avec, le cas échéant, les contacts dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- iii) entre chaque circuit de commande et circuit auxiliaire qui n'est pas normalement relié au circuit principal et

- le circuit principal;
 - les autres circuits;
 - les parties conductrices exposées;
 - l'enveloppe ou l'embase de montage, qui, dans les cas appropriés, peuvent être reliés entre eux;
- iv) pour les matériels aptes au sectionnement, à travers les pôles du circuit principal, les bornes amont étant reliées entre elles et les bornes aval étant reliées entre elles. La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes amont et aval du matériel, les contacts étant en position d'ouverture sectionnée, et sa valeur doit être telle que spécifiée en 1) b) de 7.2.3.1 de la CEI 60947-1:2007.
- d) Critères d'acceptation
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 2) d) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- (3) Vérification de la tenue à fréquence industrielle de l'isolation solide
- a) Généralités
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 3) a) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- b) Tension d'essai
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 3) b) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec la phrase suivante ajoutée à la fin du premier alinéa.
Si une tension d'essai alternative ne peut pas être utilisée en raison de la présence d'éléments de filtres CEM qui ne peuvent pas être facilement déconnectés, une tension d'essai continue ayant la même valeur que la valeur crête de la tension d'essai alternative sélectionnée peut être appliquée.
- c) Application de la tension d'essai
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 3) c) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec les deux dernières phrases modifiées comme suit:
La tension d'essai doit être appliquée pendant 5 s, dans les conditions suivantes:
- suivant les exigences des points i), ii) et iii) du 2) c) ci-dessus;
 - dans le cas de gradateurs ou démarreurs hybrides à semiconducteurs, à travers les pôles du circuit principal, les bornes amont étant reliées entre elles et les bornes aval étant reliées entre elles.
- d) Critères d'acceptation
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 3) d) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- (4) Vérification de la tenue à fréquence industrielle après les essais de commutation en charge et les essais de court-circuit
- a) Généralités
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 4) a) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- b) Tension d'essai
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 4) b) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- c) Application de la tension d'essai
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 4) c) de la CEI 60947-1:2007 s'applique, avec la phrase suivante ajoutée à la fin de l'alinéa.
L'usage d'une feuille métallique, comme mentionné en 8.3.3.4.1 1) de la CEI 60947-1:2007, n'est pas exigé.
- d) Critères d'acceptation
Le Paragraphe 8.3.3.4.1 4) d) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.
- (5) Disponible
- (6) Vérification de la tension de tenue en courant continu

Le Paragraphe 8.3.3.4.1 6) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

(7) Vérification des lignes de fuite

Le Paragraphe 8.3.3.4.1 7) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

(8) Vérification du courant de fuite du matériel apte au sectionnement

Le courant de fuite maximal ne doit pas dépasser les valeurs de 7.2.7 de la CEI 60947-1:2007.

9.3.3.4.2 Disponible

9.3.3.4.3 Essais d'échantillonnage pour la vérification des distances d'isolement

(1) Généralités

Le Paragraphe 8.3.3.4.3 1) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

(2) Tension d'essai

La tension d'essai doit être celle correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs. Les plans et les règles d'échantillonnage sont à l'étude.

(3) Application de la tension d'essai

Le Paragraphe 8.3.3.4.3 3) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

(4) Critères d'acceptation

Le Paragraphe 8.3.3.4.3 4) de la CEI 60947-1:2007 s'applique.

9.3.3.5 Pouvoir de fermeture et pouvoir de coupure des appareils mécaniques de connexion

9.3.3.5.1 Généralités

On doit vérifier que les appareils mécaniques de connexion satisfont aux exigences de 8.2.4.2.

Si l'appareil mécanique de connexion n'a pas satisfait aux essais précédents, il doit satisfaire aux Paragraphes de 8.2.4.2. Les pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être vérifiés selon 8.3.3.5 de la CEI 60947-1:2007.

9.3.3.5.2 Appareils mécaniques de connexion en série des gradateurs hybrides

a) L'appareil concerné peut être essayé comme un composant séparé, ou

b) le gradateur hybride complet peut être essayé avec les appareils concernés installés comme en service normal et avec les composants à semiconducteurs court-circuités sur chaque pôle.

9.3.3.5.3 Appareils mécaniques de connexion en parallèle, ayant subi des essais de type, des gradateurs à dérivation

L'appareil concerné doit être essayé comme un composant séparé.

9.3.3.5.4 Appareils mécaniques de connexion en parallèle, dépendants, des gradateurs à dérivation

L'ensemble complet, avec le dispositif de dérivation installé, doit être essayé comme en service normal. Pour simuler le démarrage et l'arrêt, la séquence de fonctionnement doit être la même qu'en service normal.

9.3.3.6 Aptitude au fonctionnement

La conformité aux exigences de l'aptitude au fonctionnement de 8.2.4.1 doit être vérifiée par les trois essais suivants:

- essai de stabilité thermique;
- essai d'aptitude en surcharge;
- essai de tenue au blocage et aptitude à la commutation.

Les essais simulent un service de 8 h.

Les connexions au circuit principal doivent être semblables à celles qui sont prévues lorsque le matériel est en service. La tension de commande doit être fixée à 110 % de la tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s .

Si le gradateur d'un démarreur a par ailleurs satisfait à un essai d'aptitude au fonctionnement et répond aux exigences de 5.4.2, il n'est pas nécessaire d'essayer le démarreur pour attribuer ses caractéristiques suivant les résultats d'essai.

Tableau 16 – Spécifications d'essai pour la stabilité thermique

Article	Niveau	Instructions
Objectif de l'essai	Vérifier que la variation de température entre des cycles successifs de fonctionnement identiques dans une séquence est inférieure à 5 % dans une période de 8 h. Vérifier que l'échauffement des bornes accessibles de l'appareil mécanique de connexion dans le circuit principal ne dépasse pas les limites prescrites au Tableau 2 de la CEI 60947-1:2007.	
Durée de l'essai	Effectuer l'essai jusqu'à $\Delta_n \leq 0,05$ ou après 8 h $\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$	
Conditions d'essai	Tableau 10	
Température du matériel en essai	C_n , température de boîtier	Dispositifs de mesure de la température fixés sur la surface extérieure d'un appareil de commutation à semiconducteurs (9.3.3.3.4). Surveiller l'appareil de commutation à semiconducteurs susceptible d'être le plus chaud.
Température ambiante	A_n , tout niveau convenable	Dispositifs de mesure de la température pour surveiller les changements de la température ambiante (le Paragraphe 8.3.3.3.1 de la CEI 60947-1:2007 s'applique).
Résultats à obtenir	a) $\Delta_n \leq 0,05$ pendant une période de 8 h b) Pas de détérioration visuelle évidente (c'est-à-dire fumée, décoloration). c) L'échauffement des bornes accessibles de l'appareil mécanique de connexion dans le circuit principal ne doit pas dépasser les limites prescrites au Tableau 2 de la CEI 60947-1:2007. d) Lorsque les bornes ne sont pas accessibles, les valeurs du Tableau 2 de la CEI 60947-1:2007 peuvent être dépassées, à condition que les parties adjacentes ne soient pas endommagées.	

Tableau 17 – Exigences de température initiale du boîtier

Numéro du cycle de manœuvres	Température initiale du boîtier, C_i °C
1	Non inférieure à 40 °C
2	Température la plus élevée permettant à nouveau le réarmement après le premier cycle de fonctionnement du relais de surcharge du démarreur ou du relais de surcharge recommandé par le constructeur, destiné à être utilisé avec le gradateur.
3 et 4	≥40 °C plus l'échauffement maximal du boîtier pendant l'essai d'échauffement (9.3.3.3)

9.3.3.6.1 Procédure d'essai de stabilité thermique

Les spécifications d'essais et les critères d'acceptation sont donnés dans le Tableau 16. Les profils d'essai sont représentés sur la Figure F.1.

- (1) Attribuer un numéro d'ordre, n , à chaque période de passage de courant dans les séquences d'essais (c'est-à-dire $n = 0, 1, 2, \dots, n-1, N$).
- (2) Enregistrer la température initiale du boîtier C_0 . Enregistrer la température ambiante initiale A_0 .
- (3) Ajuster le courant d'essai, I_T , au niveau 1 (voir Tableau 10). Mettre n à une nouvelle valeur telle que $n = n+1$.
- (4) Appliquer la tension d'essai, U_T , aux bornes d'entrée principales du matériel en essai. U_T peut rester appliquée pour la durée de l'essai, ou peut être appliquée et retirée de façon synchronisée avec le fonctionnement de la tension de commande, U_C .

Commuter le matériel en essai sur l'état passant (la tension de commande du matériel en essai, U_C , est appliquée).

NOTE L'intervalle de temps de T_x commence à l'instant où le courant d'essai atteint la valeur $X \times I_e$. Par conséquent, le temps nécessaire au courant en rampe d'essai pour atteindre $X \times I_e$ augmente le temps d'essai total.

- (5) Cette étape doit être réalisée en fonction de la catégorie d'emploi.
 - a) Pour AC-52a, AC-53a, AC-58a seulement.
Après un temps T_x (Tableau 10), mettre le courant d'essai I_t au niveau 2. Après le temps pour le niveau 2, commuter le matériel en essai à l'état non passant.
 - b) Pour AC-52b, AC-53b, AC-58b seulement.
Après le temps T_x (Tableau 10), commuter le matériel en essai à l'état non passant.
- (6) Enregistrer la température du boîtier C_n . Enregistrer la température ambiante A_n .
- (7) Décision pour arrêter (ou poursuivre) l'essai:
 - a) Calculer le facteur de changement de l'échauffement du boîtier:

$$\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$$

- b) Vérifier la conformité avec les résultats à obtenir (Tableau 16)

Si $\Delta_n > 0,05$, et si la durée totale de l'essai est inférieure à 8 h, et si les résultats à obtenir (a) et b) du Tableau 16) sont respectés, répéter les étapes 3 à 7.

Si $\Delta_n > 0,05$, et si la durée totale de l'essai est supérieure à 8 h, ou si les résultats à obtenir ne sont pas respectés, arrêter l'essai. Il s'agit d'une défaillance.

Si $\Delta_n \leq 0,05$, et si la durée totale de l'essai est inférieure à 8 h, et si les résultats à obtenir a), b), c) et d) du Tableau 16) sont respectés, arrêter l'essai. L'essai est conforme.

9.3.3.6.2 Procédure d'essai de capacité de surcharge

(1) Conditions d'essai

- a) Se référer au Tableau 11. Le profil d'essai est représenté sur la Figure F.2.
- b) Les gradateurs et les démarreurs utilisant un dispositif supplémentaire pouvant commander la coupure du courant, en plus du relais de surcharge fournissant une protection en conditions de surcharge pendant un fonctionnement à l'état de pleine conduction, doivent être essayés avec ce dispositif en place. Dans cet essai, il est acceptable que le dispositif fasse commuter le matériel en essai à l'état non passant dans un temps plus court que la durée de conduction spécifiée.

(2) Réglages du matériel en essai

- a) Le matériel en essai doit être réglé pour réduire le temps d'établissement du niveau de courant d'essai, I_{LRP} .
- b) Le matériel en essai équipé d'une fonction de limitation de courant doit être réglé à la valeur la plus élevée de X spécifiée pour I_e .
- c) Lorsque le matériel en essai est un démarreur, son relais de surcharge doit être neutralisé, et T_x doit être ajusté selon le c) du Tableau 11.

(3) Essai

- a) Etablir des conditions initiales.
- b) Appliquer la tension d'essai aux bornes du circuit principal d'entrée du matériel en essai.
(Avec la variante HxA, le contact de l'appareil mécanique de connexion en série est fermé. Avec la variante HxB, celui-ci est ouvert.)
La tension d'essai doit être appliquée pendant la durée de l'essai.
- c) Commuter le matériel en essai à l'état passant.
- d) A la fin du temps prescrit à l'état passant (Tableau 11), commuter le matériel en essai à l'état non passant.
NOTE Dans le cas de la variante HxB, l'état non passant est remplacé par l'état passant.
- e) Répéter les étapes c) et d) deux fois. Fin de l'essai.

Pour un matériel en essai ayant une fonction de limitation de courant pendant le démarrage du moteur (et une possibilité d'arrêt), mais non dans l'état de pleine conduction, la procédure d'essai de capacité de surcharge pour vérifier la conformité du matériel en essai aux exigences de 8.2.4.1 est la suivante.

- i) Après deux cycles de fonctionnement comme décrit ci-dessus, le matériel en essai est commuté à l'état passant et traversé par un courant d'essai initial I_{init} , non supérieur à I_e .
- ii) Le matériel en essai étant en pleine conduction, le circuit d'essai spécifié au Tableau 11 est connecté à la charge à l'aide d'un interrupteur extérieur. Il ne doit pas y avoir d'interruption de courant pendant le passage du courant I_{init} à I_{LRP} .
- iii) Conformément au Tableau 9, le courant d'essai I_{LRP} est maintenu pendant T_x secondes avant l'établissement d'un état non passant par le matériel en essai. Il est admis que le matériel en essai puisse passer à l'état non passant au bout d'un temps inférieur à T_x , lorsqu'il est équipé d'une protection convenable contre les surcharges.
- iiii) Ce cycle de fonctionnement est effectué deux fois.

Les conditions de température initiales du boîtier pour les quatre cycles de fonctionnement requis doivent être conformes à celles du Tableau 17.

(4) Vérifier les critères (voir 9.3.3.6.4)

- a) Pas de perte de l'aptitude à la commutation.
- b) Pas de perte de capacité de blocage.

- c) Pas de perte de fonctionnalité.
- d) Pas de détérioration visible.

Tableau 18 – Spécifications d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation

Article	Niveau	Instruction
Nombre de cycles de fonctionnement	Essai 1: 100 cycles de fonctionnement avec 85 % de U_e et 85 % de U_s . Essai 2: 1 000 cycles de fonctionnement avec 110 % de U_e et 110 % de U_s .	
Charge d'essai	Les paramètres du moteur à induction et de la charge mécanique sont donnés au Tableau 12.	
Instruments d'essai	Les systèmes de mesure du courant en valeur efficace vraie doivent être connectés entre les bornes du moteur et les bornes côté charge sur chaque pôle du matériel en essai. Les systèmes doivent être capables de mesurer des courants de l'ordre des milliampères.	
Température du matériel en essai	Température ambiante (10 °C à 40 °C)	
Réglages du matériel en essai	Les réglages du matériel en essai sont limités aux réglages externes fournis par le constructeur pour un produit normal. a) Les gradateurs équipés d'une fonction de limitation de courant sont réglés à la plus basse valeur de X autorisant le démarrage du moteur (comme défini au Tableau 12). b) Les gradateurs équipés d'une fonction de démarrage progressif sont réglés à la plus faible des deux valeurs suivantes: la durée de rampe maximale ou 10 s. Les valeurs initiales du courant de démarrage et/ou de la tension de démarrage sont réglées à la valeur minimale autorisant le démarrage immédiat du moteur.	
Cycle d'essai	Durée à l'état passant > temps pour atteindre la pleine tension et la pleine vitesse + 1 s Durée à l'état non passant = 1/3 du temps nécessaire pour la décélération naturelle.	
Résultats à obtenir	a) a1) ou a2) doit être satisfait. a1) $I_O < 1 \text{ mA}$ et $I_F < 1 \text{ mA}$ a2) si $I_O > 1 \text{ mA}$ ou $I_F > 1 \text{ mA}$, alors – $\Delta I < 1$ pour chaque pôle où $\Delta I = (I_F - I_O) / I_O$ et – I_O et I_F doivent être dans les limites indiquées dans les caractéristiques du semiconducteur. b) Pas de détérioration évidente (c'est-à-dire fumée, décoloration). c) Pas de perte de fonctionnalité, comme spécifié par le constructeur.	

9.3.3.6.3 Essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation

Les spécifications d'essai sont données dans les Tableaux 12 et 18. Les profils d'essai sont décrits sur la Figure F.3.

Pour la variante HxA, les contacts de l'appareil mécanique de connexion en série doivent être maintenus en position fermée pendant toute la durée de l'essai.

Pour la variante HxB, les contacts de l'appareil mécanique de connexion en série peuvent être manœuvrés pour effectuer les cycles d'essai. Cependant, les mesures de tension entre les pôles doivent être effectuées avec les contacts en série fermés et les éléments de commutation à semiconducteurs à l'état non passant. Le constructeur doit donner des instructions pour équiper le matériel en essai de dispositifs spéciaux permettant de satisfaire aux exigences de mesure de la tension.