

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and
motor-starters**

**Appareillage à basse tension –
Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs
électromécaniques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and
motor-starters**

**Appareillage à basse tension –
Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs
électromécaniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.99, 29.130.20

ISBN 978-2-8322-7773-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	10
1 Scope.....	13
2 Normative references	14
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	15
3.1 General.....	15
3.2 Alphabetical index of terms	15
3.3 Terms and definitions concerning contactors	18
3.4 Terms and definitions of the functions of starters	19
3.5 Terms and definitions concerning starters	20
3.6 Terms and definitions concerning characteristic quantities	26
3.7 Terms and definitions concerning safety aspects	28
3.8 Terms and definitions concerning electric motor characteristics	31
3.9 Symbols and abbreviated terms	31
4 Classification	32
5 Characteristics of contactors and starters	33
5.1 Summary of characteristics	33
5.2 Type of equipment	33
5.2.1 Kind of equipment.....	33
5.2.2 Number of poles	34
5.2.3 Kind of current (AC or DC).....	34
5.2.4 Interrupting medium (air, oil, gas, vacuum, etc.)	34
5.2.5 Operating conditions of the equipment.....	34
5.2.6 Methods of overload protection of motors	34
5.3 Rated and limiting values for main circuits	35
5.3.1 Rated voltages	35
5.3.2 Currents or powers	36
5.3.3 Rated frequency	38
5.3.4 Rated duties	38
5.3.5 Normal load and overload characteristics	39
5.3.6 Short-circuit characteristics	41
5.3.7 Pole impedance of a contactor (Z) or starter	41
5.4 Utilization category	41
5.4.1 General	41
5.4.2 Assignment of utilization categories based on the results of tests	42
5.5 Control circuits.....	43
5.6 Auxiliary circuits.....	44
5.7 Characteristics of relay and release of overload relays and of motor protective switching device (MPSD)	44
5.7.1 Summary of characteristics.....	44
5.7.2 Types of relay or release	44
5.7.3 Characteristic values	45
5.7.4 Designation and current settings of overload relays	46
5.7.5 Time-current characteristics of overload relays	47
5.7.6 Influence of ambient air temperature.....	47
5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices.....	47
5.9 Void	47

5.10	Types and characteristics of automatic change-over devices and automatic acceleration control devices	47
5.10.1	Types	47
5.10.2	Characteristics	47
5.11	Types and characteristics of auto-transformers for two-step auto-transformer starters	48
5.12	Types and characteristics of starting resistors for rheostatic rotor starters	48
6	Product information	49
6.1	Nature of information	49
6.1.1	Identification	49
6.1.2	Characteristics, basic rated values and utilization	49
6.2	Marking	51
6.3	Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling	52
6.4	Environmental information	52
6.5	Instruction for equipment capable to be reused, repaired and upgraded	53
7	Normal service, mounting and transport conditions	53
8	Constructional and performance requirements	53
8.1	Constructional requirements	53
8.1.1	General	53
8.1.2	Materials	54
8.1.3	Current-carrying parts and their connections	54
8.1.4	Clearances and creepage distances	54
8.1.5	Actuator	55
8.1.6	Indication of the contact position	55
8.1.7	Additional requirements for equipment suitable for isolation	55
8.1.8	Terminals	56
8.1.9	Additional requirements for equipment provided with a neutral pole	56
8.1.10	Provisions for protective earthing	56
8.1.11	Enclosures for equipment	56
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment	56
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits	56
8.1.14	Limited energy source	57
8.1.15	Stored charge energy circuit	59
8.1.16	Fault and abnormal conditions	59
8.1.17	Short-circuit and overload protection of ports	60
8.1.18	Use of voltage transient limiting device	60
8.2	Performance requirements	60
8.2.1	Operating conditions	60
8.2.2	Temperature-rise	66
8.2.3	Dielectric properties	69
8.2.4	Normal load and overload performance requirements	70
8.2.5	Co-ordination with short-circuit protective devices	75
8.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	77
8.3.1	General	77
8.3.2	Immunity	78
8.3.3	Emission	78
8.4	Embedded software	79
8.5	Security	79

9	Tests	79
9.1	Kinds of test.....	79
9.1.1	General	79
9.1.2	Type tests.....	79
9.1.3	Routine tests	79
9.1.4	Sampling tests	80
9.1.5	Special tests.....	80
9.2	Compliance with constructional requirements.....	81
9.2.1	General	81
9.2.2	Electrical performance of screwless-type clamping units.....	81
9.2.3	Ageing test for screwless-type clamping units.....	82
9.2.4	Limited energy source test.....	82
9.2.5	Breakdown of components.....	83
9.2.6	Wire flexing test.....	83
9.3	Compliance with performance requirements.....	84
9.3.1	Test sequences	84
9.3.2	General test conditions	84
9.3.3	Performance under no load, normal load and overload conditions.....	85
9.3.4	Performance under short-circuit conditions	98
9.3.5	Overload current withstand capability of contactors and IMPSDs	104
9.3.6	Routine tests and sampling tests	104
9.4	EMC tests	106
9.4.1	General	106
9.4.2	Immunity.....	106
9.4.3	Emission.....	108
Annex A	(normative) Marking and identification of terminals of contactors, starters and associated overload relays.....	110
A.1	General.....	110
A.2	Marking and identification of terminals of main circuits.....	110
A.3	Marking and identification of terminals of overload relays	110
Annex B	(normative) Special tests	112
B.1	General.....	112
B.2	Mechanical durability	112
B.2.1	General	112
B.2.2	Verification of mechanical durability.....	112
B.3	Electrical durability	114
B.3.1	General	114
B.3.2	Results to be obtained	115
B.3.3	Statistical analysis of test results for contactors or starters.....	115
B.4	Co-ordination at the crossover current between the starter and associated SCPD	116
B.4.1	General	116
B.4.2	Condition for the test for the verification of co-ordination at the crossover current by a direct method	116
B.4.3	Test currents and test circuits.....	116
B.4.4	Test procedure and results to be obtained	117
B.4.5	Verification of co-ordination at the crossover current by an indirect method	117

Annex C (informative) Electric motor evolutions and motor starting methods.....	120
C.1 General.....	120
C.1.1 Major changes on the market concerning electrical motors	120
C.1.2 Electric motor characteristics	121
C.1.3 Efficiency motor analysis	121
C.1.4 Impacts on switchgear and controlgear	123
C.2 Typical variants direct-on-line starters.....	123
C.3 Functional aspects of motor starters	126
C.4 Currents and torques during a star-delta start	128
C.5 Currents and torques during an auto-transformer start	131
C.6 Currents waveform of the different modes of operation of a starter	133
Annex D (informative) Items subject to agreement between manufacturer and user.....	135
Annex E (Void)	136
Annex F (normative) Requirements for auxiliary contact linked with power contact (mirror contact).....	137
F.1 Application and object.....	137
F.1.1 Application.....	137
F.1.2 Object.....	137
F.2 Characteristics.....	137
F.3 Product information.....	137
F.4 Normal service, mounting and transport conditions	138
F.5 Constructional and performance requirements	138
F.6 Tests	138
F.6.1 General	138
F.6.2 Tests on products in a new condition	138
F.6.3 Test after conventional operational performance (defined under Table 10).....	139
Annex G (informative) Rated operational currents and rated operational powers of switching devices for electrical motors	140
G.1 General.....	140
G.2 Rated operational powers and rated operational currents.....	140
Annex H (normative) Extended functions to electronic overload relays.....	144
H.1 General.....	144
H.2 Limits of operation of control functions	144
H.2.1 General	144
H.2.2 Limits of electronic overload relay with main circuit undervoltage restarting function.....	144
H.3 Test of the control functions	144
Annex I (informative) AC-1 contactors for use with semiconductor controlled motor load	145
Annex J (Void)	146
Annex K (normative) Procedure to determine data for electromechanical contactors used in functional safety applications.....	147
K.1 General.....	147
K.2 Test requirements	147
K.3 Characterization of a failure mode	147
K.4 Failure ratios of a contactor	147

Annex L (normative) Assessment procedure for electromechanical overload protection used in safety applications and especially in explosive atmospheres	149
L.1 Application and object.....	149
L.1.1 Application.....	149
L.1.2 Object.....	149
L.2 Procedure	149
L.2.1 General	149
L.2.2 Safety design process	150
L.3 Requirements	150
L.3.1 General	150
L.3.2 Safety plan	150
L.3.3 Design	151
L.3.4 Failure mode and effects analysis of the safety function	151
L.3.5 Design plan	152
L.3.6 Verification	152
L.3.7 Function assessed.....	152
L.4 Documentation.....	152
L.4.1 Technical safety documentation.....	152
L.4.2 Safety instructions	152
L.5 Example.....	153
L.5.1 architecture description	153
L.5.2 FMEA	154
Annex M (normative) DC contactors for use in photovoltaic (PV) applications	162
M.1 Application	162
M.2 Object.....	162
M.3 Classification	162
M.4 Characteristics.....	162
M.4.1 General	162
M.4.2 Rated impulse withstand voltage.....	162
M.4.3 Utilization category	163
M.5 Product information.....	163
M.6 Normal service, mounting and transport conditions	164
M.6.1 General	164
M.6.2 Ambient air temperature	164
M.6.3 Altitude	164
M.7 Constructional and performance requirements	164
M.7.1 Constructional requirements	164
M.7.2 Performance requirements.....	164
M.7.3 Electromagnetic compatibility (EMC)	165
M.8 Tests	166
M.8.1 General	166
M.8.2 Type tests.....	166
M.8.3 Making and breaking capacities and conventional operational performance	166
M.8.4 Thermal cycling test.....	166
M.8.5 Climatic test.....	167
M.8.6 Dielectric test	167
M.8.7 Critical load current test.....	167
M.8.8 Mechanical and electrical properties of terminals.....	168

M.8.9	Degree of protection of enclosed contactors	168
M.8.10	EMC	168
M.8.11	Clearance and creepage distances	168
Annex N (normative) Additional requirements and tests for equipment with protective separation.....		169
N.1	General.....	169
N.2	Terms and definitions.....	169
N.3	Requirements	169
N.3.1	Test method for implementing protective impedance.....	169
N.3.2	Touch current measurement	170
Annex O (normative) Load monitoring indicators		172
O.1	General.....	172
O.2	Indicators list	172
O.3	Uncertainty	174
O.4	Tests	175
O.4.1	Routine tests	175
O.4.2	Type tests.....	175
Annex P (normative) Short-circuit breaking tests of MPSD		177
P.1	General test conditions	177
P.2	Rated service short-circuit breaking capacity	178
P.2.1	General	178
P.2.2	Test of rated service short-circuit breaking capacity.....	178
P.2.3	Verification of operational performance capability	178
P.2.4	Verification of dielectric withstand.....	178
P.2.5	Verification of temperature-rise.....	179
P.2.6	Verification of overload releases	179
P.3	Rated ultimate short-circuit breaking capacity	179
P.3.1	General	179
P.3.2	Verification of overload releases	179
P.3.3	Test of rated ultimate short-circuit breaking capacity	180
P.3.4	Verification of dielectric withstand.....	180
P.3.5	Verification of overload releases	180
P.4	Test of MPSD for IT system	180
P.4.1	General	180
P.4.2	Individual pole short-circuit	181
P.4.3	Verification of dielectric withstand.....	181
P.4.4	Verification of overload releases	181
P.4.5	Marking	182
Bibliography.....		183

Figure 1 – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays	63
Figure 2 – Thermal memory test	64
Figure 3 – Example of different parts	67
Figure 4 – Examples of co-ordination characteristics of a starter.....	77
Figure 5 – Voltage drop measurement at contact point of the clamping terminal	82
Figure 6 – Peak current envelope	89
Figure A.1 – Main circuit	110

Figure A.2 – Overload relays	111
Figure B.1 – Examples of time-current withstand characteristic.....	119
Figure C.1 – Electric motor characteristics	121
Figure C.2 – Rated current of different energy efficiency classes	122
Figure C.3 – Ratio of the rated locked-rotor current to the nominal current.....	122
Figure C.4 – Ratio of the inrush current to the nominal current	123
Figure C.5 – Connections to motor windings	124
Figure C.6 – Current and torque during direct-on-line starting	125
Figure C.7 – Typical variants of protected starters, combination starters, protected switching devices and combination switching devices	126
Figure C.8 – Functional view of motor starters	127
Figure C.9 – Motor overload protection embedded into a circuit-breaker.....	128
Figure C.10 – Typical curves of currents and torques during a star-delta start	129
Figure C.11 – Timing of star-delta-switching	130
Figure C.12 – Typical method and diagram of starting alternating-current induction motors by means of star-delta starter	131
Figure C.13 – Typical curves of currents and torques during an auto-transformer starting of a motor.....	132
Figure C.14 – Typical schematic diagrams for starting alternating-current induction motors by means of auto-transformers	133
Figure C.15 – Examples of current and time curves of motor starting and stopping in one or two directions.....	134
Figure F.1 – Mirror contact.....	138
Figure L.1 – Safety design process	150
Figure L.2 – Typical structure of a thermal overload relay	153
Figure L.3 – typical structure of MPSD	154
Figure N.1 – Protection by means of protective impedance	170
Figure N.2 – Measuring instrument	171
Figure O.1 – Example of quantification of a process change	174
Table 1 – Utilization categories	43
Table 2 – Trip classes of overload relays	46
Table 19 – Limits for limited energy sources without an overcurrent protective device	58
Table 20 – Limits for limited energy sources with an overcurrent protective device	58
Table 21 – Limits for limited energy source with current limiting impedance	59
Table 3 – Limits of operation of time-delay overload relays when energized on all poles.....	63
Table 4 – Limits of operation of three-pole time-delay overload relays when energized on two poles only	65
Table 5 – Temperature-rise limits for insulated coils in air and in oil	66
Table 6 – Intermittent duty test cycle data.....	69
Table 7 – Making and breaking capacities – Making and breaking conditions according to utilization category	70
Table 8 – Relationship between the test current and off-time for the verification of rated making and breaking capacities	72
Table 9 – Operational current determination for utilization categories AC-6a and AC-6b when derived from AC-3 ratings	72

Table 10 – Conventional operational performance – Making and breaking conditions according to utilization category	73
Table 11 – Overload current withstand requirements	74
Table 12 – Specific acceptance criteria for immunity tests	78
Table 13 – Value of the prospective test current according to the rated operational current	101
Table 14 – Value of the conventional prospective test current according to the rated operational current (harmonized table)	101
Table 15 – Test conditions for I_{cd}	104
Table 16 – EMC immunity tests	107
Table 17 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (for mains ports)	109
Table 18 – Radiated emission test limits	109
Table B.1 – Verification of the number of on-load operating cycles – Conditions for making and breaking corresponding to the several utilization categories	115
Table B.2 – Test conditions	118
Table F.1 – Test voltage according to altitude	139
Table G.1 – Rated operational powers and rated operational currents of motors	141
Table K.1 – Failure mode of contactors	147
Table K.2 – Typical failure ratios for normally open contactors	148
Table L.1 – Severity	154
Table L.2 – Occurrence	155
Table L.3 – Detection levels	155
Table L.4 – Conclusion	156
Table L.5 – Example of failure mode and effects analysis for thermal overload relay	157
Table M.1 – Rated impulse voltage levels for PV contactors	163
Table M.2 – Utilization categories	163
Table M.3 – Ambient air temperature conditions	164
Table M.4 – Verification of rated making and breaking capacities – Conditions for making and breaking corresponding to the DC-PV category	165
Table M.5 – Conventional operational performance – Making and breaking condition corresponding to the DC-PV category	165
Table M.6 – Overall scheme of test sequences	166
Table M.7 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current	168
Table M.8 – Critical load current performance	168
Table O.1 – AC monitoring indicators list	173
Table O.2 – Different possibilities authorized for verification of indicators	175
Table O.3 – Reference for verification conditions	176
Table O.4 – Harmonic levels	176

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 4-1: Contactors and motor-starters –
Electromechanical contactors and motor-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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60947-4-1 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2018. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) objective in the scope;
- b) instantaneous only motor protective switching device IMPSD (3.5.33);
- c) kinds of equipment (5.2.1);

- d) methods of overload protection of motors (5.2.6);
- e) adoption of the AC-7d from IEC 61095:2023 (in 5.4.2);
- f) separately mounted overload relay of a starter (in 5.7.3 b));
- g) starter and contactor suitable for use downstream to basic drive module (6.1.2 w));
- h) reference to IEC TS 63058 for environmental aspects (in 6.4);
- i) wiring subject to movement (in 8.1.3);
- j) use of voltage transient limiting device (8.1.18);
- k) accessible parts subject to temperature limits (in 8.2.2.3);
- l) reference to Annex X of IEC 60947-1:2020 for the co-ordination of MPSD with SCPD (8.2.5.4);
- m) reference to IEC TR 63216 with different EMC environments (8.3.1);
- n) reference to IEC TR 63201 for the embedded software design (8.4);
- o) reference to IEC TS 63208 for cybersecurity aspects (8.5);
- p) update and completion of the measurement method of the power consumption of the electromagnet (9.3.3.2.1.2);
- q) update of Annex C including rational about AC-3e;
- r) determination of the critical load current for photovoltaic applications (M.8.7).

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

Draft	Report on voting
121A/571/FDIS	121A/580/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

This document shall be read in conjunction with IEC 60947-1:2020, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*. The provisions of the general rules are applicable to this document, where specifically called for.

The provisions of the general rules dealt with IEC 60947-1 are applicable to this part of IEC 60947 series where specifically called for. Clauses and subclauses, tables, figures and annexes of the general rules thus applicable are identified by reference to IEC 60947-1:2020. For example, 5.3.4.1 of IEC 60947-1:2020, Table 4 of IEC 60947-1:2020, or Annex A of IEC 60947-1:2020.

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters

1 Scope

This part of IEC 60947 is applicable to the following equipment:

- electromechanical contactors and starters including motor protective switching devices (MPSD and IMPSD);
- actuators of contactor relays;
- contacts dedicated exclusively to the coil circuit of the contactor or the contactor relay;
- dedicated accessories (e.g. dedicated wiring, dedicated latch accessory);

intended to be connected to distribution circuits, motors circuits and other load circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V AC or 1 500 V DC.

This document does not apply to:

- starters for DC motors;
- auxiliary contacts of contactors and contacts of contactor relays. These are covered by IEC 60947-5-1;
- the short-circuit protective device integrated within starters, other than MPSDs. This is covered by IEC 60947-2 and IEC 60947-3;
- motor overload protection function performed by control units for built-in thermal protection (PTC). They are covered by IEC 60947-8;
- the use of the equipment with additional measures within explosive atmospheres. These are given in IEC 60079 series;

The objective of this document is to state:

- the characteristics and composition of the equipment (Clause 5);
- the conditions applicable to the equipment with reference to:
 - its operation (5.2.5) and protection functions (5.2.6, 5.7, 5.8),
 - its intended environments (6.5, 8.3.1) and applications (5.4, Annex C, Annex D, Annex G, Annex H, Annex I, Annex M, Annex O) including safety applications (Annex F, Annex K, Annex L),
 - its construction and performance (Clause 8) including requirements to reduce risks of electric shock, thermal hazard, energy hazard, fire hazard and mechanical hazard, reasonably foreseeable misuse, electromagnetic compatibility (EMC) issues, software errors and security issues;
- the tests intended for confirming that these conditions have been met, and the methods to be adopted for these tests (Clause 9);
- the information to be included with the equipment or in the product documentation (Clause 6).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1:2022, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-12:2016, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

IEC 60034-30-1:2014, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)*

IEC 60068-2-14:2023, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

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

IEC 60364-1:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60715:2017, *Dimensions of low-voltage switchgear and controlgear – Standardized mounting on rails for mechanical support of switchgear, controlgear and accessories*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*

IEC 60947-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-5-1:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 61051-2, *Varistors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors*

IEC 61095:2023, *Electromechanical contactors for household and similar purposes*

IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61643-331, *Components for low-voltage surge protection – Part 331: Performance requirements and test methods for metal oxide varistors (MOV)*

IEC 61800-5-1:2022, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 61810-1, *Electromechanical elementary relays – Part 1: General and safety requirements*

IEC TS 63058, *Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage – Environmental aspects*

IEC TS 63208, *Low-voltage switchgear and controlgear – Security aspects*

IEC TR 63216:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Electromagnetic compatibility assessment for switchgear and controlgear and their assemblies*

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 3864-2, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

3.1 General

For the purposes of this document, the terms and definitions of Clause 3 of IEC 60947-1:2020, as well as the following terms, definitions, symbols and abbreviated terms apply.

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

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

3.2 Alphabetical index of terms

	Reference
A	
abnormal operating condition	3.7.1
accessible part	3.7.2
auto-transformer starter	3.5.4.2
auto-transformer	3.5.4.3
B	
basic drive module (abbreviation: BDM)	3.5.36
C	
closed transition (with an auto-transformer starter or star-delta starter)	3.5.23
combination starter	3.5.7
combination switching device	3.5.27
conventional prospective current " r "	3.6.9
CO operation	3.6.3
contactor (mechanical)	3.3.1
D	
dedicated wiring accessory	3.5.34
direct-on-line starter	3.5.2

E

electromagnetic contactor	3.3.2
electromagnetic starter	3.5.9
electronically controlled electromagnet	3.3.8
electro-pneumatic contactor	3.3.4
electro-pneumatic starter	3.5.12

G

galvanic opening (of a circuit)	3.6.13
galvanic separation	3.6.14

H

hazardous-live-part	3.7.4
holding power (of a contactor)	3.3.9
hot functional surface	3.7.10

I

I^2t characteristic of a circuit-breaker or a MPSD	3.6.10
I_{cd} current	3.6.5
inching (jogging)	3.5.24
inhibit time	3.5.30
instantaneous only motor protective switching device (abbreviation: IMPSD)	3.5.33

J

jam relay (or release)	3.5.29

L

latch accessory	3.5.35
latched contactor	3.3.5
live-part	3.7.3
limited energy source	3.7.5

M

manual starter	3.5.8
mirror contact	3.7.11
motor management starter	3.5.31
motor-operated starter	3.5.10
motor protective switching device (abbreviation: MPSD)	3.5.32
motor starter	3.5.1

N

n -step starter	3.5.15

O

O operation	3.6.4
open transition (with an auto-transformer starter or star-delta starter)	3.5.22
overload current setting (abbreviation: I_r)	3.6.12

P

phase loss sensitive overload relay or release	3.5.18
pick-up power (of a contactor)	3.3.10
plugging	3.5.25
pneumatic contactor	3.3.3
pneumatic starter	3.5.11
position of rest (of a contactor)	3.3.7
product documentation	3.6.1
protected starter	3.5.6
protected switching device	3.5.26
protective impedance	3.7.6

R

rated instantaneous short-circuit current setting (abbreviation: I_i)	3.6.11
rated voltage pulse slope (abbreviation: dV/dt)	3.6.16
reasonably foreseeable misuse	3.7.7
recurring peak voltage	3.6.15
reduced voltage starter	3.5.4
resetting time	3.6.8
reversing starter	3.5.3
rheostatic rotor starter	3.5.5.2
rheostatic starter	3.5.5
rheostatic stator starter	3.5.5.1

S

separately mounted overload relay	3.5.17
single fault condition	3.7.8
single-step starter	3.5.13
stall relay (or release)	3.5.28
star-delta starter	3.5.4.1
starter	3.5.1
starting time (of a rheostatic starter)	3.5.20
starting time (of an auto-transformer starter)	3.5.21

T

transient recovery voltage (abbreviation: TRV)	3.6.2
two-step starter	3.5.14

U

under-current relay or release	3.5.19

V

vacuum contactor (or starter)	3.3.6

3.3 Terms and definitions concerning contactors

3.3.1

mechanical contactor

mechanical switching device having only one position of rest, operated otherwise than by hand, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions including operating overload conditions

Note 1 to entry: Mechanical contactors can be designated according to the method by which the force for closing the main contacts is provided.

Note 2 to entry: The term "operated otherwise than by hand" means that the device is intended to be controlled and kept in working position from one or more external supplies.

Note 3 to entry: In French, a contactor the main contacts of which are closed in the position of rest is usually called a "rupteur". The word "rupteur" has no equivalent in the English language.

Note 4 to entry: A contactor is usually intended to operate frequently.

Note 5 to entry: A mechanical contactor can provide a galvanic opening (3.6.13) but is not suitable for isolation unless the additional requirements defined under 8.1.7 are fulfilled. In this case the equipment can be marked in accordance with IEC 60417-6169-1 "Disconnecter; isolator" (2012-08).

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-33, modified – Term "contactor" added as synonymous; "may" replaced by "can" in Note 1 to entry; Notes to entry 2 to 5 have been added.]

3.3.2

electromagnetic contactor

contactor in which the force for closing the normally open main contacts or opening the normally closed main contacts is provided by an electromagnet

Note 1 to entry: The electromagnet can be electronically controlled.

3.3.3

pneumatic contactor

contactor in which the force for closing the normally open main contacts or opening the normally closed main contacts is provided by a device using compressed air, without the use of electrical means

3.3.4

electro-pneumatic contactor

contactor in which the force for closing the normally open main contacts or opening the normally closed main contacts is provided by a device using compressed air under the control of electrically operated valves

3.3.5

latched contactor

contactor, the moving elements of which are prevented by means of a latching arrangement from returning to the position of rest when the operating means are de-energized

Note 1 to entry: The latching, and the release of the latching, can be mechanical, electromagnetic, pneumatic, etc.

Note 2 to entry: Because of the latching, the latched contactor actually acquires a second position of rest and, according to the definition of a contactor, it is not, strictly speaking, a contactor. However, since the latched contactor in both its utilization and its design is more closely related to contactors in general than to any other classification of switching device, it is considered proper to require that it complies with the specifications for contactors wherever they are appropriate.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-34, modified – "may" replaced by "can" in Note 1 to entry.]

3.3.6**vacuum contactor**

contactor in which the main contacts open and close within a highly evacuated envelope

3.3.7**position of rest**

<contactor> position which the moving elements of the contactor take up when its electromagnet or its compressed-air device is not energized

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-24]

3.3.8**electronically controlled electromagnet**

electromagnet in which the coil is controlled by a circuit with active electronic elements

3.3.9**holding power**

<contactor> power needed to maintain the operation of the electromagnet

3.3.10**pick-up power**

<contactor> power needed to operate the contactor from the de-energized state to the energized state

3.4 Terms and definitions of the functions of starters**3.4.1****switching**

<motor starter> capability to make and break the current of a motor in normal operation according to the appropriate motor load utilization category

3.4.2**overload protection**

<motor starter> detection of the overload condition of a motor intended to control mechanically or electrically the opening of the switching function of the starter

3.4.3**electromechanical overload protection**

protection of a rotating electrical machine in case of excessive temperatures resulting from certain conditions of overload by means of thermo mechanical detection that initiate the interruption of the motor load circuit

Note 1 to entry: Electromechanical overload protection is typically provided by thermal overload relays or motor protective switching devices (MPSD).

3.4.4**isolating**

<motor starter> ability to provide in an indicated open position adequate isolation between the motor circuits and the supply circuits

3.4.5**electronic overload relay with control functions**

multipole electronic relay with motor control operations through its inputs and outputs

Note 1 to entry: Example of control functions: reversing control, two speed control, star-delta control, etc.

3.4.6

electronic overload relay with under-voltage restarting function

electronic relay which operates when the voltage applied to the main circuit or control circuit is reduced below a predetermined value and automatically resets (with or without time delay) when the voltage is recovered

3.4.7

electronic overload relay with main circuit undervoltage restarting function

electronic overload relay with under-voltage restarting function monitoring only the main circuit

3.4.8

electronic overload relay with control circuit undervoltage restarting function

electronic overload relay with under-voltage restarting function monitoring only the control circuit

Note 1 to entry: The automatic restarting function can be de-activated.

3.5 Terms and definitions concerning starters

3.5.1

motor starter starter

combination of all the switching means necessary to start and stop a motor in combination with suitable overload protection

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-38, modified – "motor starter" added as the first term and Note 1 to entry has been deleted.]

3.5.2

direct-on-line starter

starter which connects the line voltage across the motor terminals in one step

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-40]

3.5.3

reversing starter

starter intended to cause the motor to reverse the direction of rotation by reversing the motor primary connections when the motor is not running

Note 1 to entry: An application where reversing the motor primary connections while the motor is running is called plugging (see 3.5.25).

3.5.4

reduced voltage starter

starter which connects the line voltage across the motor terminals in more than one step or by gradually increasing the voltage applied to the terminals

3.5.4.1

star-delta starter

starter for a three-phase induction motor such that in the starting position the stator windings are connected in star and in the final running position they are connected in delta

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-44]

3.5.4.2**auto-transformer starter**

starter for an induction motor which uses for starting one or more reduced voltages derived from an auto-transformer

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-45]

3.5.4.3**auto-transformer**

transformer in which at least two windings have a common part

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-01-11]

3.5.5**rheostatic starter**

starter utilizing one or several resistors for obtaining, during starting, stated motor torque characteristics and for limiting the current

Note 1 to entry: A rheostatic starter generally consists of three basic parts which can be supplied either as a composite unit or as separate units to be connected at the place of utilization:

- the mechanical switching devices for supplying the stator (generally associated with an overload protective device);
- the resistor(s) inserted in the stator or rotor circuit;
- the mechanical switching devices for cutting out the resistor(s) successively.

Note 2 to entry: It applies also to starters for two directions of rotation when reversal of connections is made with the motor stopped.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-42, modified – Notes to entry have been added]

3.5.5.1**rheostatic stator starter**

rheostatic starter for a squirrel cage motor which, during the starting period, cuts out successively one or several resistors previously provided in the stator circuit

3.5.5.2**rheostatic rotor starter**

rheostatic starter for an asynchronous wound-rotor motor which, during the starting period, cuts out successively one or several resistors previously provided in the rotor circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-43]

3.5.6**protected starter**

equipment consisting of a starter, a manually-operated switching device and a short-circuit protective device, rated as a unit by the manufacturer

Note 1 to entry: The protected starter can be enclosed.

Note 2 to entry: In the context of this document, the term "manufacturer" means any person, company or organization with ultimate responsibility as follows:

- to verify compliance with the appropriate standard;
- to provide the equipment information according to Clause 6.

Note 3 to entry: A manually protected starter as one unit can be a MPSP.

3.5.7

combination starter

equipment consisting of a protected starter incorporating an isolating function

Note 1 to entry: Also called "combination motor controller".

Note 2 to entry: See Figure C.7.

3.5.8

manual starter

starter in which the force for closing the main contacts is provided exclusively by manual energy

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-39]

3.5.9

electromagnetic starter

starter in which the force for closing the main contacts is provided by an electromagnet

3.5.10

motor-operated starter

starter in which the force for closing the main contacts is provided by an electric motor

3.5.11

pneumatic starter

starter in which the force for closing the main contacts is provided by using compressed air, without the use of electrical means

3.5.12

electro-pneumatic starter

starter in which the force for closing the main contacts is provided by using compressed air under the control of electrically operated valves

3.5.13

single-step starter

starter in which there is no intermediate accelerating position between the OFF and ON positions

Note 1 to entry: This starter is a direct-on-line starter.

3.5.14

two-step starter

starter in which there is only one intermediate accelerating position between the OFF and ON positions

EXAMPLE A star-delta starter is a two-step starter.

3.5.15

n -step starter

starter in which there are $(n-1)$ intermediate accelerating positions between the OFF and full ON positions

EXAMPLE A three-step rheostatic starter has two sections of resistors used for starting.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-41, modified – "OFF" and "ON" in capital; Example added]

3.5.16

vacuum starter

starter in which the main contacts open and close within a highly evacuated envelope

3.5.17**separately mounted overload relay**

overload relays not exclusively dedicated to a switching device

3.5.18**phase loss sensitive overload relay****phase loss sensitive overload release**

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

3.5.19**under-current relay****under-current relay release**

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

3.5.20**starting time**

<rheostatic starter> period of time during which the starting resistors or parts of them carry current

Note 1 to entry: The starting time of a starter is shorter than the total starting time of the motor which also takes into account the last period of acceleration following the switching operation to the ON position.

3.5.21**starting time**

<auto-transformer starter> period of time during which the auto-transformer carries current

Note 1 to entry: The starting time of a starter is shorter than the total starting time of the motor which also takes into account the last period of acceleration following the switching operation to the ON position.

3.5.22**open transition**

<with an auto-transformer starter or star-delta starter> circuit arrangement such that the supply to the motor is interrupted and reconnected when changing over from one step to another

Note 1 to entry: The transition stage is not considered as an additional step.

3.5.23**closed transition**

<with an auto-transformer starter or star-delta starter> circuit arrangement such that the supply to the motor is not interrupted (even momentarily) when changing over from one step to another

Note 1 to entry: The transition stage is not considered as an additional step.

3.5.24**inching****jogging**

energizing a motor or solenoid repeatedly for short periods to obtain small movements of the driven mechanism

3.5.25**plugging**

stopping or reversing a motor rapidly by reversing the motor primary connections while the motor is running

3.5.26

protected switching device

equipment (for non-motor loads) consisting of a contactor or a semiconductor controller, overload protection, a manually operated switching device and a short-circuit protective device, rated as a unit by the manufacturer

Note 1 to entry: The protected switching device can be enclosed.

Note 2 to entry: In the context of this document, the term "manufacturer" means any person, company or organization with ultimate responsibility as follows:

- to verify compliance with the appropriate standard;
- to provide the equipment information according to Clause 6.

Note 3 to entry: The manually operated switching device and the short-circuit protective device can be just one device and can incorporate the overload protection as well.

3.5.27

combination switching device

equipment consisting of a protected switching device incorporating an isolating function

3.5.28

stall relay

stall release

electronic overload relay or release 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 or the release receives the input indicating there is no rotation of the motor after a predetermined time in accordance with specified requirements

Note 1 to entry: Explanation of stall: rotor locked during start.

Note 2 to entry: With appropriate adjustment of the current and starting time settings, such relay or release can be used to detect starts requiring longer than specified times.

3.5.29

jam relay

jam release

electronic overload relay or release 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 operation, in accordance with specified requirements

Note 1 to entry: A jam is a high overload occurring after the completion of starting which causes the current to reach the locked rotor current value of the motor being controlled.

3.5.30

inhibit time

time-delay period during which the tripping function of the relay is inhibited

3.5.31

motor management starter

starter including extended functions with communication ability

Note 1 to entry: Interoperable device profiles for motor management starter are defined by IEC 61915-2:2011.

3.5.32**motor protective switching device****MPSD**

manually operated motor starter additionally providing resettable short-circuit protection to the motor and the circuit

Note 1 to entry: A MPSD can also be used as a manual starter, a protected starter or a combination starter.

Note 2 to entry: A MPSD can be used as a SCPD within the motor branch.

Note 3 to entry: In North America, this device can be qualified as a manual motor controller suitable for tap conductor protection.

3.5.33**instantaneous only motor protective switching device****IMPSD**

motor protective switching device (MPSD) without overload protection function

Note 1 to entry: This type of device is typically used in a 3 components starter where the overload protection function is within a separately mounted overload relay.

3.5.34**dedicated wiring accessory**

prefabricated connection wiring system specifically intended for identified switchgear or controlgear

Note 1 to entry: A dedicated wiring accessory can be integrated in the switchgear or controlgear or delivered separately.

Note 2 to entry: A typical dedicated wiring accessory is for example a connection link.

3.5.35**latch accessory**

mechanical device attached to a contactor, the moving elements of which are prevented from returning to the position of rest when the operating means are de-energized

Note 1 to entry: The latching, and the release of the latching, can be mechanical, electromagnetic, pneumatic, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-34, modified – Adapted to accessories, and Note 2 to entry deleted]

3.5.36**basic drive module****BDM**

electronic power converter and related control, connected between an electric supply and a motor

Note 1 to entry: The BDM is capable of transmitting power from the electric supply to the motor and may be capable of transmitting power from the motor to the electric supply.

Note 2 to entry: The BDM controls some or all of the following aspects of power transmitted to the motor and motor output: current, frequency, voltage, speed, torque, force.

[SOURCE: IEC 61800-5-1:2022, 3.6]

3.6 Terms and definitions concerning characteristic quantities

3.6.1

product documentation

manufacturer's installation and operations' literature which accompanies the product, the product information contained in the manufacturer's catalogue and other product marketing material-information and, the description, definitions, product literature and usage as presented in electronic format on the manufacturer's (or supplier's) website on the World Wide Web/Internet

[SOURCE: ISO/IEC 14762:2009, 3.1.13, modified — Replacement of two ";" by "," and "and,".]

3.6.2

transient recovery voltage

TRV

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

Note 1 to entry: In a vacuum contactor or vacuum starter, the highest transient recovery voltage can occur on another pole than the first pole to clear.

[SOURCE: IEC 60947-1:2020, 3.7.34, modified — Note 1 to entry has been modified and Note 2 to entry was deleted.]

3.6.3

CO operation

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

3.6.4

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

Note 1 to entry: The SCPD is normally in the closed position prior closing the circuit; in some cases, the SCPD closes the circuit (see 9.3.4.2.2, item b)).

3.6.5

I_{cd} current

current representing a fault current equal to or higher than the current corresponding to the crossover point of the mean value of the published curves representing the time-current characteristics of the overload relay and the SCPD respectively

3.6.6

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 1 to entry: The mean curves are the curves corresponding to the average values calculated from the tolerances on the time-current characteristics of the overload relay.

3.6.7

time-current withstand characteristic capability of contactors or starters

locus of the currents a contactor or starter can withstand as a function of time

3.6.8**resetting time**

time elapsed between a circuit-breaker tripping due to an overcurrent and subsequently reaching a condition where it can be reclosed

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.19, modified – Insertion of "or a starter" in definition.]

3.6.9**conventional prospective current " I_r "**

specified value of prospective short-circuit current for which the switching device is tested under specified conditions

3.6.10 **I^2t characteristic**

<circuit-breaker or MPSPD> information (usually a curve) giving the maximum values of I^2t related to break time as a function of prospective current (RMS symmetrical for AC) up to the maximum prospective current corresponding to the rated service short-circuit breaking capacity and associated voltage

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.18, modified – "or MPSPD" inserted in context, "service" inserted in definition.]

3.6.11**rated instantaneous short-circuit current setting**

I_i

rated value of the current causing the operation of a release without any intentional time-delay

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.20]

3.6.12**overload current setting**

I_r

current setting of an adjustable overload release

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.21, modified – Note 1 to entry has been deleted]

3.6.13**galvanic opening**

<circuit> prevention of electric conduction within an electric circuit intended to provide power and/or signals

Note 1 to entry: Galvanic opening can be provided e.g. by a switch or a contactor.

3.6.14**galvanic separation**

prevention of electric conduction between two electric circuits intended to exchange power and/or signals

Note 1 to entry: Galvanic separation can be provided e.g. by an isolating transformer or an opto-coupler.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-26]

3.6.15**recurring peak voltage**

maximum peak value of periodic excursions of the voltage waveform resulting from distortions of an AC voltage or from AC components superimposed on a DC voltage

Note 1 to entry: Random overvoltages, for example due to occasional switching, are not considered to be recurring peak voltages.

[SOURCE: IEC 60050-442:2014, 442-09-15]

3.6.16**rated voltage pulse slope**

dV/dt

maximum admissible value of the voltage slope dV/dt of a pulse, at the ambient air temperature at such a repetition frequency that no significant increase of temperature occurs

[SOURCE: IEC 60384-17:2019, 1.5.3.5, modified — Replacement of dU/dt with dV/dt , and replacement of “rated” with “ambient air”.]

3.6.17**critical load current**

I_{crit}

value of breaking current, within the range of service conditions, at which the arcing time is significantly extended

Note 1 to entry: This phenomenon, crucial for PV applications, is due to the low magnetic field coming from the arc current, creating a slow moving arc.

[SOURCE: IEC 60947-1:2020, 3.7.16, modified. In Note 1 to entry, replacement of “crucial for direct currents (e.g. photovoltaic (PV) applications)” with “crucial for PV applications”.]

3.6.18**rated conventional switching current**

I_{scI}

rated current assigned to a contactor for switching the current controlled to a low level by a semiconductor, taking into the account the rated operational voltage, the rated frequency and the rated duty

Note 1 to entry: This current is typically lower than I_e .

3.7 Terms and definitions concerning safety aspects**3.7.1****abnormal operating condition**

temporary operating condition that is not a normal operating condition and is not a single fault condition of the equipment itself

Note 1 to entry: An abnormal operating condition is a temporary condition which can be introduced by the equipment or by a person and can result in a failure of a component, a device or a safeguard.

Note 2 to entry: This definition is used in the context of component failure risk analysis.

3.7.2**accessible part**

part which can be touched by means of the standard test finger

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

3.7.3**live-part**

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

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

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-19, modified – Addition of a Note 1 to entry.]

3.7.4**hazardous-live-part**

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

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05 modified – Note 1 to entry deleted.]

3.7.5**limited energy source**

source that is designed and protected that, under both normal operating conditions and single fault conditions, the current that can be delivered is not hazardous with respect to fire hazard

3.7.6**protective impedance**

impedance connected between hazardous-live-parts and accessible conductive parts, of such value that the current, in normal use and under likely fault conditions, is limited to a safe value, and which is so constructed that its ability is maintained throughout the life of the equipment

[SOURCE: IEC 62477-1:2022, 3.60, modified – Replacement of “the PECS” with “the equipment”.]

3.7.7**reasonably foreseeable misuse**

use of a product or system in a way not intended by the supplier, but which can result from readily predictable human behaviour

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014, 3.7, modified – Notes to entry have been removed.]

3.7.8**single fault condition**

condition in which there is a fault of a single protection (but not a reinforced protection) or of a single component or a device

Note 1 to entry: If a single fault condition results in one or more other fault conditions, all are considered as one single fault condition.

[SOURCE: IEC Guide 104:2019, 3.8, modified – Deletion of Note 2 to entry.]

3.7.9**touch current**

electric current passing through a human body or through an animal body when it touches one or more accessible parts of an electrical installation or electrical equipment

[SOURCE: IEC 60050-826:2022, 826-11-12, modified – Replacement of “livestock” with “animal body”, and addition of “electrical” (2 occurrences)]

3.7.10

hot functional surface

surface that is intentionally heated by an internal heat source and that has to be hot to carry out the function for which the equipment is intended to be used

[SOURCE: IEC Guide 117:2010, 3.5, modified – NOTE 1 and NOTE 2 have been deleted.]

3.7.11

mirror contact

normally closed auxiliary contact which cannot be in closed position simultaneously with the normally open main contact under conditions defined in Clause F.7

Note 1 to entry: One contactor can have more than one mirror contact.

3.7.12

safe state

state of the safety device which leads to a safe condition of the EUC

Note 1 to entry: In this annex, the safe state is the condition of the interruption of the motor load circuit.

3.7.13

hardware fault tolerance

HFT

ability of a safety device to continue to perform a required function in the presence of faults

3.7.14

SIL-capability

characteristic of functional units that comply with the requirements of IEC 61508-2 and IEC 61508-3 suitable for use in functions which are allocated a SIL 1, 2 or 3 respectively

[SOURCE: IEC 60079-29-3:2014, 3.15]

3.7.15

systematic failure

failure, related in a deterministic way to a certain cause, which can only be eliminated by a modification of the design or of the manufacturing process, operational procedures, documentation or other relevant factors

Note 1 to entry: Corrective maintenance without modification will usually not eliminate the failure cause.

Note 2 to entry: A systematic failure can be induced by simulating the failure cause.

Note 3 to entry: Examples of causes of systematic failures include human error in:

- the safety requirements specification;
- the design, manufacture, installation, operation of the hardware.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.6.6, modified – Third example of Note 3 and Note 4 deleted]

3.7.16

safety integrity level

SIL

discrete level (one out of a possible four), corresponding to a range of safety integrity values, where safety integrity level 4 has the highest level of safety integrity and safety integrity level 1 has the lowest

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.8, modified – Notes to entry deleted]

3.7.17**risk priority number****RPN**

one of the methods of quantitative determination of criticality

[SOURCE: derived from IEC 60812:2018, Annex B]

3.8 Terms and definitions concerning electric motor characteristics**3.8.1****inrush current**

first maximum value of current peak during motor start (positive or negative)

3.8.2**locked-rotor current**

I_{LRC}

greatest steady state rms current taken from the line with the motor held at rest, over all angular positions of its rotor, at rated voltage and frequency

Note 1 to entry: In the USA, ILRC DOL current is called LRA (Locked Rotor Amps).

Note 2 to entry: IEC 60034-1 provides a tolerance of 20 % of locked rotor direct-on-line current.

3.8.3**kappa factor**

K

ratio of the root-mean-square value of the inrush current to the direct on-line current

Note 1 to entry: A typical value for high efficiency motors is 1,8.

3.8.4**motor rated current**

rated current from the motor name plate

Note 1 to entry: In the USA, motor rated current is called FLA (Full Load Amps).

3.9 Symbols and abbreviated terms

AQL Acceptable quality level

EMC Electromagnetic compatibility

EUC Equipment under control

FMEA Failure mode effect analysis

FRU Field replaceable unit

FTA Fault tree analysis

HFT Hardware Fault Tolerance

MPSD Motor protective switching device

RPN Risk priority number

SCPD Short-circuit protective device

SIL Safety integrity level

$\hat{I}$ Maximum peak value of the pick-up current of an electronically controlled electromagnet

I_c Current made and broken (Table 7)

I_{cd} Maximum crossover breaking current (B.4.5)

I_{cs} Rated service short-circuit breaking capacity (5.3.6.2)

I_{cu}	Rated ultimate short-circuit breaking capacity (5.3.6.1)
I_e	Rated operational current (5.3.2.5)
I_{er}	Rated rotor operational current (5.3.2.7)
I_{es}	Rated stator operational current (5.3.2.6)
I_i	Instantaneous short-circuit current setting
I_{IT}	Short-circuit test current for IT system
I_q	Maximum conditional short-circuit test current
I_r	Overload current setting
I_{th}	Conventional free air thermal current (5.3.2.1)
I_{the}	Conventional enclosed thermal current (5.3.2.2)
I_{thr}	Conventional rotor thermal current (5.3.2.4)
I_{ths}	Conventional stator thermal current (5.3.2.3)
I_u	Rated uninterrupted current (5.3.2.8)
P_c	Nominal holding or pickup power of a conventional direct current controlled electromagnet, or the holding power for an electronically direct current controlled electromagnet
P_p	Pick-up power of a direct current controlled contactor with separate pick-up and hold-on windings
" r "	conventional prospective current
S_h	Holding power of an alternating current controlled electromagnet
S_p	Pick-up power of an alternating current controlled electromagnet
T_p	Tripping time (Table 2)
U_c	Rated control circuit voltage (5.5)
U_d	Voltage drop of a contactor pole
U_e	Rated operational voltage (5.3.1.1)
U_{er}	Rated rotor operational voltage (5.3.1.1.3)
U_{es}	Rated stator operational voltage (5.3.1.1.2)
U_i	Rated insulation voltage (5.3.1.2)
U_{imp}	Rated impulse (withstand) voltage (5.3.1.3)
U_{ir}	Rated rotor insulation voltage (5.3.1.2.3)
U_{is}	Rated stator insulation voltage (5.3.1.2.2)
U_r	Power frequency or DC recovery voltage (Table 7)
U_s	Rated control circuit supply voltage (5.5)
U_v	Maximum continuous operating voltage of the varistor
U_0	Rated supply voltage
Z	Pole impedance of a contactor (5.3.7)

4 Classification

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

5 Characteristics of contactors and starters

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of a contactor or starter 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);

NOTE 1 The rated values established for a rheostatic rotor starter are stated in accordance with 5.3.1.1.2, 5.3.1.1.3, 5.3.1.2.2, 5.3.1.2.3, 5.3.2.3, 5.3.2.4, 5.3.2.6, 5.3.2.7 and 5.3.5.5 but specifying all the values listed is optional.

- 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);
- types and characteristics of automatic change-over devices and automatic acceleration control devices (5.10);
- types and characteristics of auto-transformers for two-step auto-transformer starters (5.11);
- types and characteristics of starting resistors for rheostatic rotor starters (5.12);
- items subject to agreement between manufacturer and user; see Annex D.

For information exchange in electronic format, e.g. electronic catalogue, IEC 62683-1 gives the data format of the essential characteristics of motor starters, contactors and their accessories.

NOTE 2 In the case of a star-delta starter, the currents relate to the delta connection and, in the case of a two-step auto-transformer or rheostatic rotor starter, to the ON position.

5.2 Type of equipment

5.2.1 Kind of equipment

This document covers two types of equipment:

- contactor (3.3.1);
- starter (3.5.1).

The following starting methods are described:

- direct-on-line starter (3.5.2);
- star-delta starter (3.5.4.1);
- two-step auto-transformer starter (3.5.4.2);
- rheostatic rotor starter (3.5.5.2).

The following types of starter are specifically specified

- combination starter (3.5.7);
- protected starter (3.5.6);
- reversing starter (3.5.3).
- motor management starter (3.5.31);
- motor protective switching device (MPSD) (3.5.32);
- instantaneous only motor protective switching device (IMPSD) (3.5.33).

NOTE 1 Instantaneous only motor protective switching device (IMPSD) are related to motor protective switching device (MPSD) and usually share the same platform.

In this document, requirements for MPSD are also covering IMPSD where applicable.

5.2.2 Number of poles

5.2.3 Kind of current (AC or DC)

5.2.4 Interrupting medium (air, oil, gas, vacuum, etc.)

5.2.5 Operating conditions of the equipment

5.2.5.1 Method of operation

The methods of operation described in this document are:

- manually operated,
- powered-operated: electromagnetically operated, pneumatically operated, electro-pneumatic operated.

5.2.5.2 Method of control

The method of control of a starter can be classified as:

- automatic (by pilot switch or sequence control);
- non-automatic (such as by hand operation or by push-buttons);
- semi-automatic (i.e. partly automatic, partly non-automatic).

5.2.5.3 Method of change-over for particular types of starters

The change-over for star-delta starters, rheostatic rotor starters or auto-transformer starters can be automatic, non-automatic or semi-automatic (see Figure C.12 and Figure C.14).

5.2.5.4 Method of connection of a starter

The typical method of connection of a starter covered by this document is the open transition starter defined in 3.5.22 and illustrated in C.4. The closed transition starter defined in 3.5.23 requires particular adaptations of the starting method for avoiding the transients associated with the open transition.

5.2.6 Methods of overload protection of motors

5.2.6.1 Motor overload detection

The detection of the overload condition of the motor is performed by the motor overload relay or release of the starter according to its current setting (5.7.4) and its time-current characteristic (5.7.5).

5.2.6.2 Motor switching

The switching element shall be suitable for breaking the motor overload current detected by the overload relay or release of the starter. In case of an associated switching device, it shall be declared with an appropriate motor utilization category according to 5.4.

The relationship between the overload protection function and the switching function of starter is detailed in C.3.

Typical associations of components and motor starting waveforms of direct-on-line starters are given in C.2 and C.6.

After manual or automatic reset, the switching element shall be capable of making the starting current of the motor as covered by the making conditions of Table 7.

5.3 Rated and limiting values for main circuits

5.3.1 Rated voltages

5.3.1.1 Rated operational voltage (U_e)

5.3.1.1.1 General

Subclause 5.3.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

When the contactor or starter is declared as suitable for use downstream to a basic drive module, the working voltage value includes recurring peaks.

5.3.1.1.2 Rated stator operational voltage (U_{es})

For rheostatic rotor starters, a rated stator operational voltage is a value of voltage which, when combined with a rated stator operational current, determines the application of the stator circuit including its mechanical switching devices and to which are referred the making and breaking capacities, the type of duty and the starting characteristics. In no case shall the maximum rated operational voltage exceed the corresponding rated insulation voltage.

NOTE The rated stator operational voltage is expressed as the voltage between phases.

5.3.1.1.3 Rated rotor operational voltage (U_{er})

For rheostatic rotor starters, the value of rated rotor operational voltage is that of the voltage which, when combined with a rated rotor operational current, determines the application of the rotor circuit including its mechanical switching devices and to which are referred the making and breaking capacities, the type of duty and the starting characteristics.

This voltage is taken as equal to the voltage measured between slip-rings, with the motor stopped and the rotor open-circuited, when the stator is supplied at its rated voltage.

The rated insulation voltage of the switching devices inserted in the rotor circuit shall be at least 50 % of the highest voltage between open slip-rings.

NOTE Electrical stresses are lower and shorter in the rotor than in the stator.

The rated rotor operational voltage is only applied for a short duration during the starting period. For this reason, it is permissible that the rated rotor operational voltage exceeds the rated rotor insulation voltage by 100 %.

The maximum voltage between the different live parts (e.g. switching devices, resistors, connecting parts, etc.) of the rotor circuit of the starter will vary and account can be taken of this fact in choosing the equipment and its disposition.

5.3.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

5.3.1.2.1 General

Subclause 5.3.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.1.2.2 Rated stator insulation voltage (U_{is})

For rheostatic rotor starters, the rated stator insulation voltage is the value of voltage which is designated for the devices inserted in the stator supply, as well as the unit they are part of, and to which dielectric tests and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated stator insulation voltage is the value of the maximum rated stator operational voltage of the starter.

5.3.1.2.3 Rated rotor insulation voltage (U_{ir})

For rheostatic rotor starters, the rated rotor insulation voltage is the value of voltage which is designated to the devices inserted in the rotor circuit, as well as the unit they are part of (connecting links, resistors, enclosure), and to which dielectric tests and creepage distances are referred.

5.3.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Subclause 5.3.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.1.4 Rated starting voltage of an auto-transformer starter

The rated starting voltage of an auto-transformer starter is the reduced voltage derived from the transformer.

Preferred values of rated starting voltage are 50 %, 65 % or 80 % of the rated operational voltage.

5.3.2 Currents or powers

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

Subclause 5.3.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.2.2 Conventional enclosed thermal current (I_{the})

Subclause 5.3.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.2.3 Conventional stator thermal current (I_{ths})

The conventional stator thermal current of a starter may be either free air current I_{ths} or enclosed current I_{thes} , in line with 5.3.2.1 and 5.3.2.2.

For a rheostatic rotor starter, the stator thermal current is the maximum current it can carry on eight-hour duty (see 5.3.4.1) without the temperature-rise of its several parts exceeding the limits specified in 8.2.2 when tested in accordance with 9.3.3.3.

5.3.2.4 Conventional rotor thermal current (I_{thr})

The conventional rotor thermal current of a starter may be either free air current I_{thr} or enclosed current I_{ther} , in line with 5.3.2.1 and 5.3.2.2.

For rheostatic rotor starters, the rotor thermal current is the maximum current that those parts of the starter through which the rotor current flows in the ON position, precisely after cutting out resistors, can carry on eight-hour duty (see 5.3.4.1) without their temperature-rise exceeding the limits specified in 8.2.2 when tested in accordance with 9.3.3.3.

NOTE 1 For those elements (switching devices, connecting links, resistors) through which a current of practically no value flows in the ON position, it can be verified that, for the rated duties (see 5.3.4) stated in 6.1.2 f), the value of integral

$$\int_0^t i^2 dt$$

does not lead to temperature-rises higher than those appearing in 8.2.2.

NOTE 2 When resistors are built-in into the starter, the temperature-rise can be taken into account.

5.3.2.5 Rated operational currents (I_e) or rated operational powers

A rated operational current of a contactor or a starter is stated in 6.1.2 f) and takes into account the rated operational voltage (see 5.3.1.1), the conventional free air or enclosed thermal current, the rated current of the overload relay, the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the utilization category (see 5.4) and the type of protective enclosure, if any.

In the case of equipment for direct switching of individual motors, the indication of a rated operational current may be replaced or supplemented by an indication of the maximum rated power output, at the rated operational voltage considered, of the motor for which the equipment is intended. The product documentation shall state the relationship assumed between the current and the power.

NOTE Annex G gives values concerning the relationship between rated operational currents and rated operational powers.

For starters, the rated operational current (I_e) is the current in the ON position of the starter.

5.3.2.6 Rated stator operational current (I_{es}) or rated stator operational power

For rheostatic rotor starters, a rated stator operational current can be stated in the product documentation and takes into account the rated current of the overload relay installed in this starter, the rated stator operational voltage (see 5.3.1.1.1), the conventional free air or enclosed thermal current, the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the starting characteristics (see 5.3.5.5) and the type of protective enclosure.

The indication of a rated stator operational current may be replaced by the indication of the maximum rated power output, at the rated stator operational voltage considered, of the motor for which the stator elements of the starter are intended. The product documentation shall be prepared to state the relationship assumed between the motor power and the stator current.

5.3.2.7 Rated rotor operational current (I_{er})

For rheostatic rotor starters, a rated rotor operational current can be stated in the product documentation and takes into account the rated rotor operational voltage (see 5.3.1.1.2), the conventional free air or enclosed rotor thermal current, the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the starting characteristics (see 5.3.5.5) and the type of protective enclosure.

It is taken as equal to the current flowing in the connections to the rotor when the latter is short-circuited and the motor is running at full load and the stator is supplied at its rated voltage and rated frequency.

When the rotor part of a rheostatic rotor starter is rated separately, the indication of a rated rotor operational current can be supplemented by the maximum rated power output, for motors having the rated rotor operational voltage considered, of the motor for which that part of the starter (switching devices, connecting links, relays, resistors) is intended. This power varies in particular with the breakaway torque foreseen and consequently takes into account the starting characteristics (see 5.3.5.5).

5.3.2.8 Rated uninterrupted current (I_U)

Subclause 5.3.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.3 Rated frequency

Subclause 5.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.4 Rated duties

5.3.4.1 Eight-hour duty (continuous duty)

Subclause 5.3.4.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

For a star-delta starter, a two-step auto-transformer starter or a rheostatic rotor starter, the continuous duty is the duty in which the starter is in the ON position and the main contacts of the switching devices which constitute it, which are closed in this position, remain closed while each of them carries a steady current long enough for the starter to reach thermal equilibrium, but not for more than 8 h without interruption.

5.3.4.2 Uninterrupted duty

Subclause 5.3.4.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

For a star-delta starter, a two-step auto-transformer starter or a rheostatic rotor starter, the uninterrupted duty is the duty in which the starter is in the ON position and the main contacts of the switching devices which constitute it, which are closed in this position, remain closed without interruption while each of them carries a steady current for periods of more than 8 h (weeks, months or even years).

5.3.4.3 Intermittent periodic duty or intermittent duty

Subclause 5.3.4.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

For a reduced voltage starter, the intermittent duty is the duty in which the starter is in the ON position and the main contacts of the switching devices which constitute it remain closed for periods bearing a definite relation to the no-load periods, both periods being too short to allow the starter to reach thermal equilibrium.

Preferred classes of intermittent duty are:

- for contactors: 1, 3, 12, 30, 120, 300 and 1 200 (operating cycles per hour);
- for starters: 1, 3, 12 and 30 (operating cycles per hour).

It is recalled that an operating cycle is a complete working cycle comprising one closing operation and one opening operation.

For starters, an operating cycle comprises starting, running to full speed and switching off the supply from the motor.

NOTE In the case of starters for intermittent duty, the difference between the thermal time-constant of the overload relay and that of the motor can render a thermal relay unsuited for overload protection. For installations intended for intermittent duty, the question of overload protection is subject to agreement between manufacturer and user.

5.3.4.4 Temporary duty

Subclause 5.3.4.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.4.5 Periodic duty

Subclause 5.3.4.5 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.5 Normal load and overload characteristics

5.3.5.1 General

Subclause 5.3.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

5.3.5.2 Ability to withstand motor overload currents

Requirements to meet these conditions are given for contactors or Instantaneous only motor protective switching device (IMPSD) in 8.2.4.4.

5.3.5.3 Ability to make and break load currents

Requirements for the various utilization categories (see 5.4) are given in 8.2.4.1. The rated making and breaking capacities are only valid when the contactor or the starter is operated in accordance with the requirements of 8.2.1.1 and 8.2.1.2.

5.3.5.4 Conventional operational performance

This performance is specified as a series of making and breaking operations in 8.2.4.2.

5.3.5.5 Starting and stopping characteristics of starters

5.3.5.5.1 General

Typical service conditions for starters as shown in C.6 are:

- a) one direction of rotation with the motor being switched off during running in normal service conditions (utilization categories AC-2, AC-3 and AC-3e);
- b) two directions of rotation, but the running in the second direction is realized after the starter has been switched off and the motor has completely stopped (utilization categories AC-2, AC-3 and AC-3e);
- c) one direction of rotation, or two directions of rotation as in item b), but with the possibility of infrequent inching (jogging). For this service condition, direct-on-line starters are usually employed (utilization category AC-3 and AC-3e);
- d) one direction of rotation with frequent inching (jogging). Usually direct-on-line starters (utilization category AC-4) are used for this duty;
- e) one or two directions of rotation, but with the possibility of infrequent plugging for stopping the motor, plugging being associated, if so provided, with rotor resistor braking (reversing starter with braking). Usually a rheostatic rotor starter is used for this duty condition (utilization category AC-2);
- f) two directions of rotation, but with the possibility of reversing the supply connections to the motor while it is running in the first direction (plugging), in order to obtain its rotation in the other direction, with switching off the motor running in normal service conditions. Usually a direct-on-line reversing starter while running is used for this duty condition (utilization category AC-4).

Unless otherwise stated, starters are designed on the basis of the starting characteristics of the motors compatible with the making capacities of Table 7. These making capacities cover both the transient and steady-state starting currents of the great majority of standard motors. However, the starting currents for some large motors can attain peak values corresponding to power factors considerably lower than those specified for the test circuit in Table 7. In these cases, the operational current of the contactor or starter should be decreased to a value lower than its rated value such that the making capacity of the contactor or starter is not exceeded.

5.3.5.5.2 Starting characteristics of rheostatic rotor starters

A distinction shall be drawn between the currents and voltages in the stator and rotor circuits of slip-ring motors. However, the changes of the current values in stator and rotor circuits, caused by the various steps of the starting process, are nearly proportional under normal operating conditions.

The following definitions deal mainly with the characteristics of the rotor circuit:

U_{er} is the rated rotor operational voltage;

I_{er} is the rated rotor operational current;

Z_r is the characteristic impedance of the rotor of an AC slip-ring induction motor;

where

$$Z_r = \frac{U_{er}}{\sqrt{3} \times I_{er}};$$

I_1 is the current in the rotor circuit immediately before shorting out a resistor section;

I_2 is the current in the rotor circuit immediately after shorting out a resistor section;

$I_m = 1/2 (I_1 + I_2)$;

T_e is the rated motor operational torque;

t_s is the starting time;

k is the severity of start = $\frac{I_m}{I_{er}}$.

It is recognized that many rheostatic rotor starter applications have very specific starting requirements which can result not only in a different number of starting steps and different values of I_1 and I_2 , but also in the values of I_1 and I_2 being different for individual resistor sections. Therefore, no attempt has been made to lay down standard parameters, but the following factors should be taken into consideration:

- for most applications, between two and six starting steps are adequate depending upon load torque, inertia and the severity of start required;
- the resistor sections should be designed to have adequate thermal ratings bearing in mind the starting time of the drive, which will be dependent upon load torque and load inertia.

5.3.5.5.3 Standard conditions for making and breaking corresponding to the starting characteristics for rheostatic rotor starters

These conditions are given in Table 7 and apply to starting with high torque.

The conditions for making and breaking as given in Table 7 for AC-2 utilization category are considered as standard.

The starter circuit shall be designed to open all rotor resistor switching devices before or approximately simultaneously with the opening of the stator switching device. Otherwise, the stator switching device shall comply with AC-3 requirements.

5.3.5.5.4 Starting characteristics for two-step auto-transformer starters

Unless otherwise stated, the auto-transformer starters and specifically the auto-transformers are designed on the condition that the starting time for all classes of duty (see 5.3.4) shall not exceed 15 s. The number of starting cycles per hour assumes equal periods between starts except that, in the event of two operating cycles being made in rapid succession, the starter and the auto-transformer shall be allowed to cool to ambient air temperature before a further start is made.

When a starting time in excess of 15 s is required, this shall be the subject of agreement between manufacturer and user.

5.3.6 Short-circuit characteristics

5.3.6.1 Rated ultimate short-circuit breaking capacity of a MPSD (I_{cu})

The rated ultimate short-circuit breaking capacity of a MPSD is the value of ultimate short-circuit breaking capacity assigned to that MPSD in 6.1.2 m) for the corresponding rated operational voltage, under the conditions specified in P.3. It is expressed as the value of the prospective breaking current, in kA (RMS value of the AC component in the case of alternating current).

5.3.6.2 Rated service short-circuit breaking capacity of a MPSD (I_{cs})

The rated service short-circuit breaking capacity of a MPSD is the value of service short-circuit breaking capacity assigned to that MPSD in 6.1.2 m) for the corresponding rated operational voltage U_e , under the conditions specified in P.2. It is expressed as a value of prospective breaking current, in kA, or as a % of I_{cu} (for example $I_{cs} = 25 \% I_{cu}$).

I_{cs} shall be at least equal to 25 % of I_{cu} .

5.3.6.3 Rated conditional short-circuit current

Subclause 5.3.6.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.7 Pole impedance of a contactor (Z) or starter

The pole impedance can be stated in 6.1.2 h) and is determined by measuring the voltage drop resulting of the current flowing through the pole.

5.4 Utilization category

5.4.1 General

Subclause 5.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

For contactors and starters, the utilization categories as given in Table 1 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 constitutes such an agreement.

Each utilization category is characterized by the values of the currents, voltages, power-factors or time-constants and other data of Table 7 and Table 10, and by the test conditions specified in this document.

For contactors or starters defined by their utilization category, it is therefore unnecessary to specify separately the rated making and breaking capacities as these values depend directly on the utilization category as shown in Table 7.

The voltage for all utilization categories is the rated operational voltage of a contactor or a starter other than a rheostatic rotor starter, and the rated stator operational voltage for a rheostatic rotor starter.

All direct-on-line starters belong to one or more of the following utilization categories: AC-3, AC-3e, AC-4, AC-7b, AC-8a and AC-8b.

All star-delta and two-step auto-transformer starters belong to utilization category AC-3.

Rheostatic rotor starters belong to utilization category AC-2.

5.4.2 Assignment of utilization categories based on the results of tests

- a) A contactor or starter which has been tested for one utilization category or at any combination of parameters (such as highest operational voltage and current, etc.) can be assigned to other utilization categories without testing, provided that the test currents, voltages, power-factors or time-constants, number of operating cycles, on and off times given in Table 7 and Table 10, and the test circuit for the assigned utilization categories are not more severe than those at which the contactor or starter has been tested and the temperature-rise has been verified at a current not less than the highest assigned rated operational current in continuous duty.

For example, when tested for utilization category AC-4, a contactor may be assigned utilization category AC-3 provided I_e for AC-3 is not higher than $1,2 I_e$ for AC-4 at the same rated operational voltage.

- b) DC-3 and DC-5 contactors are assumed to be capable of opening and closing loads other than those on which they have been tested provided that:
- the voltage and current do not exceed the specified values of U_e and I_e ;
 - the energy J stored in the actual load is equal to or less than the energy J_c stored in the load with which they were tested.

The values of the energy stored in the test circuit are as follows:

Utilization category	Stored energy J_c
DC-3	$0,005\ 25 \times U_e \times I_e$
DC-5	$0,031\ 5 \times U_e \times I_e$

The values of the constants 0,005 25 and 0,031 5 are derived from:

$$J_c = 1/2 L I^2$$

where the time-constant has been replaced by:

$2,5 \times 10^{-3}$ s (DC-3) and:

15×10^{-3} s (DC-5)

and where $U = 1,05 U_e$, $I = 4 I_e$ and L is the inductance of the test circuit (see Table 7).

Table 1 – Utilization categories

Kind of current	Utilization categories	Additional category designation	Typical load
AC	AC-1	General use	Non-inductive or slightly inductive loads
	AC-2		Slip-ring motors or mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
	AC-3		Squirrel-cage motors ^d : starting, switching off motors during running, reversing ^a
	AC-3e ^e		Squirrel-cage motors with higher locked rotor current ^e : starting, switching off motors during running, reversing ^a
	AC-4	Ballast Incandescent	Squirrel-cage motors ^d : starting, plugging, inching
	AC-5a		Discharge lamps
	AC-5b		AC incandescent lamps
	AC-6a		Transformers
	AC-6b or AC-7c ^c		Capacitor banks or compensated electric discharge lamp
	AC-7a ^c		Slightly inductive loads for household appliances and similar applications
	AC-7b ^c		Motor-loads for household applications
	AC-7d ^c		LED lamp
	AC-8a		Hermetic refrigerant compressor motor ^b control with manual resetting of overload releases
	AC-8b		Hermetic refrigerant compressor motor ^b control with automatic resetting of overload releases
DC	DC-1	Incandescent	Non-inductive or slightly inductive loads
	DC-3		Shunt-motors: starting, plugging, inching, dynamic breaking of DC motors
	DC-5		Series-motors: starting, plugging, inching, dynamic breaking of DC motors
	DC-6		DC incandescent lamps

^a AC-3 category may be used for occasional inching (jogging) or plugging for limited time periods such as machine set-up; during such limited time periods, the number of such operations should not exceed five per minute or more than ten in a 10-min period.

^b A hermetic refrigerant compressor motor is a combination consisting of a compressor and a motor, both of which are enclosed in the same housing, with no external shaft or shaft seals, the motor operating in the refrigerant.

^c IEC 61095 provides requirements and tests for the utilization categories.

^d Asynchronous motor of design N and H according to IEC 60034-12:2016.

^e Asynchronous motor of design NE and HE, according to IEC 60034-12:2016, having extended / higher locked rotor apparent power and current than design N and H respectively, to achieve a higher efficiency class according to IEC 60034-30-1:2014. The changes related to high efficiency motors are explained in C.1.

5.5 Control circuits

Subclause 5.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The list of characteristics given in 5.5.1 of IEC 60947-1:2020 shall be completed by:

- range of the rated control circuit supply voltage U_s when applicable, expressed in the form min – max V;
- limited energy (if the source is in accordance with 8.1.14);

- SELV (PELV) supply (in accordance with Annex N of IEC 60947-1:2020);
- the power consumption of the electromagnet of a contactor, necessary for determining the characteristics of the power supply of the control circuit, which is given by:
 - holding power,
 - pick-up power.

NOTE In the USA and Canada, control circuits are characterised as Class 2 sources as defined in NFPA 70, National Electrical Code and CSA C22.1, Canadian Electrical Code (CE Code) in lieu of or in addition to SELV (PELV) sources.

5.6 Auxiliary circuits

Subclause 5.6 of IEC 60947-1:2020 applies.

Digital inputs and/or digital outputs contained in contactors and motor-starters and intended to be compatible with PLCs shall fulfil the requirements of Annex S of IEC 60947-1:2020.

5.7 Characteristics of relay and release of overload relays and of motor protective switching device (MPSD)

NOTE 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);
- extended functions as given in Annex H;
- load monitoring indicators as given in Annex O.

5.7.2 Types of relay or release

- a) Release with shunt-coil (shunt trip);
- b) Under-voltage and under-current opening relay or release;
- c) Overload time-delay relay the time-lag of which is:
 - substantially independent of previous load;
 - dependent on previous load;
 - dependent on previous load and also phase loss sensitive overload relay or release;
- d) relay or release integral to the starter or separately mounted;
- e) Instantaneous overload relay or release;
- f) Instantaneous short-circuit relays or releases;

NOTE A MPSD has a combination of relays or releases from c) and e) above. A IMPSD does not have any overload release.

- g) Stall relay or release;
- h) Relays with extended functions (see Annex T of IEC 60947-1:2020);
- i) Other relays or releases (e.g. control relay associated with devices for the thermal protection of the motor).

5.7.3 Characteristic values

- a) Release with shunt-coil, under-voltage (under-current), over-voltage (instantaneous over current), current or voltage imbalance and phase reversal opening relay or release:
 - rated voltage (current);
 - rated frequency;
 - operating time (when applicable);
 - inhibit time (when applicable).
- b) Motor overload relay and release of a starter (including the overload protection function of a MPSD):
 - designation and current settings (see 5.7.4);
 - associated current transformers when applicable;
 - 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 2, or the value of the maximum tripping time, in seconds, under the conditions specified in 8.2.1.5.1, Table 3, column D, when this time exceeds 40 s;
 - nature of the relay: thermal, magnetic, electronic or electronic without thermal memory (electronic relay not fulfilling the thermal memory test verification according 8.2.1.5.1.2 shall be marked ~~Thm~~);
 - nature of the reset: in case of manual/automatic, the set position shall be indicated;
 - tripping time of overload relays class 10A if longer than 2 min at –5 °C or below (see 8.2.1.5.1.1, item c);
 - additional characteristics for a separately mounted overload relay
 - rated conditional short-circuit current (see 5.3.6.3);
 - type of co-ordination according to 8.2.5.1 for an electronic overload relay or co-ordination type 1 for a thermal overload relay;
 - Reference to possible associated SCPD type (e.g., IMPSD), current rating and characteristics;
 - Utilization category and rated operational currents at the rated operational voltages of the control circuit device according to IEC 60947-5-1;
 - Reference(s) to possible associated switching device(s) with suitable current rating including the rated making and breaking capacities for motor load according to Table 7.
- c) Release with residual current sensing relay:
 - rated current;
 - ground/earth fault current setting;
 - operating time or time-current characteristic according to Table T.1 of IEC 60947-1: 2020;
 - inhibit time (when applicable);
 - type designation (see T.4 of IEC 60947-1:2020).
- d) Short-circuit release of an MPSD:
 - rated operational currents (I_e) or rated operational powers;
 - rated frequency;
 - current setting (or range of settings) if applicable.

Table 2 – Trip classes of overload relays

Trip class	Tripping time T_p under the conditions specified in 8.2.1.5.1, Table 3, column D ^a	Tripping time T_p under the conditions specified in 8.2.1.5.1, Table 3, 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 In the case of a rheostatic rotor starter, the overload relay is commonly inserted in the stator circuit. As a result, it cannot efficiently protect the rotor circuit and more particularly the resistors (generally more easily damageable than the rotor itself or the switching devices in case of a faulty start); protection of the rotor circuit is the subject of a specific agreement between manufacturer and user (see, inter alia, 8.2.1.1.3). NOTE 3 In the case of a two-step auto-transformer starter, the starting auto-transformer is normally designed for use during the starting period only: as a result, it cannot be efficiently protected by the overload relay in the event of faulty starting. Protection of the auto-transformer is the subject of specific agreement between manufacturer and user (see 8.2.1.1.4). NOTE 4 The lower limiting values of T_p are selected to allow for differing heater characteristics and manufacturing tolerances.		
^a The letter E shall be added to the 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 or displayed.

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 (e.g. 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 product documentation or, preferably, from data furnished with the starter.

In the case of current transformer operated overload relays, the marking or displayed current setting shall 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 with the overload relay. 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 eight times the full-load current of the motor with which it is intended that the relay be used. The product documentation shall indicate, by suitable means, the general tolerances applicable to these curves and the conductor cross-sections used for establishing these curves (see 9.3.3.2.2, item c)).

NOTE The current is plotted as abscissa and the time as ordinates, using logarithmic scales. The current is plotted as multiples of the setting current I_r and the time in seconds on the standard graph sheet detailed in 5.6.1 and Figure 1 of IEC 60269-1:2006 and in Figure 104, Figure 503 and Figure 504 of IEC 60269-2:2013.

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 –5 °C to +40 °C, and the product documentation shall state the effect of variation in ambient air temperature on the characteristics of overload relays.

5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices

The co-ordination of contactors and starters is characterized by the type, ratings and characteristics of the short-circuit protective devices (SCPD) that provide protection of the contactor and starter against short-circuit currents. Requirements are given in 8.2.5.1 and 8.2.5.2 of this document, and in 5.8 of IEC 60947-1:2020.

Requirements for AC-3e rated starters with type 2 co-ordination are given in 8.2.5.3. When a MPSD is used as a manual starter without associated contactor, this subclause does not apply.

5.9 Void

5.10 Types and characteristics of automatic change-over devices and automatic acceleration control devices

5.10.1 Types

- a) Time-delay devices, e.g. time-delay contactor relays according to IEC 60947-5-1 applicable to control-circuit devices or specified-time all-or-nothing relays according to IEC 61810-1.
- b) Undercurrent devices (undercurrent relays).
- c) Other devices for automatic acceleration control:
 - devices dependent on voltage;
 - devices dependent on power;
 - devices dependent on speed.

5.10.2 Characteristics

- a) The characteristics of time-delay devices are:
 - the rated time-delay or its range, if adjustable;
 - for time-delay devices fitted with a coil, the rated voltage, when it differs from the starter line voltage.

- b) The characteristics of the undercurrent devices are:
- the rated current (thermal current and/or rated short-time withstand current, according to the indications given in the product documentation);
 - the current setting or its range, if adjustable.
- c) The characteristics of the other devices shall be determined by agreement between manufacturer and user.

5.11 Types and characteristics of auto-transformers for two-step auto-transformer starters

Account being taken of the starting characteristics (see 5.3.5.5.4), starting auto-transformers shall be characterized by:

- the rated voltage of the auto-transformer;
- the number of taps available for adjusting the starting torque and current;
- the starting voltage, i.e. the voltage at the tapping terminals, as a percentage of the rated voltage of the auto-transformer;
- the current they can carry for a specified duration;
- the rated duty (see 5.3.4);
- the method of cooling

{	air-cooling;
	oil-cooling.

The auto-transformer can be:

- either built-in into the starter, in which case the resulting temperature-rise shall be taken into account in determining the ratings of the starter;
- or provided separately, in which case the nature and dimensions of the connecting links shall be specified by agreement between the manufacturer of the transformer and the manufacturer of the starter.

5.12 Types and characteristics of starting resistors for rheostatic rotor starters

Account being taken of the starting characteristics (see 5.3.5.5.2), the starting resistors shall be characterized by:

- the rated rotor insulation voltage (U_{ir});
- their resistance value;
- the mean thermal current, defined by the value of steady current they can carry for a specified duration;
- the rated duty (see 5.3.4);
- the method of cooling

{	free air;
	forced air;
	oil-immersion.

They can be:

- either built-in into the starter, in which case the resulting temperature-rise shall be limited in order not to cause any damage to the other parts of the starter;
- or provided separately, in which case the nature and dimensions of the connecting links shall be specified by agreement between the manufacturer of the resistors and the manufacturer of the starter.

6 Product information

6.1 Nature of information

6.1.1 Identification

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) type designation or serial number;
- c) number of this document.

6.1.2 Characteristics, basic rated values and utilization

Characteristics:

- a) rated operational voltages (see 5.3.1.1);
- b) polarity of terminals, if applicable;
- c) utilization category and rated operational currents (or rated powers), at the rated operational voltages of the equipment (see 5.3.2.5 and 5.4); and
 - rated making and breaking capacities. These indications may be replaced, where applicable, by the indication of the utilization category in Table 7 and in Table M.2 and.
 - rated duty with the indication of the class of intermittent duty, if any (see 5.3.4), and the off time as specified in footnote d) of Table 10, if necessary;
- d) either the value of the rated frequency 50/60 Hz or the symbol $\overline{\overline{\overline{\quad}}}$ (IEC 60417-5031:2002-10) or d.c. or DC, or other rated frequencies e.g. 16 2/3 Hz, 400 Hz;
- e) pole impedance of the switching device (Z) (See 5.3.7), when declared;
- f) environmental information (see 6.4);

Safety and installation:

- g) rated insulation voltage (see 5.3.1.2) and
 - rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3);
- h) IP code according to Annex C of IEC 60947-1:2020;
- i) pollution degree (see Clause 7);
- j) short-circuit rating:
 - for contactor or starter: rated conditional short-circuit current (see 5.3.6.3) and type of co-ordination (see 8.2.5.1) and type, current rating and characteristics of the associated SCPD;
 - for combination starter, combination switching device, protected starter or protected switching device: rated conditional short-circuit current (see 5.3.6) and type of co-ordination (see 8.2.5.1);
 - for MPSD, rated ultimate short-circuit breaking capacity (I_{cu}) and rated service short-circuit breaking capacity (I_{cs}) (see 8.2.4.7), value of the instantaneous short-circuit current setting I_i for non-adjustable releases and, suitability for IT systems (see P.4.5).
- k) maximum permissible altitude of the site of installation, if greater than 2 000 m;
- l) conductor connection on terminal:
 - length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal;
 - maximum number of conductors which can be clamped.

For non-universal screwless terminals:

- "s" or "sol" for terminals declared for rigid-solid conductors;
- "r" for terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors;
- "f" for terminals declared for flexible conductors.

- m) reference of the different parts of the starter to be associated including the dedicated wiring accessories which can be used for wiring the starter or the combination of contactors;

Control circuits:

The following information concerning control circuits shall be placed either on the coil or on the equipment:

- n) rated control circuit voltage (U_c) or its range if applicable, nature of current and rated frequency.

In the case of electronically controlled electromagnets, other information can be added, for example control circuit configuration (see 5.5 of this document and Annex U of IEC 60947-1:2020).

- o) if declared, the power consumption of the control circuit such as holding power, pickup power according to 8.2.4.5.

Air supply systems for starters or contactors operated by compressed air:

- p) rated supply pressure of the compressed air and limits of variation of this pressure, if they are different from those specified in 8.2.1.2.

Auxiliary circuits:

- q) ratings of auxiliary circuits (see 5.6).

Overcurrent relays and releases:

- r) characteristics according to 5.7.2, 5.7.5 and 5.7.6;
s) characteristics according to 5.7.3 and 5.7.4.

Additional information for certain types of contactor and starter:

Rheostatic rotor starters:

- t) circuit diagram and
– severity of start (see 5.3.5.5.2) and
– starting time (see 5.3.5.5.2).

Auto-transformer starters:

- u) rated starting voltage(s), i.e. voltage(s) at the tapping terminals.

NOTE 1 This value can be expressed as a percentage of the rated operational voltage of the starter.

EMC:

- v) When different than the standard industrial environment E-III, information about the applicable electromagnetic environment E-II Light-industrial or E-IV Power distribution (see 8.3.1) and
– equipment class A or B of CISPR 11 and
– special requirements, if applicable, for example shielded or twisted conductors.

NOTE 2 Unshielded or untwisted conductors are considered as normal installation conditions.

Suitability for use downstream of a BDM:

w) Either the type and designation of the associated basic drive module (BDM), on the load side of the BDM, compliant with IEC 61800-5-1 with the appropriate setting limits and the maximum wiring length to the starter

or, alternatively:

- the maximum rated voltage,
- the maximum recurring peak voltage,
- the maximum pulse frequency, and
- the rated voltage pulse slope,

obtained in the condition of 9.3.3.3.10;

6.2 Marking

Subclause 6.2 of IEC 60947-1:2020 applies to contactors, starters and separately mounted overload relays with the following additions. This is also covering data under item a) and b) of 6.1.1.

Data under items a) to w) in 6.1.2 and the applicable items of Annex D shall be included on the equipment or in the product documentation.

Data under items c) in 6.1.1, b), h) (if the degree of protection is different than IP00) and s) in 6.1.2 shall be marked on the equipment; time-current characteristics (or range of characteristics) can be provided in the product documentation.

The product documentation may be provided digitally for example using an electronically readable identifier on the equipment or its packaging (see IEC 63365).

NOTE In the USA and Canada, on multiple equipment, the additional category designation given in Table 1 is marked on the equipment.

MPSD shall be marked in addition in a place such that they are visible and legible when the MPSD is installed, for the:

- suitability for isolation, if applicable, with the symbol  (IEC 60617-5002-07 "Circuit breaker" combined with IEC 60417-6169-1:2012-08 "Disconnecter; isolator");
- indication of the open and closed positions, with  (IEC 60417-5008:2002-10 "OFF" (power)) and  (IEC 60417-5007:2002-10 "ON" (power)) respectively, if symbols are used (see 8.1.6.1 of IEC 60947-1:2020);

The following data shall be marked externally on the MPSD in a place such they should be visible and legible when the MPSD is installed:

- range of the rated instantaneous short-circuit current setting I_i for adjustable releases.

For dedicated accessories used for wiring the starter or the combination of contactors, data under 6.1.1 c), 6.1.2 g) and the current I_{th} , if applicable, shall be provided in the product documentation.

6.3 Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling

Subclause 6.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The instructions, as part the product documentation, shall also cover the dedicated wiring accessories.

In the case of protected starters, the necessary mounting and wiring instructions shall also be provided.

A starter incorporating an automatic reset overload relay capable of being connected to enable automatic restarting, shall be provided, with the information necessary to alert the user to the possibility of automatic restarting.

In case of a separately mounted overload relay, instruction shall provide:

- The determination method of the short-circuit protection of the complete starter: Selection of the smallest SCPD according to the lowest I_q of its components. Only components with the same kind of SCPD can be co-ordinated.
- The cable cross-sections of the power circuit;
- The maximum crossover current I_{cd} according to B.4.5.
- The maximum rated values of the control circuit of the contactor to be associated according to 6.1.2 n)

When the contactor or starter is declared as suitable for use downstream to basic drive module, appropriate instruction shall be provided for assessing the use conditions according to the conditions given in 6.1.2 w) and for verifying the length of connection to the motor is below the limit given in the instruction manual of the BDM in order to limit the reflected wave phenomena.

For enclosed combination starters provided with a defeating mechanism of the door or cover interlocking as described in 8.1.11.1, the instruction shall include information about the associated defeating method.

If the construction requires energization by an external source that is not a limited energy source as defined in 8.1.14, the appropriate information for short-circuit and overcurrent protection of the ports shall be provided.

For each relevant potential hazard, safety signs, graphical symbols or safety notes of the hazard for example by using e.g. IEC 60417-5036:2002-10 shall be provided in the instructions. Signal words shall be defined according to ISO 3864-2.

Hazardous substances used intentionally in the equipment shall be declared in the equipment documentation. See also 8.1.1.

NOTE ISO/IEEE 82079-1 provides guidance for developing safety instructions.

6.4 Environmental information

When declared, the material declarations shall be provided according to IEC TS 63058.

Hazardous substances used by design in the equipment shall be declared in the product documentation. See also 8.1.1.

IEC TS 63058 replaces Annex O of IEC 60947-1:2020. It should be considered carefully especially for substitution or reduction in use of hazardous substances or if not possible for providing measures to prevent emission and contact with them.

NOTE IEC TS 63058 provides methods for assessing the environmental impact of switchgear and controlgear, guidance on environmentally conscious design and on information needed for end-of-life treatments.

6.5 Instruction for equipment capable to be reused, repaired and upgraded

Equipment declared as capable of being reused or repaired or upgraded should be provided with the appropriate instructions.

EXAMPLE A contactor reaching its maximum number of operations can be reused after changing its main contacts according to instruction of the manufacturer.

NOTE These aspects are defined by CLC/TR 45550 and detailed by EN 45556.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Unless otherwise stated in the product documentation, a contactor or a starter is for use in pollution degree 3 environmental conditions, as defined in 7.1.3.2 of IEC 60947-1:2020. However, other pollution degrees may be considered to apply, depending upon the micro-environment.

Rail mounting shall be specified according to IEC 60715:2017, when relevant.

Standard conditions of vibration are defined in footnote b of Table Q.1 of IEC 60947-1:2020.

Other environmental conditions, such as those following IEC 60721-3-3 or other biologically and chemically aggressive environments, are subject to agreement between the manufacturer and the user.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 General

Subclause 8.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Measures shall be provided to reduce the likelihood of injury and property damage, under installation, maintenance, normal operation conditions, abnormal operation conditions and reasonably foreseeable misuses. The requirements of this document are generically providing these measures.

Protection against hazards caused by the electronic circuits shall be maintained under normal and single fault conditions, as specified in this document.

The risk assessment method of electromechanical overload protection function used in safety application is given in Annex L.

Components used in the construction of the equipment, compliant with a relevant IEC product standard do not require separate evaluation if tested under conditions that fulfil the conditions of this document. Components or assemblies of components, for which no relevant product standard exists, shall be tested according to the requirements of this document.

Where relays, transformers, Y capacitors (Phase to earth), overcurrent protective devices, disconnecting means are used, they shall meet the requirements of their own IEC product standard. For transformers, where the load is part of the equipment, the transformer is not required to comply with a standard for transformer but shall comply with the requirements of this document.

NOTE Transformers where the load is part of the equipment include switched-mode power supply transformer (including those supplying communication circuits), pulse transformers and current transformers.

Where the equipment is intended to be used together with specific auxiliary equipment and dedicated wiring accessories, the safety evaluation and test shall include this auxiliary equipment and accessories unless it can be shown that it does not affect the safety of any equipment.

8.1.2 Materials

8.1.2.1 General materials requirements

Subclause 8.1.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

NOTE Fire hazard aspects are detailed in IEC TR 63054.

Parts of insulating materials located in electrical circuits sourced from limited energy sources according to 8.1.14 are not required to comply with the requirements of this subclause.

8.1.2.2 Glow wire testing

Subclause 8.1.2.2 of IEC 60947-1:2020 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 comply with the glow-wire tests of 8.1.2.2 of IEC 60947-1:2020 at a test temperature of 850 °C.

8.1.2.3 Test based on flammability category

Subclause 8.1.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.3 Current-carrying parts and their connections

Subclause 8.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Wiring that is subject to movement or flexing during its intended use, or during maintenance, such as wiring from a stationary part to a part mounted on a hinged cover or door, shall be routed and secured so that the wire is not damaged during opening and closing of the door or cover.

The insulation on all internal wires of the equipment shall be rated for the voltage and the temperature conditions of use. Internal wires used for earthing or equipotential bonding are not required to be insulated.

8.1.4 Clearances and creepage distances

Subclause 8.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Clearance and creepage distances within the circuits and for PELV circuits to the earth sourced from limited energy sources as defined in 8.1.14 are not required to comply with the requirements of this subclause.

Clearance and creepage distances on printed wiring boards (PWBs) including components mounted on PWBs, for basic, supplementary and reinforced insulation, designed according to 8.1.14, are considered to meet these requirements and do not need any further investigation.

Where SELV and PELV circuits are accessible, they shall be separated from other hazardous-live-part according to the requirements of Annex N for protective impedance in addition to Annex N of IEC 60947-1:2020.

NOTE Accessible parts can be determined using test probes according to IEC 61032.

Contactors or starters declared as suitable for use downstream to basic drive modules with Solid insulation used in double insulation or reinforced insulation (e.g for SELF/PELV circuits) shall be tested according to 9.3.3.4.5 if:

- the recurring peak working voltage across the insulation is greater than 750 V, and
- the voltage stress on the insulation is greater than 1 kV/mm.

8.1.5 Actuator

8.1.5.1 Insulation

Subclause 8.1.5.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.5.2 Direction of movement

Subclause 8.1.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.5.3 Mounting

Actuators mounted on removable panels or opening doors shall be so designed that, when the panels are replaced or the doors closed, the actuator will engage correctly with the associated mechanism.

8.1.5.4 Protection

There shall be no path or opening which allows incandescent particles to be discharged from the area of the manual operating means.

8.1.6 Indication of the contact position

8.1.6.1 Indicating means

Subclause 8.1.6.1 of IEC 60947-1:2020 applies to manually operated starters.

8.1.6.2 Indication by the actuator

Subclause 8.1.6.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.7 Additional requirements for equipment suitable for isolation

Subclause 8.1.7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

If the tripped position of the MPSD is not the indicated open position, it should be clearly visible that it is not the open position. The verification of the main contact position for a manual starter and a MPSD suitable for isolation shall be tested according to 9.3.3.2.3.

MPSDs and manual motor starters suitable for isolation shall be provided with means for locking in the open position. When the locking means is provided as an accessory, it shall be mentioned in the instruction manual of the equipment that this suitability is only achieved by using this accessory and it shall be used during the test of 9.3.3.2.3.

NOTE This requirement is in conformity with IEC 60204-1.

8.1.8 Terminals

8.1.8.1 General

Subclause 8.1.8 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

8.1.8.2 Terminal identification and marking

Subclause 8.1.8.4 of IEC 60947-1:2020 applies with additional requirements as given in Annex A.

8.1.9 Additional requirements for equipment provided with a neutral pole

Subclause 8.1.9 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.10 Provisions for protective earthing

Subclauses 8.1.10 and 9.2.9 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.11 Enclosures for equipment

8.1.11.1 Design

Subclause 8.1.11.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Starting resistors mounted within an enclosure shall be so located or guarded that issuing heat is not detrimental to other apparatus and materials within the enclosure.

For the specific case of combination starters, the cover or door shall be interlocked so that it cannot be opened without the manually operated switching device being in the open position.

However, for maintenance propose, provision may be made to open the door or cover with the manually operated switching device in the ON position by the use of an interlock defeating tool. This provision shall be self-restoring when the interlock defeat tool is removed, and door is closed.

8.1.11.2 Insulation

Subclause 8.1.11.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.12 Degrees of protection of enclosed equipment

Subclause 8.1.12 of IEC 60947-1:2020 applies.

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

Subclause 8.1.13 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.14 Limited energy source

8.1.14.1 General

A limited energy source can be implemented as a secondary circuit derived from circuits connected to the hazardous-live-part with the following separation means:

- a) galvanic separation;
- b) current limiting impedance.

NOTE Class 2 sources as defined in NFPA 70, National Electrical Code and CSA C22.1 Canadian Electrical Code (CE Code) have the same electrical output characteristics as limited energy sources with galvanic separation.

8.1.14.2 Limited energy source with galvanic separation

A limited energy source with galvanic separation incorporates an isolating component such as a transformer between the primary circuit and the limited energy output. It shall comply with one of the following requirements:

- a) the output is inherently limited in compliance with Table 19; or
- b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 19. If a positive temperature coefficient device (e.g. PTC) is used, it shall pass the applicable tests specified in IEC 60730-1; or
- c) a regulating network limits the output in compliance with Table 19, both with and without a single fault in the regulating network; or
- d) an over-current protective device is used and the output is limited in compliance with Table 20.

Where an overcurrent protective device is used, it shall be a fuse or non-adjustable electromechanical device.

Compliance to determine the maximum available power is checked by test of 9.2.4.

In case of external power supply without over-current protective devices, it shall not exceed the values given in Table 19. In case of external power supply with over-current protective devices, it shall not exceed the values given in Table 20.

Table 19¹ – Limits for limited energy sources without an overcurrent protective device

Output voltage ^a		Output current ^{b, d}	Maximum power ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
V AC	V DC	A	VA
≤ 30 RMS	≤ 30 V	≤ 8	100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$ ^e	$\leq \frac{150}{U_{oc}}$	100

^a U_{oc} : Output voltage measured in accordance with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal alternating current and ripple-free direct current. For non-sinusoidal alternating current and direct current with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

^b I_{sc} : Maximum output current with any non-capacitive load, including a short-circuit.

^c S (VA): Maximum output apparent power in VA with any non-capacitive load as determined by 9.2.4.

^d Measurement of I_{sc} is made 5 s after application of the load if protection is by an electronic circuit or a positive temperature coefficient device (e.g. PTC), and 60 s in other cases.

^e In the USA, the limit is 60 V DC continuous or direct current switching outside of 10 Hz to 200 Hz, 24,8 V DC switching at 10 Hz to 200 Hz.

Table 20 – Limits for limited energy sources with an overcurrent protective device

Output voltage ^a		Output current ^{b, d}	Maximum power ^{c, d}	Current rating of overcurrent protective device ^e
U_{oc}		I_{sc}	S	
V AC	V DC	A	VA	A
≤ 20	≤ 20	$\leq \frac{1000}{U_{oc}}$	250	$\leq 5,0$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$ ^f			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$
-	$30 < U_{oc} \leq 60$ ^f			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$

NOTE The reason for making measurements with overcurrent protective devices bypassed is to determine the amount of energy that is available to cause possible overheating during the operating time of the overcurrent protective devices.

^a U_{oc} : Output voltage measured with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal alternating current and ripple free direct current. For non-sinusoidal alternating current and for direct current with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

^b I_{sc} : Maximum output current with any non-capacitive load, including a short-circuit, measured 60 s after application of the load.

^c S (VA): Maximum output VA with any non-capacitive load measured 60 s after application of the load as determined by 9.2.4.

^d Current limiting impedances remain in the circuit during measurement, but overcurrent protective devices are bypassed.

^e The current ratings of over-current protective devices that break the circuit within 120 s with a current equal to 210 % of the current rating specified in the table.

^f In the USA, the limit is 60 V DC continuous or direct current switching outside of 10 Hz to 200 Hz, 24,8 V DC switching at 10 Hz to 200 Hz.

¹ Table 19, Table 20, Table 21 and Table 15 will be moved into the future revision of IEC 60947-1 and are therefore numbered differently to the other tables in this document.

8.1.14.3 Limited energy source with current limiting impedance

A limited energy source with current limiting impedance has the following characteristics:

- a) the output voltage is limited in compliance with Table 21 and
- b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 21 both with and without a single fault.

A limited energy source with current limiting impedance shall be derived from either mains or from a galvanically separated circuit e.g. the secondary of a transformer.

Table 21 – Limits for limited energy source with current limiting impedance

Output voltage ^a		Output current ^{b, d}	Maximum power ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
V AC	V DC	A	VA
≤ 30 V RMS	≤ 30 V	0,5	15
^a U_{oc} : Output voltage measured in accordance with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal alternating current and ripple-free direct current. For non-sinusoidal alternating current and direct current with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V. ^b I_{sc} : Maximum output current measured across the output of the limited energy source. ^c S (VA): Maximum output apparent power in VA as determined by 9.2.4. ^d Measurement of I_{sc} is made 5 s after application of the short-circuit.			

8.1.15 Stored charge energy circuit

Parts including stored charge (capacitors) that are removable for servicing (such as coil replacement), installation, or disconnection shall present no risk of electric energy hazard after disconnection.

Capacitors connected to accessible hazardous live parts shall be discharged to an energy level less than 0,5 mJ within 5 s after the removal of power. Otherwise, a readily visible warning notice shall be provided on the equipment, indicating the time of discharge to the limit values or a preferable method how to discharge the capacitor before touching the connecting parts.

8.1.16 Fault and abnormal conditions

The equipment shall be designed to avoid operating modes or sequences that can cause a fault condition or component failure leading to a hazard, unless other measures to prevent the hazard are provided by the installation and are described in the installation information provided with the equipment. These requirements apply to abnormal operating conditions as applicable.

Circuit analysis or testing shall be performed to determine whether or not failure of a particular component (including insulation systems) would result in hazard.

This analysis shall include situations where a failure of the component or the insulation (basic and supplementary) would result in:

- an impact on the risk of electric shock;
- a risk of degradation resulting in emission of flame, burning particles or molten metal.

The analysis or testing shall include the effect of short-circuit and open-circuit conditions of the component. Testing is necessary unless analysis can conclusively show that, in short-circuit and open circuit conditions, no shock and fire hazard will result from failure of the component. Compliance shall be checked by test of 9.2.5.

Components evaluated for their reliability according to relevant product standards are considered to meet these requirements and do not need any further investigation, if tested under conditions that fulfil the conditions for which the equipment is designed.

8.1.17 Short-circuit and overload protection of ports

Where the power source for a signal port or power port that is external to the device does not comply with the requirements for limited energy sources in 8.1.14, the equipment shall not present a hazard under short-circuit or overload conditions. Instructions for the installation of external overcurrent protection shall be made available in accordance with 6.3.

Where necessary, compliance shall be checked, by simulation of single fault conditions or by testing according to 9.2.5.

8.1.18 Use of voltage transient limiting device

The use of voltage transient limiting device such as metal oxide varistors, Zener diodes, or crowbar clamping device is recommended as surge suppression for limiting breakdown within electronic circuits which can lead to fire hazard and for ensuring their expected lifetime.

A varistor shall comply with IEC 61051-2 or IEC 61643-331 taken into account the appropriate climatic categories and a maximum continuous voltage of at least 1,25 times the rated voltage of the circuit.

NOTE It is recognized that if the maximum continuous operating voltage of the varistor, U_V , is chosen equal to or higher than $1,45 U_0$ (rated supply voltage) for TN systems and higher than $\sqrt{3} U_0$, for TT systems, a tolerable risk of varistor failure and resulting loss of protection against overvoltages is achieved in most situations. A varistor selected with a high value of U_V that will make it immune to most temporary overvoltages (but at the price of diminished surge protection). A low value of U_V selected by a wish to provide surge protection with low limiting voltage for loads perceived as needing such low limiting voltage, but at a greater risk of destruction under temporary overvoltage conditions.

The performance of voltage transient limiting devices is covered by performing the test of 9.4.2.7.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

8.2.1.1.1 General conditions

Subclause 8.2.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The requirements for the short-circuit protective device of a combination starter or a protected starter are given by IEC 60947-2 for circuit-breaker, by IEC 60947-3 for fuse-combination unit and by this document for MPSD and IMPSD.

Requirements concerning normal load and overload characteristics according to 5.3.5 are given in 8.2.4.1, 8.2.4.2 and 8.2.4.4.

The requirements apply to the equipment as well as to the dedicated wiring accessories.

If there is no distinction between U_s and U_c , requirements apply with U_c .

8.2.1.1.2 General conditions A

Starters shall be so constructed that they:

- a) are trip-free;
- b) can be caused to open their contacts by the means provided when running and at any time during the starting sequence;
- c) will not function in other than the correct starting sequence.

8.2.1.1.3 General conditions B

Starters employing contactors shall not trip due to the shocks caused by operation of the contactors when tested according to 9.3.3.1, after the starter has carried its rated full load current at the reference ambient temperature (i.e. +20 °C) and has reached thermal equilibrium at both minimum and maximum settings of the overload relay, if adjustable.

8.2.1.1.4 General conditions C

For rheostatic starters, the overload relay shall be connected in the stator circuit. Special arrangements can be made to protect the rotor contactors and resistors against overheating, if requested by the user.

8.2.1.1.5 General conditions D

When starters are used in conditions in which the overheating of the starting resistors or transformers would represent an exceptional hazard, it is recommended that a suitable device be fitted to switch off the starter automatically before a dangerous temperature is reached.

8.2.1.1.6 General conditions E

The moving contacts of multipole equipment intended to make and break together shall be so coupled that all poles make and break substantially together, whether operated manually or powered-operated.

8.2.1.2 Limits of operation of contactors and power-operated starters

Subclause 8.2.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies with following additions:

For latched contactors, the device shall drop out and open fully when a de-latching voltage between 85 % and 110 % of the rated de-latching voltage is applied.

MPSDs shall be trip-free (see 3.6.24 of IEC 60947-1:2020) and shall have their energy for the tripping operation stored automatically prior to the completion of the closing operation.

8.2.1.3 Limits of operation of undervoltage relays and releases

Subclause 8.2.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition: tests are specified in 9.3.3.2.2 of this document.

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

Subclause 8.2.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition: tests are specified in 9.3.3.2.2 of this document.

8.2.1.5 Limits of operation of current sensing relays and releases

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

8.2.1.5.1.1 General tripping requirements of overload relays

The relays shall comply with the requirements of Table 3 when tested as follows:

- a) 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 3. 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;
- b) when the current is subsequently raised to B times the current setting, tripping shall occur in less than 2 h;
- c) for class 2, 3, 5 and 10A 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 60034-1:2022; for class 10A overload relays, for ambient air temperature -5 °C or below, a longer tripping time may be declared in the product documentation but not longer than 4 min;

NOTE 1 Subclause 9.3.3 of IEC 60034-1:2022 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".

- d) 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;
- e) at D times the current setting, tripping shall occur within the limits given in Table 2 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 2 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 3 at $+20\text{ °C}$ and is within the limits shown in Table 3 at other temperatures (see Figure 1).

Table 3 – 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 -5 °C ^d
	1,05	1,3 ^e	1,5	–	-5 °C
	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 test shall only be done at 20 °C for D multiples of current setting.

^b If specified in the product documentation, 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 and the tripping current value shall be marked on the equipment.

^c Multiples of current setting should be declared in the product documentation.

^d See 9.3.3.2.2 for tests outside the -5 °C +40 °C range.

^e If specified in the product documentation, the tripping current could be different from 130 % but shall not exceed 135 %. In this case the test current value shall be equal to this tripping current value and the tripping current value shall be marked on the device.

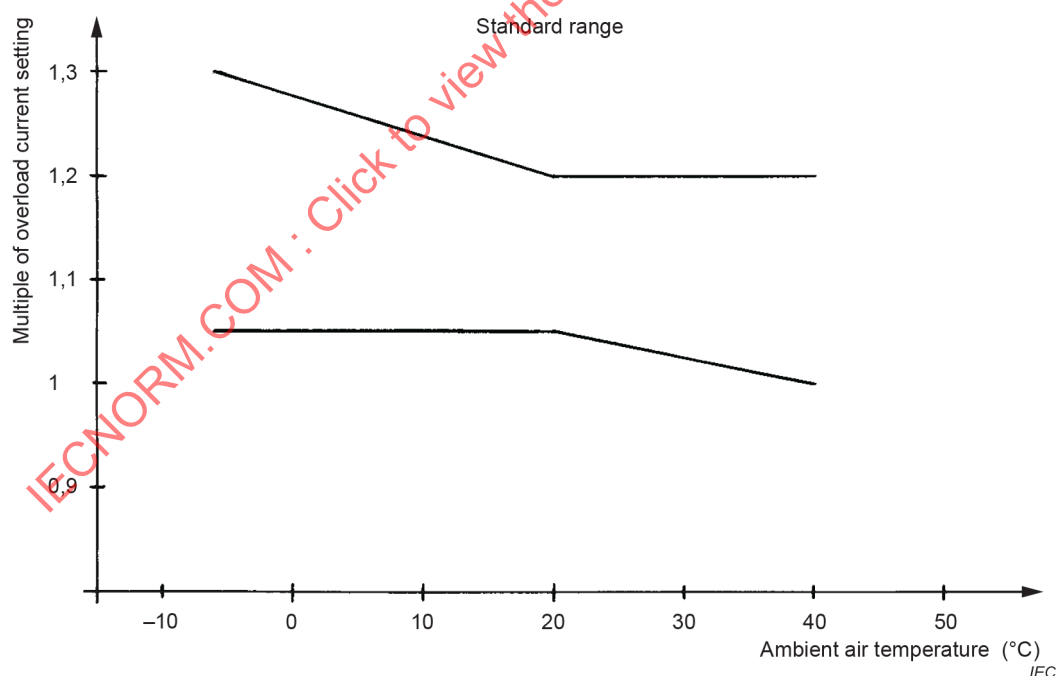


Figure 1 – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays

8.2.1.5.1.2 Thermal memory test verification

Unless the product documentation specifies that the device does not contain thermal memory, electronic overload relays shall fulfil the following requirements (see Figure 2):

- 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 2) with a relative tolerance of $\pm 10 \%$ (where T_p is the time measured at the D current according to Table 3);
- apply a current equal to $7,2 \times I_e$;
- the relay shall trip within 50 % of the time T_p .

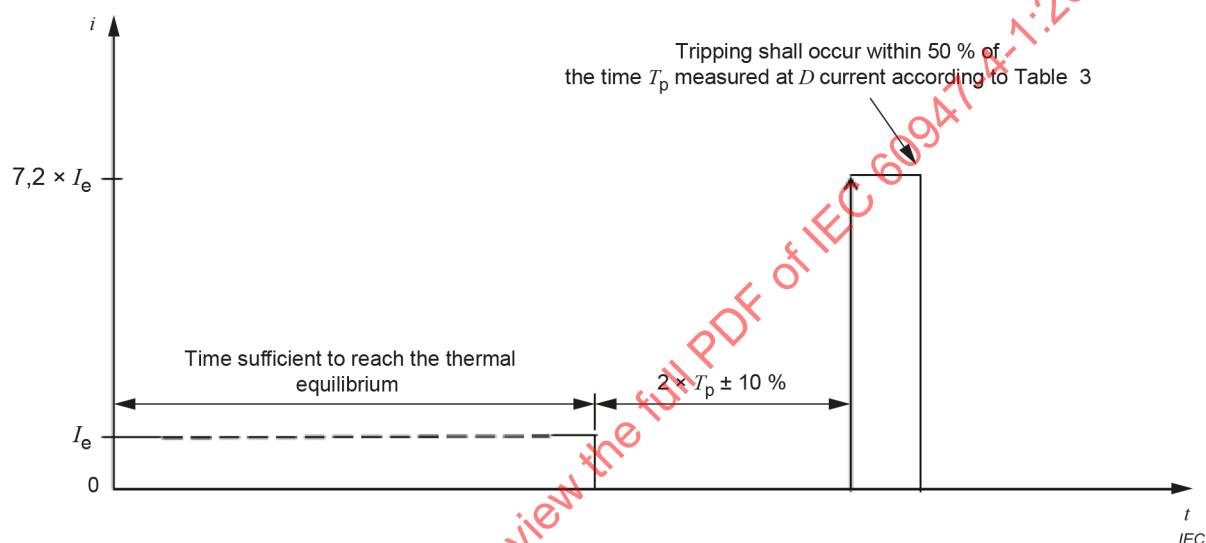


Figure 2 – Thermal memory test

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

With reference to Table 4:

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 4.

Moreover, when the value of the current flowing in two poles (in phase loss sensitive overload relay or release, 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 4 – 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

8.2.1.5.3 Limits of operation of instantaneous magnetic overload relays

For all values of the current setting, instantaneous magnetic overload relays shall trip with an accuracy of $\pm 10\%$ of the value of the published current value corresponding to the current setting.

NOTE Magnetic instantaneous overload relays covered by this document are not intended for short-circuit protection.

8.2.1.5.4 Limits of operation of under-current relays and releases for automatic change over

8.2.1.5.4.1 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 80 % to 120 % of the set time, when the current during operation is below 0,9 times the under current setting in all poles. When the operating time is below 1 s, a different tolerance may be given in the product documentation, but the upper limit shall not exceed 1,2 s.

NOTE The tolerance depends on the sensing technology.

8.2.1.5.4.2 Limits of operation of automatic change over by under-current relays

This subclause applies to:

- star-delta starters from star to delta, and
- auto-transformer starters from the starting to the ON position.

The lowest drop-out current of an under-current relay shall be not greater than 1,5 times the actual current setting of the overload relay which is active in the starting or star connection. The under-current relay shall be able to carry any value of current, from its lowest current setting to the stalled current in the starting position or the star connection, for the tripping times determined by the overload relay at its highest current setting.

8.2.1.5.5 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 in the product documentation, when:

- a) 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; accuracy: $\pm 10\%$, 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) rotation sensing relays: an input signal indicating no motor rotation exists.

8.2.1.5.6 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 in the product documentation, when the current is above 1,2 times the set current value of the jam relay, during running after completion of the starting.

8.2.1.5.7 Limits of operation of the short-circuit release of a MPSD

The operation of short-circuit release of a MPSD shall cause its tripping with an accuracy of $\pm 20\%$ of the tripping current value of the current setting for all values of the current setting of the short-circuit release when adjustable.

8.2.2 Temperature-rise

8.2.2.1 General

The requirements of 8.2.2.1 of IEC 60947-1:2020 apply to contactors and starters in a clean, new condition.

NOTE 1 Contact resistance due to oxidation can impact the temperature-rise test at test voltages below 100 V. In the case of conducting the test at a voltage below 100 V, such devices can have the contacts cleaned either by any nonabrasive method or by carrying out 10 operating cycles under the conditions of Table 10 for any applicable utilization category at any voltage.

The temperature-rises of the several parts of the contactor or starter measured during a test carried out under the conditions specified in 9.3.3 shall not exceed the limiting values stated in Table 5 of this document and in 8.2.2.2 and 8.2.2.3 of IEC 60947-1:2020.

In the case of an electronically controlled electromagnet, coil temperature measuring by variation of resistance can be impracticable; in such a case, other methods are permitted, e.g. thermocouples or other suitable methods.

Table 5 – Temperature-rise limits for insulated coils in air and in oil

Class of insulating material (according to IEC 60085:2007)	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	–

Because, in an auto-transformer starter, the auto-transformer is energized only intermittently, a maximum temperature-rise of 15 K greater than the figures in Table 5 is permissible for the windings of the transformer when the starter is operated according to the requirements of 5.3.4 and 5.3.5.5.4.

NOTE 2 The temperature-rise limits given in Table 5 of this document and in 8.2.2.3 of IEC 60947-1:2020 are applicable only if the ambient air temperature remains within the limits $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Contactors or starters declared as suitable for use downstream to basic drive modules shall be tested according to 9.3.3.3.10 using a basic drive module (BDM) under the condition of 6.1.2 w).

NOTE 3 In case of a MPSD or a contactor on the line side of the BDM, this requirement can be ignored.

8.2.2.2 Terminals

Subclause 8.2.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

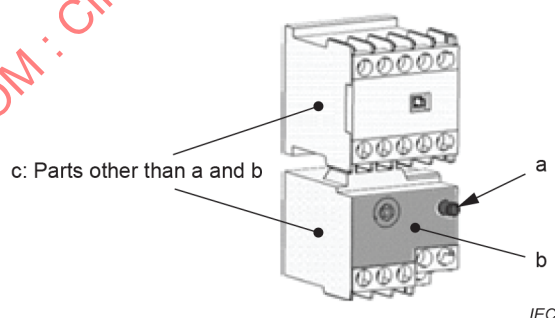
8.2.2.3 Accessible parts

Subclause 8.2.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Parts as defined in Table 3 of IEC 60947-1:2020 are applicable as follows:

- "Manual operating means" include toggles, knobs, levers, and any other part intended to be operated, and therefore intentionally touched, by skilled operators during normal operation of the device;
- "Parts intended to be touched but not hand-held" includes parts adjacent to manual operating means, that can be unintentionally touched when operating those, or parts intended to be touched for a very short time;
- "Parts which need not be touched during normal operation" includes parts not falling in the previous categories, that are not supposed to be touched in normal operation, e.g. side-walls, terminal covers, etc.

An example is provided in Figure 3.



Key

- a manual operating means
- b parts intended to be touched but not hand-held
- c parts which need not be touched during normal operational

Figure 3 – Example of different parts

When an equipment includes accessible hot functional surfaces or hot adjacent surfaces on which the temperature-rise exceed the limits in Table 3 of IEC 60947-1:2020, the equipment shall:

- be marked on these hot surfaces with ISO symbol 7010-W017 (2011-05) "Warning; Hot surface" and



- include any relevant information in the equipment documentation.

When the housing does not permit marking due to size and/or form, only a reference in the equipment documentation may be provided.

8.2.2.4 Ambient air temperature

Subclause 8.2.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.2.5 Main circuit

The main circuit of a contactor or a starter which carries current in the ON position, including the overcurrent releases which can be associated with it, shall be capable of carrying, without the temperature-rises exceeding the limits specified in 8.2.2.2 of IEC 60947-1:2020 when tested in accordance with 9.3.3.3.4:

- for a contactor or starter intended for continuous duty: its conventional thermal current (see 5.3.2.1 and/or 5.3.2.2);
- for a contactor or starter intended for uninterrupted duty, intermittent duty or temporary duty: its relevant rated operational current (see 5.3.2.5).

8.2.2.6 Control circuits

Subclause 8.2.2.6 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.2.7 Windings of coils and electromagnets

8.2.2.7.1 Uninterrupted and eight-hour duty windings

With the maximum value of current according to 8.2.2.5 flowing through the main circuit, the windings of the coils, including those of electrically operated valves of electro-pneumatic contactors or starters, shall withstand, under continuous load and at the rated frequency, if applicable, their maximum rated control circuit supply voltage without the temperature-rise exceeding the limits specified in Table 5 of this document and in 8.2.2.7 of IEC 60947-1:2020.

NOTE Depending on the technology, e.g. for some kinds of electronically controlled electromagnets, the control supply voltage cannot be directly applied on the coil winding when connected as in normal service.

8.2.2.7.2 Intermittent duty windings

With no current flowing through the main circuit, the windings of the coils shall withstand, at the rated frequency, if applicable, their maximum rated control circuit supply voltage applied as detailed in Table 6 according to their intermittent duty class, without the temperature-rise exceeding the limits specified in Table 5 of this document and in 8.2.2.3 of IEC 60947-1:2020.

NOTE Depending on the technology, e.g. for some kind of electronically controlled electromagnet, the control supply voltage cannot be directly applied on the coil winding when connected as in normal service.

Table 6 – 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 in the product documentation
3	3	1 200 s	
12	12	300 s	
30	30	120 s	
120		30 s	
300		12 s	
1 200		3 s	

8.2.2.7.3 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 in the product documentation.

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

8.2.2.8 Auxiliary circuits

Subclause 8.2.2.8 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.3 Dielectric properties

8.2.3.1 General

Subclause 8.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

8.2.3.2 Voltage transient limiting devices between circuits

General requirements for device including voltage transient limiting devices inserted between circuits not connected to the ground/earth to be tested according to the dielectric test are described as follows.

These voltage transient limiting devices called varistors used in order to protect electronic parts from surges within the device shall comply with IEC 61051-2. In this clause, the intent is not to reduce the clearances. For the type test of the equipment, the voltage transient limiting devices may be disconnected.

IEC 61051-2 applies as follows:

a) Preferred climatic categories of the varistor:

- maximum lower temperature: -10 °C;
- minimum upper temperature: +85 °C.

The equipment manufacturer shall verify that the varistor is suitable for use in the extended ambient temperature if any.

b) The minimum rated voltage of the varistor shall be 1,2 times the maximum peak voltage where the varistor is connected.

c) When connected to the mains, varistors shall withstand the surge test according to 9.4.2.6.

NOTE 1 With the verification of the varistors above, it is assumed that a fuse protecting the varistor is not necessary.

NOTE 2 The possibility given in 9.3.3.4.1 item 1) of IEC 60947-1:2020 of disconnecting circuits between poles can be not appropriate in the routine test, because the equipment is completed and it is not appropriate to reopen and manipulate them. The main purpose of this test is to identify the proper operation of the transient voltage limiting component.

8.2.4 Normal load and overload performance requirements

8.2.4.1 Making and breaking capacities

Contactors or starters shall be capable of making and breaking currents without failure under the conditions stated in Table 7 for the required utilization categories and the number of operations indicated, as specified in 9.3.3.5.

The off-time and on-time values given in Table 7 and Table 8 shall not be exceeded.

These capacities correspond to the normal load characteristics given in 5.3.5.3.

MPSD shall be tested under the conditions stated in Table 7 with following exceptions:

- If the overload release trips during the test, the off-time may be extended up to the point where no tripping occurs.
- If the short-circuit release trips during the test, the instantaneous short-circuit release shall be inhibited. If the instantaneous short-circuit current rating is lower than the test current, the test current may be reduced to the value of the rated instantaneous short-circuit current setting (I_i) plus 20 % if not given with a lower tolerance in the product documentation. In case of an adjustable instantaneous tripping unit, the trip setting has to be set to the maximum value of the setting.

**Table 7 – Making and breaking capacities –
Making and breaking conditions according to utilization category**

Utilization category	Make and break conditions						
	I_c / I_e	U_r / U_e	$\cos \phi$	L / R ms	On-time ^b s	Off-time s	Number of operating cycles
AC-1	1,5	1,05	0,8		0,05	f	50
AC-2	4,0 ^h		0,65 ^h				
AC-3 ⁱ	8,0		a				
AC-3e ⁱ	8,5						
AC-4 ⁱ	10,0						
AC-5a	3,0		0,45				
AC-5b	1,5 ^c		c			60	
AC-6a	j						
AC-6b	1,5 ^e	1,05	e		k	l	50
AC-8a	6,0		a		0,05	f	
AC-8b							
DC-1	1,5	1,05		1,0	0,05	f	50 ^d
DC-3	4,0			2,5			
DC-5	4,0			15,0			
DC-6	1,5 ^c			c		60	

Utilization category	Make conditions ⁱ						
	I / I_e	U / U_e	$\cos \phi$		On-time ^b s	Off-time s	Number of operating cycles
AC-3	10	1,05 ^g	a		0,05	f	50
AC-3e	12 ^m		m				
AC-4	12		a				

I = current made. The making current is expressed in direct current or alternating current RMS symmetrical values but it is understood that, for alternating current, the actual peak value during the making operation may assume a higher value than the symmetrical peak value.
 I_c = current made and broken, expressed in direct current or alternating current RMS symmetrical values
 I_e = rated operational current
 U = applied voltage
 U_r = power frequency or direct current recovery voltage
 U_e = rated operational voltage
 $\cos \phi$ = power factor of test circuit
 L / R = time-constant of test circuit

^a $\cos \phi = 0,45$ for $I_e \leq 100$ A; $0,35$ for $I_e > 100$ A.
^b The time may be less than 0,05 s, provided that contacts are allowed to become properly seated before re-opening. For practical testing reason, a longer on-time time can be determined if feasible.
 NOTE The feasibility can be analysed with the manufacturer.
^c Tests to be carried out with an incandescent light load.
^d If polarity not marked on the device, 25 operating cycles with one polarity and 25 operating cycles with reverse polarity.
^e The load shall consist of commercially available capacitor combinations to obtain a steady-state reactive current I_e calculated according to 9.3.3.3.4. Alternatively, capacitive ratings may be derived by capacitor switching tests or assigned on the basis of established practice and experience. As a guide, reference can be made to the formula given in Table 9 which does not take into account the thermal effects due to harmonic currents. The available current capacity at the test terminals shall not be less than the conventional prospective current "r". It can be determined by analytical evaluation.
^f Maximum off-time given in Table 8 which can be reduced in agreement with the manufacturer.
^g For U / U_e , a tolerance of ± 20 % is accepted.
^h The values shown are for stator contactors. For rotor contactors, the test shall be made with a current of four times the rated rotor operational current and a power factor of 0,95.
ⁱ The make conditions for utilization categories AC-3, AC-3e and AC-4 shall also be verified. The verification may be made during the make and break test, but only with the manufacturer's agreement. In this case, the making current multiples shall be as shown for I / I_e and the breaking current as shown for I_c / I_e . 25 operating cycles shall be made at a control supply voltage equal to 110 % of the rated control circuit supply voltage U_s or of the maximum of its range and 25 operating cycles at 85 % of U_s or of the minimum of its range.
^j The AC-6a rating shall be verified by testing with a transformer or may be derived from the values for AC-3 according to Table 9.
^k The on time shall be long enough in order to reach the stabilized current.
^l Off-time according to Table 8. The value of a discharge resistor shall be determined to reach less than 50 V at the end of off-time.
^m As an alternative the factor I / I_e can be selected between 12 and 13 and published in the product documentation. In this case the power factor is given by the following formulas:
 $I_e \leq 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times I / I_e - 0,85$
 $I_e > 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times I / I_e - 0,95$
 For $I / I_e = 12$, $\cos \phi = 0,35$ for $I_e \leq 100$ A; $\cos \phi = 0,25$ for $I_e > 100$ A

Table 8 – Relationship between the test current and off-time for the verification of rated making and breaking capacities

Test current <i>I</i> A	Off-time s
$I \leq 100$	10
$100 < I \leq 200$	20
$200 < I \leq 300$	30
$300 < I \leq 400$	40
$400 < I \leq 600$	60
$600 < I \leq 800$	80
$800 < I \leq 1\,000$	100
$1\,000 < I \leq 1\,300$	140
$1\,300 < I \leq 1\,600$	180
$1\,600 < I \leq 2\,500$	240
$2\,500 < I$	agreement between user and manufacturer

In order to reduce the test duration, the off-time values may be reduced if feasible.

NOTE The feasibility can be analysed with the manufacturer.

Table 9 – Operational current determination for utilization categories AC-6a and AC-6b when derived from AC-3 ratings

Rated operational current	Determination from making current for utilization category AC-3
I_e (AC-6a) for switching of transformers having inrush current peaks of not more than 30 times peak of rated current	$0,45 I_e$ (AC-3)
I_e (AC-6b) for switching of single capacitor banks in circuits having a prospective short-circuit current i_k at the location of the capacitor bank	$i_k \frac{x^2}{(x-1)^2}$ with $x = 13,3 \times \frac{I_e \text{ (AC-3)}}{i_k}$ and for $i_k > 205 I_e \text{ (AC-3)}$
The expression for the operational current I_e (AC-6b) emanates from the formula for the highest inrush current peak: $I_{pmax} = \frac{U_e \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + \sqrt{\frac{X_c}{X_L}}}{X_L - X_c}$ where U_e is the rated operational voltage; X_L is the short-circuit impedance of the circuit; X_c is the reactance of the capacitor bank. This formula is valid on condition that capacitance on the supply side of the contactor or starter can be neglected and that there is no initial charge on the capacitor.	

- ^d The off-time may be extending up to 200 s as given in the product documentation.
- ^e Tests to be carried out with an incandescent light load.
- ^f If polarity not marked on the device, 3 000 operating cycles with one polarity and 3 000 operating cycles with reverse polarity.
- ^g The AC-6a rating shall be verified by testing with a transformer or may be derived from the values for AC-3 according to Table 9.
- ^h Tests for category AC-8b shall be accompanied by tests for category AC-8a. The tests may be made on different samples.
- ⁱ For manually operated switching devices, the number of operating cycles shall be 1 000 on-load, followed by 5 000 off-load.
- ^j The load shall consist of commercially available capacitor combinations to obtain a steady-state reactive current I_e calculated according to 9.3.3.3.4. Alternatively, capacitive ratings may be derived by capacitor switching tests or assigned on the basis of established practice and experience. As a guide, reference can be made to the formula given in Table 9 which does not take into account the thermal effects due to harmonic currents. The available current capacity at the test terminals shall not be less than the conventional prospective current " r ". It can be determined by analytical evaluation.
- ^k The on time shall be long enough in order to reach the stabilized current.
- ^l Off-time according to Table 8. The value of a discharge resistor shall be determined to reach less than 50 V at the end of off-time.

8.2.4.3 Durability

8.2.4.3.1 Mechanical durability

Subclause 8.2.4.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

The mechanical durability of a contactor or starter is verified by a special test specified in Annex B.

8.2.4.3.2 Electrical durability

Subclause 8.2.4.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

Electrical durability of a contactor or starter is verified by a special test specified in Annex B.

8.2.4.4 Overload current withstand capability of contactors and IMPSD

Contactors and IMPSD with utilization categories AC-3, AC-3e or AC-4 shall withstand the overload currents given in Table 11, as specified in 9.3.5.

Table 11 – Overload current withstand requirements

Rated operational current	Test current ^c	Duration of test ^a
≤ 630 A	$8 \times I_e \text{ max/AC-3}$ $8 \times I_e \text{ max/AC-3e}$	10 s
> 630 A	$6 \times I_e \text{ max/AC-3}^b$ $6 \times I_e \text{ max/AC-3e}^b$	10 s
^a For starter with class 20 overload protection and above, the selection of the contactor or IMPSD is subject to agreement between the manufacturer and the user. ^b With a minimum value of 5 040 A. ^c This test also covers duties where the current is lower and the test duration is longer, provided that the tested value of I^2t is not exceeded.		

NOTE For co-ordination purposes, especially for AC-3e, a higher factor of I_e can be used (see B.4).

8.2.4.5 Coil power consumption

The power consumption of the electromagnet of a contactor characterises the power supplying its coil necessary for holding and pickup operations.

Where the power consumption of the electromagnet is given, it shall be tested according to 9.3.3.2.1.2.

8.2.4.6 Pole impedance

Where the pole impedance is given in the product documentation, it shall be tested according to 9.3.3.8 of IEC 60947-1:2020.

8.2.4.7 Ability of a MPSD to make and break under short-circuit conditions

Subclause 8.2.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

The ability of the MPSD to make, carry and break short-circuit currents is stated in terms of the following:

- Rated ultimate short-circuit breaking capacity I_{cu} (see 5.3.6.1);
- Rated service short-circuit breaking capacity I_{cs} (see 5.3.6.2).

The short-circuit tests shall be in accordance with Annex P.

NOTE A MPSD alone cannot be coordinated with itself. Consequently, a rated conditional short-circuit current test or a test current " r " are not performed.

8.2.5 Co-ordination with short-circuit protective devices

8.2.5.1 Performance under short-circuit conditions (rated conditional short-circuit current)

The rated conditional short-circuit current of contactors and starters backed up by short-circuit protective device(s) (SCPD(s) or MPSD), combination starters, combination switching devices, protected starters and protected switching devices shall be verified by short-circuit tests as specified in 9.3.4.

The following tests shall be performed:

- a) at the appropriate value of the conventional prospective current shown in Table 14 or Table 13 (test current " r "), and
- b) at the rated conditional short-circuit current I_Q , if higher than test current " r ".

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, "1" or "2". The test conditions for both are given in 9.3.4.2.1 and 9.3.4.2.2.

Type "1" co-ordination requires that, under short-circuit conditions, the contactor or starter 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 contactor or starter shall cause no danger to persons or installation and shall be suitable for further use. The risk of contact welding is recognized, in which case the product documentation shall indicate the measures to be taken as regards the maintenance of the equipment.

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

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

Co-ordination at the crossover current between the starter and the SCPD is a special test. The way to verify it is described in B.4.

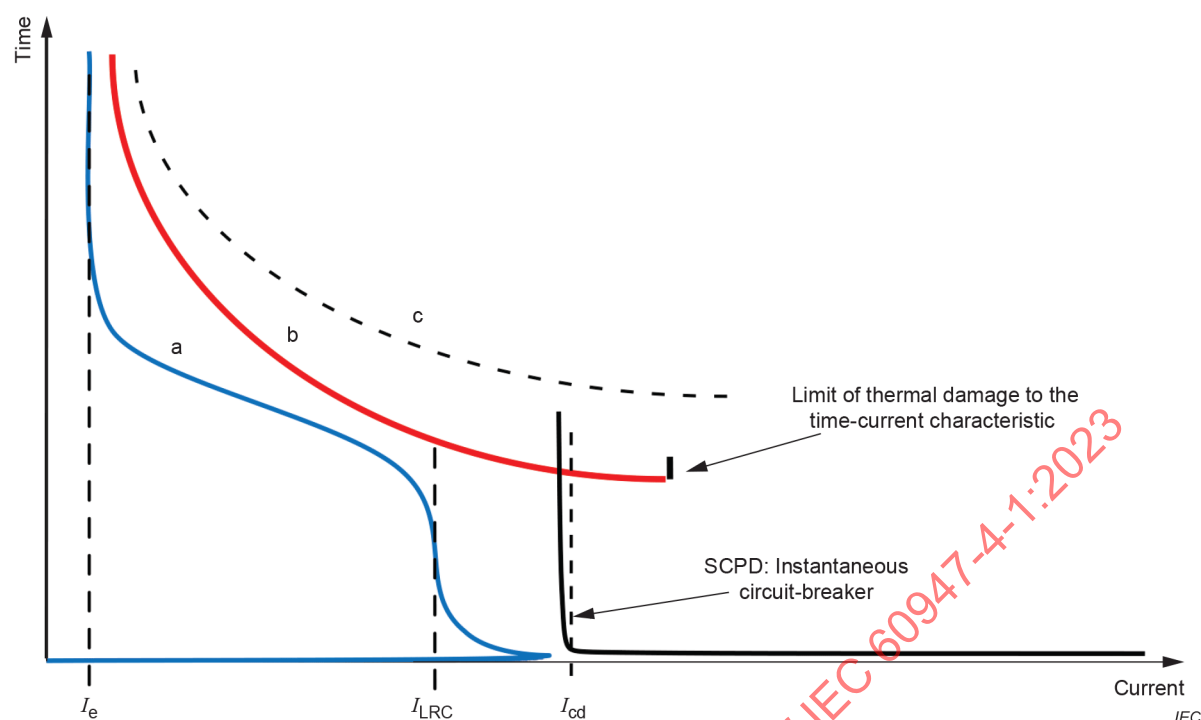
8.2.5.3 Co-ordination test between AC-3e rated starter and associated instantaneous circuit-breaker or IMPSD

For AC-3e rated starter with type 2 co-ordination, the co-ordination test of 9.3.4.3 shall be performed.

This test is intended to verify the co-ordination of the AC-3e rated starter, and the associated SCPD (instantaneous circuit-breaker or IMPSD), in which the overload protection of the starter is operating the contactor in case of short-circuit of fault currents below the tripping current of the SCPD (instantaneous circuit-breaker or IMPSD). The test is performed at a simulated fault current I_{cd} just above the tripping current of the SCPD.

The current I_{cd} is determined based on the characteristics of the associated SCPD given in item j) of 6.1.2 in order to ensure the co-ordination described in Figure 4 with a power factor given by Table 16 of IEC 60947-1:2020. This test is not necessary if the determined fault current I_{cd} is lower or equal than the tested make and break current for AC-3e.

NOTE Asynchronous motor of design NE or HE can have a higher inrush current and implies a higher setting of the SCPD tripping current. As a consequence, the breaking capacity of the contactor is verified at a higher value than the make and break capacity of Table 7.



Key

- a typical motor starting current
- b mean overload relay time-current characteristic from cold state
- c time-current characteristic withstand capability of contactor according to 9.3.5

Figure 4 – Examples of co-ordination characteristics of a starter

8.2.5.4 Co-ordination between a MPSD and another short-circuit protective device

For the co-ordination between a MPSD and another short-circuit protective device, Annex X of IEC 60947-1:2020 applies to a MPSD used as the circuit-breaker C_1 with the following additions.

The provisions of X.3.2 and X.6 of IEC 60947-1:2020 does not apply.

In addition to the requirement of X.3.3, the following applies:

The association shall comply with the requirements of 8.2.1.5.7. Where tests on combinations of short-circuit protective devices for overcurrent co-ordination are not performed (3.7.22 of IEC 60947-1:2020), the test report shall include information (usually curves) showing:

- maximum cut-off (let through) peak current (3.7.19 of IEC 60947-1:2020) as a function of the prospective current (RMS symmetrical);
- I^2t characteristics.

Conformity with this information can be checked during the relevant test of Annex P.

8.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.3.1 General

Subclause 8.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Environments A and B of IEC 60947-1:2020 are implemented in this document in 8.3.3 as class A and B equipment according to CISPR 11.

The general electromagnetic environment of the equipment covered by this document is E-III, industrial according to IEC TR 63216.

However, other environments defined by IEC TR 63216 may be selected. The environment E-IV is relevant for equipment intended for being installed within high voltage power station and substation. The environment E-II is relevant for accessories such as control device or digital interfaces not directly supplied by the factory mains (see IEC TR 63216).

NOTE The integration of radiocommunication device into an equipment is covered by IEC 63404².

8.3.2 Immunity

Subclause 8.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The test results are specified using the acceptance criteria given in Table 12.

Table 12 – Specific acceptance criteria for immunity tests

Item	Acceptance criteria		
	A	B	C
General	Normal performance within the specified limits	Temporary degradation or loss of function or performance which is self-recoverable	Temporary degradation or loss of function or performance which requires operator's intervention or system reset. There shall not be any damaged component
Operation of power and control circuits	No unwanted operation – the contactor shall remain in the expected position – the overload relay shall not trip	Temporary unwanted operation which cannot cause tripping Unintentional opening or closing of contacts is not accepted Self-recoverable	Tripping of overload relay Unintentional opening or closing of contacts Not self-recoverable
Operation of displays and auxiliary circuits	No changes to visible display information Only slight light intensity fluctuations of LEDs or movement of characters No unwanted operation of auxiliary contacts	Temporary visible changes, for example unwanted LED illumination Unintentional opening or closing of auxiliary contacts is not accepted.	Permanent loss of display information Unintentional opening or closing of auxiliary contacts is not accepted.
Information processing and sensing functions	Communication and data interchange to external devices without unwanted action or erroneous information	Temporarily disturbed communication with possible external impacts, but self-recoverable	Erroneous processing of information Loss of data and/or information Not self-recoverable

8.3.3 Emission

Subclause 8.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The limits of CISPR 11 apply for Class B equipment intended to be used in residential areas connected to public low-voltage distribution systems and for Class A equipment intended to be used in all locations other than those allocated in residential areas.

² Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 63404:2023.

8.4 Embedded software

The development and testing of embedded software shall be managed.

Guidance for the development of embedded software for switchgear and controlgear including secure coding is provided by IEC TR 63201, especially by establishing:

- a software management plan according to Clause 5 of IEC TR 63201:2019;
- a design lifecycle management according to Clause 7 of IEC TR 63201:2019.

8.5 Security

The integrity and the availability of the main functions of switchgear and controlgear can depend on physical security and cybersecurity aspects. Based on a security risk assessment, security measures shall be implemented according to IEC TS 63208.

9 Tests

9.1 Kinds of test

9.1.1 General

Subclause 9.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the exception of its 6th paragraph (last but one paragraph) and with the following additions.

If there is no distinction between U_s and U_c , requirements apply with U_c .

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of contactors and starters of all types and their dedicated wiring accessories with this document. They comprise the verification of:

- Temperature-rise limits (see 9.3.3.3);
- dielectric properties (see 9.3.3.4);
- rated making and breaking capacities (see 9.3.3.5);
- change-over ability and reversibility, where applicable (see 9.3.3.5);
- conventional operational performance (see 9.3.3.6);
- operation and operating limits (see 9.3.3.1 and 9.3.3.2);
- ability of contactors to withstand overload current (see 9.3.5);
- performance under short-circuit conditions (see 9.3.4);
- mechanical properties of terminals (see 9.2.5 of IEC 60947-1:2020);
- degrees of protection of the equipment (see Annex C of IEC 60947-1:2020);
- EMC tests, where applicable (see 9.4).

9.1.3 Routine tests

Subclause 9.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies where sampling tests (see 9.1.4) are not made.

Routine tests for contactors and starters comprise:

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

For dedicated wiring purpose accessories delivered separately, only dielectric test applies.

9.1.4 Sampling tests

Sampling tests for contactors and starters comprise:

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

Subclause 9.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Sampling tests instead of routine tests may be performed. Sampling shall meet or exceed the following requirements as specified in Table 2-A: Single sampling plans for normal inspection of ISO 2859-1:1999:

- sampling based on $AQL \leq 1$;
- 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 ISO 2859-1:1999 requirements can be used, e.g. statistical methods controlling continuous manufacturing or process control with capability index.

Sampling tests for clearance verification shall be performed according to 9.3.3.4.3 of IEC 60947-1:2020.

9.1.5 Special tests

9.1.5.1 General

The conducting of special test is optional.

Special tests include:

- environment tests according to 9.1.5.2;
- mechanical and electrical durability tests according to B.2 and B.3. The test results can be used to obtain data needed for functional safety applications (see Annex K);
- verification of co-ordination at the crossover current between the starter and the SCPD according to B.4.

9.1.5.2 Environment tests

For these special tests, Annex Q of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Where Table Q.1 of IEC 60947-1:2020 calls for verification of operational capability, this shall be done according to 9.3.6.2.

The vibration tests shall be done on the equipment in the open and closed positions. The overload relay shall not trip during the test. To check the behavior of main and auxiliary contacts, tests can be done under any current / voltage value.

The shock test on the equipment shall be done in the open position.

For the dry heat test, the equipment shall be in the closed position during the conditioning period (see 5.3.3 of IEC 60068-2-2:2007). For categories A, B and C, the test may be done without current in the poles and for categories D, E and F, the test shall be done under the maximum rated AC-3 current, but may be limited to 100 A for practical reasons. During the last hour, the contactor shall be operated 5 times. During the whole test the overload relay may trip.

For the low temperature test, the test Ad shall be chosen instead of the test Ab and the equipment shall be in the open position during the cooling period. It shall then be energized for the last hour. For categories A, B and C, the test may be done without current in the poles and for categories D, E and F, the test is done under the maximum rated AC-3 current which may be limited to 100 A for practical reasons. During this last hour, the contactor shall be operated 5 times. During the whole test the overload relay shall not trip.

For the damp heat test, for categories A, B and C, the test may be done without current in the poles. For categories D, E and F the equipment shall be energized under the maximum rated AC-3 current for the first cycle and de-energized for the second cycle. The current may be limited to 100 A for practical reasons. After stabilization of the temperature, during the first 2 h of the first cycle and during the last 2 h of the second cycle, the contactor shall be operated 5 times. The overload relay may trip only if it is permitted according to its temperature characteristic.

In order to reduce the duration of the test, with the agreement of the manufacturer, the duration of the recovery periods may be reduced.

In order to reduce the number of samples, after the salt mist test, the equipment may be washed where agreed by the manufacturer.

9.2 Compliance with constructional requirements

9.2.1 General

Subclause 9.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

9.2.2 Electrical performance of screwless-type clamping units

Subclause 9.2.5.7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following changes:

The number of tested clamping units shall be at least 10.

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the product documentation.

A suitable test arrangement is shown in Figure 5. If the measurement points cannot be positioned within the 10 mm to the point of contact, the voltage difference between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured. This voltage difference within the part of the conductor shall be determined with a suitable measurement method on one specimen at a stabilised temperature. The measurement methods and the results shall be documented in the test report. The test current is I_{th} or for a separately mounted overload relay, its maximum current setting.

Dimensions in millimetres

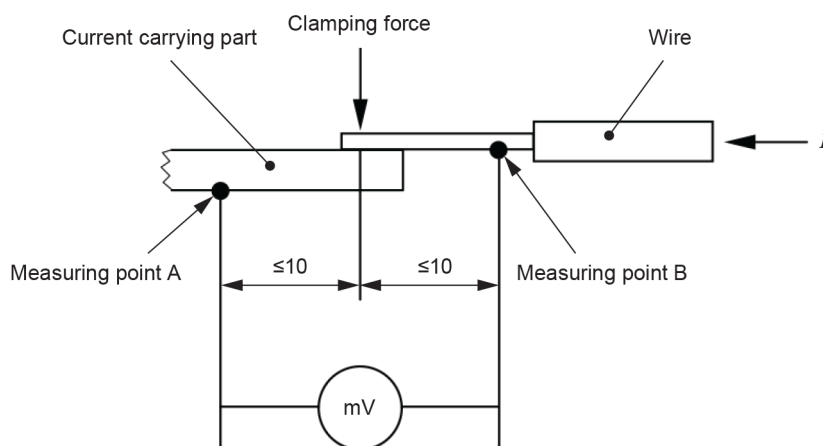


Figure 5 – Voltage drop measurement at contact point of the clamping terminal

NOTE 1 Usually it is possible to equip an equipment with many different types of wires (stranded, solid, flexible etc.) which results in a sufficient number of tests for the same terminal.

NOTE 2 Particular testing method with conductor cross sections larger than 10 mm² is under consideration.

NOTE 3 The device sample can be provided with holes or equivalent arrangements which provide measurement access points for the voltage drop on the terminal.

9.2.3 Ageing test for screwless-type clamping units

Subclause 9.2.5.8 of IEC 60947-1:2020 applies with the following change:

The test shall be done on the device equipped with the clamping units.

The test current is I_{th} or for a separately mounted overload relay, its maximum current setting.

NOTE The device sample can be provided with holes or equivalent arrangements which provide measurement access points for the voltage drop on the terminal.

9.2.4 Limited energy source test

A limited energy source circuit shall be tested as follows, with the equipment operating under normal operating conditions.

In case the limited energy source requirement depends on overcurrent protective device(s), the device(s) shall be short-circuited.

With the equipment operating under normal operating conditions, a variable resistive load is connected to the parts under consideration and adjusted to obtain a level of required limited apparent power (VA). Further adjustment is made, if necessary, to maintain the limited apparent power (VA) for a period specified in 8.1.14.

A variable resistive load is connected to the circuit under consideration and adjusted to obtain the limit of apparent power as indicated in Table 19, Table 20, or Table 21, as applicable. Further adjustment is made, if necessary, to maintain the limit of apparent energy for the time period indicated in Table 19, Table 20, or Table 21, as applicable.

The test is passed, if after the test period the available apparent power does not exceed the limits indicated in Table 19, Table 20, or Table 21, as applicable.

In case the limited energy source requirement depends on overcurrent protective device(s), the current rating of at least one of the protective device(s) in the current path shall not exceed the limit in Table 20.

These tests shall be conducted under the most unfavourable combination within the manufacturer's operating specifications of the parameters as listed in 5.5.

9.2.5 Breakdown of components

9.2.5.1 General

The breakdown of a component, identified as a result of the circuit analysis of 8.1.16, shall be tested with the equipment operating with the load creating the most severe condition.

NOTE A possible loss of main function is acceptable.

The test is not required:

- when circuit analysis indicates that no other component or portion of the circuit will be overloaded as a result of open- or short-circuit failure mode of another component;
- for components in circuits supplied by limited energy sources in compliance with 8.1.14;
- on power semiconductor devices when equivalent testing is accomplished during short-circuit tests;
- for components that have previously been positively evaluated considering their failure modes and the circuit conditions in which the component is used within the device.

9.2.5.2 Breakdown of components test

Each identified component shall be subjected to a breakdown of components test in open- and or short-circuit failure modes, whichever is most severe.

NOTE 1 The breakdown of components test can be done only with those circuits of the device that can affect the result of the test being fully energized and in operation.

During this test, there shall be no emission of flame or molten metal, nor ignition of cotton. The fusible element shall not open.

Components, such as capacitors or diodes, are short- or open-circuited. For device without a dedicated enclosure, an outer metal enclosure or a wire mesh cage (with surrounded cotton on the cage) that is 1,5 times the size of the device (or different, according to product documentation) shall be provided to simulate the potential grounded parts around the device. In case of dedicated enclosure, the cotton shall be placed over all openings. The outer dedicated enclosure or wire mesh cage (when provided) and any grounded or exposed dead-metal part shall be connected through a fusible element F, according to subclause 9.3.4.1.2 d) of IEC 60947-1:2020, to the supply circuit.

NOTE 2 The definition of enclosed equipment is given in Annex C of IEC 60947-1:2020.

9.2.6 Wire flexing test

Following the requirements of 8.1.3, the wiring to components mounted on a door or cover is to be tested by opening the door or cover as far as possible – restraints such as a chain are to remain in place – and then closing it for 500 cycles of operation. Following this test, the equipment shall be subjected to the dielectric voltage withstand test described in 9.3.3.4.1 applied between conductors and between conductors and ground.

9.3 Compliance with performance requirements

9.3.1 Test sequences

Each test sequence is made on a new sample.

For separately mounted overload relays only test sequences 1, 3 and 5 apply.

NOTE 1 With the agreement of the manufacturer, more than one test sequence or all test sequences can be conducted on one sample. However, the tests are 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 can be conducted on separate new samples and omitted from the relevant sequence. This can only apply to the following tests when called for:

- 9.3.3.4.1, item 7) of IEC 60947-1:2020, Verification of creepage distances;
- 9.2.5 of IEC 60947-1:2020, Mechanical and electrical properties of terminals;
- Annex C of IEC 60947-1:2020, Degrees of protection of enclosed equipment.
- 9.3.3.2.1.2 Coil power consumption

The test sequence shall be as follows:

a) Test sequence 1

- 1) verification of temperature-rise (see 9.3.3.3);
- 2) verification of operation and operating limits (see 9.3.3.1 and 9.3.3.2);
- 3) verification of dielectric properties (see 9.3.3.4)

b) Test sequence 2

- 1) verification of rated making and breaking capacities, change-over ability and reversibility, where applicable (see 9.3.3.5);
- 2) verification of conventional operational performance (see 9.3.3.6).

c) Test sequence 3

- 1) performance under short-circuit conditions (see 9.3.4);
- 2) co-ordination tests between AC-3e rated starter and associated SCPD (see 8.2.5.3)

d) Test sequence 4 (applicable to contactors and IMPSD)

verification of ability to withstand overload currents (see 9.3.5);

e) Test sequence 5

- 1) verification of mechanical properties of terminals according to 9.2.5 of IEC 60947-1:2020, 9.2.2 and 9.2.3;
- 2) verification of degrees of protection of enclosed contactors and starters (see Annex C of IEC 60947-1:2020).

There shall be no failure in any of the tests.

9.3.2 General test conditions

Subclause 9.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

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

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

Unless otherwise specified in the relevant test subclause, the clamping torque for connections shall follow the values specified in the product documentation or, if not specified, the torque given in Table 4 of IEC 60947-1:2020.

A manual starter with dependent manual operation (see 3.6.12 of IEC 60947-1:2020) shall be operated with an operating speed of $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$, this speed being measured where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the starter. For rotary handles the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the starter.

Unless otherwise specified, tests of MPSD shall be performed with the maximum rated operational current(s) of a given physical size and similar construction, and are deemed to cover all rated currents of that physical size and construction.

NOTE "Similar construction" means the changes will have no negative impact on the performance of the equipment. For example, no change in the current carrying parts except current sensing means (e.g. bimetal), arc chamber, etc.

MPSD for unearthed or impedance earth systems (IT) shall be tested according to P.4.

9.3.3 Performance under no load, normal load and overload conditions

9.3.3.1 Operation

It shall be verified that contactors, overload relay and starters operate according to the requirements of 8.2.1.1.2.

To verify the insensitivity of the starter to contactor operation, the starter shall be loaded to attain a steady state temperature as stated in 8.2.2 and the contactor operated in the normal switching sequence three times without intentional delay between operations. The starter shall not trip due to the contactor operation.

When the overload relay has a combined stop and reset actuating mechanism, with the contactor closed, the resetting mechanism shall be operated and this shall cause the contactor to drop out. When the overload relay has either a reset only or separate stop and reset actuating mechanisms, with the contactor closed and the resetting mechanism in the reset position, the tripping mechanism shall be operated and the contactor shall have been caused to drop out. These tests are to verify that the overload tripping action cannot be defeated by holding the resetting mechanism in the reset position.

In the case of rheostatic rotor starters, tests shall be performed to verify that the time setting of time-delay relays and the calibration of any other devices used for controlling the rate of starting are within the limits stated in the product documentation.

The value of the starting resistors shall be verified for each section to be within $\pm 10 \%$ of the stated figures.

It shall also be verified that the rotor switching devices cut out the steps of resistors in the correct sequence.

It shall also be verified that the open-circuit voltages on the tapping terminals of the auto-transformer are in accordance with the designed figures and that the phase sequence at the motor terminals of the two-step auto-transformer starter is correct in both the starting and ON positions of the starter.

9.3.3.2 Operating limits

9.3.3.2.1 Power-operated equipment

9.3.3.2.1.1 General

Contactors and starters shall be tested to verify their performance according to the requirements given in 8.2.1.2.

The drop out test requirements of 9.3.3.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.2.1.2 Coil power consumption

9.3.3.2.1.2.1 General

The characteristics of the power, supplying a coil, necessary for the electromagnet of a contactor shall be determined for both the holding power and the pick-up power.

For a given frame size, in the case where different coils cover a range of voltages, all n coils but not more than 5 coils numbered i shall be tested as follows:

The coil with the lowest rated control circuit supply voltage U_s , the coil with the highest rated control circuit supply voltage U_s , plus the other coils deemed to be representative of the coils with the highest calculated hold power.

The test shall be performed at ambient temperature $+23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. The test shall be made without any load in the main and auxiliary circuits. The electromagnet shall be supplied with the rated control circuit supply voltage U_s with a tolerance of $\pm 3\%$ and at the rated frequency. The power supply shall be delivered from an AC-transformer and shall have a total voltage harmonic distortion ratio lower than 5 %. The short-circuit power of this transformer shall be greater than 5 times the pickup power of the electromagnet under test.

For a given coil, where a voltage range is declared, the test shall be made at the highest voltage at the respective frequency.

For alternating current controlled electromagnet, the measured values shall be obtained with an RMS measurement method covering at least a bandwidth from 0 Hz to 10 kHz for voltage and current separately.

For direct current controlled electromagnet, the measured values shall be obtained as an average value. The power supply shall have:

- the capability to deliver 5 times the higher pickup power of the electromagnet under test, and
- a voltage ripple less than 10 % under full load.

NOTE Dimension of 5 times the pickup power is intended to ensure the correct measurement method.

For alternating current as well as direct current controlled electromagnet, the resulting power values shall be given within a measurement uncertainty better than 5 %.

For electronically controlled electromagnet, the measurement method shall cover a bandwidth of at least 0 Hz to 100 kHz (AC+ DC) but not less than ten times the electronic control switching rate.

The declared value in 6.1.2 o) shall be equal or higher than the average value of the tested coils. When the standard deviation of the measured values is equal or greater than 10 %, multiple values shall be declared.

9.3.3.2.1.2.2 Holding power for conventional and electronically controlled electromagnet

The current measurement $I_{(i)}$ of the coil shall be performed after the electromagnet has been energized and has reached steady state conditions (change in amplitude of the measured current is less than 4 % for the last five seconds or stable temperature).

The holding power consumption is defined as follows:

$S_{h(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [VA] for alternating current controlled electromagnet;

$P_{c(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [W] for direct current controlled electromagnet;

$S_h = \sum (U_{s(i)} \times I_{(i)}) / n$ [VA] respectively $P_c = \sum (U_{s(i)} \times I_{(i)}) / n$ [W] where n is the number of tested coils.

For electronically controlled electromagnet with alternating current and direct current ratings, the measurement should be performed for both ratings.

NOTE 1 The power dissipation for an alternating current controlled electromagnet can also be expressed in [W], taking into account the power factor.

NOTE 2 Unless otherwise stated in the product documentation, for direct current conventional controlled electromagnet, the pickup power P_c is equal to the holding power P_c .

9.3.3.2.1.2.3 Pickup power for direct current controlled electromagnet with separate pick-up and hold-on windings or alternating current controlled conventional electromagnet

The pickup measurement shall be performed directly after the measurement of the hold current (see 9.3.3.2.1.2.2).

The contactor has been held in the OFF position and re-energized. The current measurement of $I_{(i)}$ of each coil shall be performed after the electromagnet has been energized.

The pick-up power consumptions is defined as follows:

$S_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}|$ [VA]

$S_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| / n$ [VA], where n is the number of tested coils.

$P_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}|$ [W]

$P_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| / n$ [W], where n is the number of tested coils.

For direct current controlled electromagnet, the power consumption should be expressed in VA in order to represent the total apparent power because of its nonlinear waveform but it may also be expressed in W.

NOTE 1 Depending on the design of the contactor especially with separate pick-up and hold-on windings, care is taken not to burn the coil by taking a short measurement (electromagnet energized for less than 1 s or 2 times the pick-up time published by the manufacturer if greater than 1 s).

NOTE 2 In case of any time-dependent control function to switch from pick-up to hold-on, this function is disabled, or the measuring period ends at this point.

9.3.3.2.1.2.4 Pick-up power for electronically controlled electromagnet

The pick-up measurement shall be performed directly after the measurement of the hold current according to 9.3.3.2.1.2.2.

The contactor has been held in the OFF position and re-energized for the time necessary to perform the complete pick-up procedure.

The RMS value of the current $I_{(i)}$ of each coil shall be measured during the whole time the electromagnet has been energized at its maximum power and has reached steady state conditions which is defined as a variation of the measured current less than 4 % for at least three half waves in case of AC, or for at least 30 ms in case of DC.

The pick-up power consumption $S_{p(i)}$ of a coil is defined as an RMS value.

NOTE 1 Depending on the design of the contactor, care is taken not to burn the coil by taking a short measurement (electromagnet energized for less than 1 s or 2 times the pick-up time published by the manufacturer).

NOTE 2 In case of any time-depended control function to switch from pick-up mode to holding mode, this function is disabled, or the measuring period ends at this point.

NOTE 3 In case the electronic control contains any intelligence which influences the power consumption during pick-up, the worst-case condition is chosen for this measurement.

The pick-up power consumption S_p is defined as follows:

$$S_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}| \text{ [VA]}$$

$$S_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| / n \text{ [VA]}, \text{ where } n \text{ is the number of tested coils}$$

NOTE 4 The control voltage U_s is taken as constant and as a RMS value.

NOTE 5 It is possible to evaluate this pick-up power by a RMS value calculation of an oscilloscope directly or by any other numerical calculation.

For a given coil, where a voltage range is declared, the test shall be carried out at the lowest and the highest value of the voltage range. The maximum of these determined values is assumed as the pick-up power S_p . For all kind of control variants (AC or DC), the pick-up power is preferably expressed in VA in order to represent the total apparent power because of its nonlinear waveform but it may also be expressed in W.

Beside evaluating the pick-up power, it shall be proved that the absolute value of possible occurring current peaks during the whole pick-up process are less or equal the following envelope curve of the peak ratio (ratio of the peak value of the current over the evaluated RMS value S_p divided by the supply voltage U_s).

Peaks duration range (ms)	Maximum peak ratio
From 0 to and including 0,1	7
Larger than 0,1	4
Larger than 1	2
Larger than 5	1,5

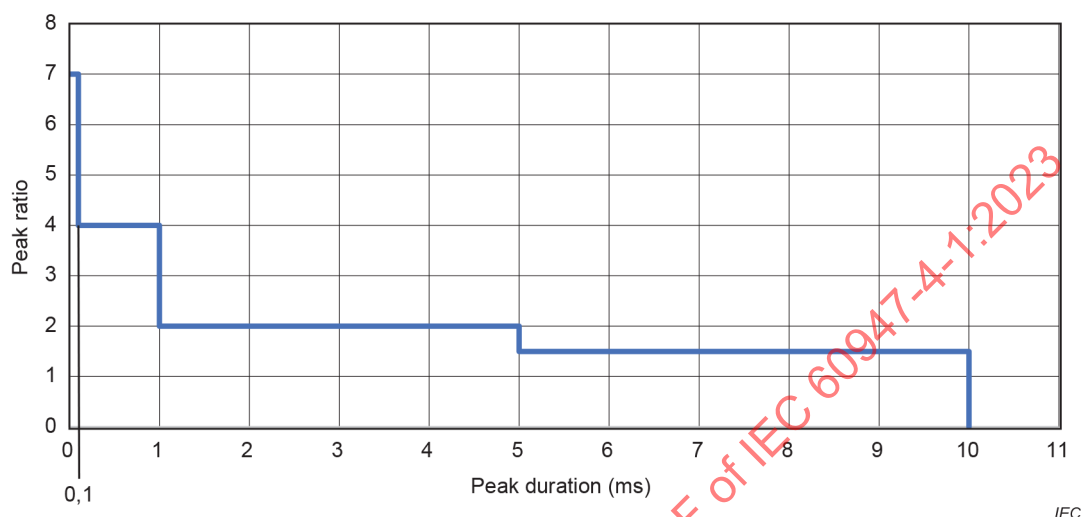


Figure 6 – Peak current envelope

In the case this envelope curve illustrated in Figure 6 is exceeded, these peak values in addition to the pick-up power shall be stated in the product documentation.

NOTE 6 Maximum ratios based on evaluation of several electronic power supplies available on the market.

9.3.3.2.1.3 Pole impedance

Subclause 9.3.3.8 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.2.2 Relays and releases

a) Operation of undervoltage relays and releases

Under-voltage relays or releases shall be tested for compliance with the requirements of 8.2.1.3. When associated with a switching device, the release shall be fitted to the switching device having the maximum current rating for which the release is suitable.

1) Drop-out voltage

The voltage shall be reduced from rated control circuit supply voltage at a rate to reach 0 V in approximately 30 s.

The test for the lower limit is made without previous heating of the release coil. In the case of a release with a range of rated control circuit supply voltage, this test applies to the maximum voltage of the range. When associated with a switching device, the test for the lower limit is made without current in the main circuit.

The test for the upper limit is made starting from a constant temperature corresponding to the application of rated control circuit supply voltage to the release and rated current in the main poles. This test may be combined with the temperature-rise test of 9.3.3.3. In the case of a release with a range of rated control circuit supply voltage, this test is made at the minimum rated control circuit supply voltage.

2) Test for limits of operation when associated with a switching device

Starting with the main circuit open, at the temperature of the test room, and with the supply voltage at 35 % rated maximum control supply voltage, it shall be verified that the switching device cannot be closed by the operation of its actuator. When the supply voltage is raised to 85 % of the minimum control supply voltage, it shall be verified that the switching device can be closed by the operation of its actuator.

3) Performance under overvoltage conditions

When associated with a switching device, the test is made without current in the main circuit. The test at 110 % of the rated supply voltage shall be made for 30 min or until the temperature has reached thermal equilibrium and without impairing its functions. Verification shall be made according 2) above.

b) Shunt-coil operated releases

Shunt releases shall be tested for compliance with the requirements of 8.2.1.4 at the ambient temperature. When associated with a switching device, the release shall be fitted to the switching device having the maximum rated current for which the release is suitable.

In the case of a release having a range of rated control circuit supply voltages, the test voltages shall be 70 % of the minimum rated control circuit supply voltage and 110 % of the maximum rated control voltage.

c) Thermal, electronic and time-delay magnetic overload relays

Overload relays and starters shall be connected using conductors in accordance with Table 9 with a minimum cross-section of 1 mm², Table 10 and Table 11 of IEC 60947-1:2020 for test currents corresponding to:

- 100 % of the current setting of the overload relay for overload relays of trip classes 2, 3, 5 and 10A for all overload relay types (see Table 2) 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 2) 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 with all poles energized.

The characteristics defined in 8.2.1.5.1 shall be verified at –5 °C, +20 °C, +40 °C. In addition, any declared time-current characteristics outside the –5 °C, +40 °C range shall be verified at minimum and maximum temperatures. However, for relays or releases declared compensated for ambient temperature where the temperature range declared in the product documentation is outside the range given in Table 3, then the characteristics at –5 °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 –5 °C and/or +40 °C in that Table 3.

For electronic overload relays, the thermal memory test verification of 8.2.1.5.1.2 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 8.2.1.5.2 on all combinations of poles and at the maximum and minimum current settings for relays with adjustable settings.

d) Instantaneous magnetic overload relays

Each relay shall be tested separately. The current through the relay shall be increased at a rate suitable for an accurate reading to be made. The values shall be as stated in 8.2.1.5.3.

e) Short-circuit releases

Subclause 9.3.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

The ambient air temperature shall be measured as for the temperature-rise tests (see 8.2.2). Any separate release shall be mounted as under normal service conditions. The complete MPSP shall be mounted in accordance with 8.2.2.

For MPSD with adjustable short-circuit releases, tests shall be made at:

- 1) minimum current setting; and
- 2) maximum current setting,

in each case with conductors corresponding to the rated operational current I_e .

For tests for which the tripping characteristic is independent of the temperature of the terminals (e.g. electronic overload releases, magnetic releases), connection data (type, cross-section, length) may be different from those required in 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020.

The tests can be made at any convenient voltage.

The operation of short-circuit releases shall be verified at 80 % and 120 % of the short-circuit current setting of the release. The test currents shall have no asymmetry.

At a test current having a value equal to 80 % of the short-circuit current setting, the release shall not operate, the current being maintained for 0,2 s.

At a test current having a value equal to 120 % of the short-circuit current setting, the release shall operate within 0,2 s.

For MPSD with an electronic overcurrent release, the operation of the short-circuit releases may be verified by one test only on each pole individually.

For MPSD with electromagnetic overcurrent releases, the operation of multipole short-circuit releases shall be verified by one test only on each combination of two phase poles in series. In addition, the operation of the short-circuit releases shall be verified once on each pole individually, at 120 % of either the value declared in the product documentation for individual poles, or the short-circuit current setting (if no value is declared for individual poles), at which value they shall operate within 0,2 s.

f) Under-current relays

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.4.1.

g) Under-current relays in automatic change-over

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.4.2.

h) Stall relays

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

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 mean, 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.

i) Jam relays

The limits of operation shall be verified in accordance with 8.2.1.5.6.

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 8.2.1.5.6.

9.3.3.2.3 Verification of main contact position for manual starter and MPSD suitable for isolation

For manual starter and MPSD suitable for isolation, a test shall be made to verify the effectiveness of the indication of the main contact position in accordance with 9.2.6 of IEC 60947-1:2020.

NOTE For manual starter and MPSD in accordance with this document the operating handle of which moves rotating around an axis, the term "extremity" in 9.2.6.2.1 of IEC 60947-1:2020 is the maximum lever arm length perpendicular to this axis.

9.3.3.3 Temperature-rise

9.3.3.3.1 Ambient air temperature

Subclause 9.3.3.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.3.2 Measurement of the temperature of parts

Subclause 9.3.3.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.3.3 Temperature-rise of a part

Subclause 9.3.3.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.3.4 Temperature-rise of the main circuit

Subclause 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020 applies with a minimum cross-section test copper conductor of 1 mm² and the following additions.

The main circuit shall be loaded as stated in 8.2.2.5. 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. The starter shall be fitted with an overload relay complying with 5.7.4 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 made 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.
The test shall be made with that overload relay for which the current setting is nearest to the maximum of its scale.

NOTE 1 The selection method described above is designed to ensure that the temperature-rise of the 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 contactor. In cases where the effect of the overload relay on these values is insignificant (i.e. electronic overload relays), the test current can always be the maximum operational current of the starter.

For equipment intended for utilization category AC-6b, the test current for the temperature-rise test shall be equal to 1,35 times I_e (the rated capacitive current). I_e shall be calculated as follow:

- $I_e = Q \text{ (var)} / U_e$ for single-phase rating, where U_e is the minimum rated voltage;
- $I_e = Q \text{ (var)} / (U_e \times \sqrt{3})$ for three-phases rating, where U_e is the minimum rated voltage.

NOTE 2 This calculation is based on a thermal factor due to the capacitor tolerance (15 %) plus the harmonic effect.

The test shall be done with cross section of conductor based on 1,35 times I_e (the rated capacitive current).

9.3.3.3.5 Temperature-rise of control circuits

Subclause 9.3.3.3.5 of IEC 60947-1:2020 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 9.3.3.3.6 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The coil with the highest measured holding power consumption, for a given frequency AC or DC, according to 9.3.3.2.1.2.2 is deemed to be representative for all coils, for the same contactor, and shall be used for the temperature-rise test.

- a) Electromagnets of contactors or starters intended for uninterrupted or 8 h duty are subjected only to the conditions prescribed in 8.2.2.7.1, with the corresponding 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.
- b) Electromagnets of contactors or starters intended for intermittent duty shall be subjected to the test as stated above, and also to the test prescribed in 8.2.2.7.2 dealing with their duty class, with no current flowing through the main circuit.
- c) Specially rated (temporary and periodic duty) windings shall be tested as stated in 8.2.2.7.3, without the current in the main circuit.

9.3.3.3.7 Temperature-rise of auxiliary circuits

Subclause 9.3.3.3.7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

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

9.3.3.3.8 Temperature-rise of starting resistors for rheostatic rotor starters

The temperature-rise of resistors shall not exceed the limits specified in Table 3 of IEC 60947-1:2020, when the starter is operated at its rated duty (see 5.3.4) and according to its starting characteristics (see 5.3.5.5.2).

The current through each section of the resistors shall be thermally equivalent to the current during the starting time when the controlled motor is operating with the maximum starting torque and the starting time for which the starter is rated (see 5.3.4 and 5.3.5.5.2); in practice, the current value I_m can be used.

Starting operations shall be evenly spaced in time according to the number of starts per hour.

The temperature-rise of the enclosures and of the issuing air shall not exceed the limits specified in Table 3 of IEC 60947-1:2020.

NOTE It is not practical to test the performance of starting resistors of every combination of motor output and rotor voltage and current; a sufficient number of tests can be made to prove, by interpolation or deduction, compliance with this document.

9.3.3.3.9 Temperature-rise of the auto-transformer for two-step auto-transformer starters

The temperature-rise of the auto-transformer shall not exceed the limits specified in Table 5 increased by 15 K (see 8.2.2) and those specified in Table 3 of IEC 60947-1:2020, when the starter is operated at its rated duty (see 5.3.4).

The current through each winding of the auto-transformer shall be thermally equivalent to the current carried when the controlled motor is operating with the maximum starting current and starting time for which the starter is rated (see 5.3.5.5.4); this condition is assumed to be reached when the current drawn from the auto-transformer during the starting time is equal to the maximum starting current specified in 5.3.5.5.3 multiplied by:

$$0,8 \times \frac{\text{starting voltage}}{U_e} \quad (\text{see 5.3.1.4})$$

The operating cycles shall be evenly spaced in time according to the number of starts per hour (see 5.3.4.3).

In the event of two successive operating cycles (see 5.3.4.3), the temperature-rise of the auto-transformer may exceed the maximum value given in 8.2.2 but no damage shall result to the auto-transformer.

In the case of an auto-transformer with several sets of taps, the test shall be made with the taps giving the highest power loss in the transformer; it shall be made over a period of time sufficient for the temperature-rise to reach a constant value.

In order to facilitate this test, star-connected impedances may be used in place of a motor.

9.3.3.3.10 Temperature-rise of starters declared as suitable for use downstream of a basic drive module (BDM)

For contactors or starters declared as suitable for use downstream of a basic drive module (BDM), the test shall be performed with a basic drive module (BDM) compliant with IEC 61800-5-1 used as the main supply and following the installation instructions of the BDM for limiting the reflected waves. The BDM shall operate in normal operating conditions at the conditions declared in 6.1.2 w). The rated voltage pulse slope is equal to the voltage pulse slope with the maximum dV/dt measured from 10 % to 90 % of the output voltage of the BDM. The measurement method shall cover a bandwidth of at least 0 Hz to 100 kHz but not less than ten times the maximum output pulse frequency of the BDM.

9.3.3.4 Dielectric properties

9.3.3.4.1 Type tests

Subclause 9.3.3.4.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the addition of:

- the following sentences, at the end of item 1):
The metal foil shall be applied to all surfaces where these are likely to be touched by people during normal operation or adjustment of the equipment and where such surfaces can also be touched by the standard test finger.
The metal foil shall not be applied for power frequency withstand verification after switching and short-circuit tests.
- the following sentence, after the second paragraph of item 2) b):
Circuits of a contactor or starter including devices which have been subjected to U_{imp} test voltages lower than those specified in 8.2.3.1 of IEC 60947-1:2020 and 9.3.3.4.2 of IEC 60947-1:2020 may be disconnected for the test, according to the manufacturer's instructions.
- the following sentence, after the paragraph of item 2) c) ii):
Where the control circuit normally connected to the main circuit is disconnected (according to 9.3.3.4.1, item 2) b) of IEC 60947-1:2020), the method used to maintain the main contacts closed shall be indicated in the test report.
- the following sentence at the end of 9.3.3.4.1, item 8) of IEC 60947-1:2020:
For equipment suitable for isolation, the leakage current shall be measured through each pole with the contacts in the open position, at a test voltage of $1,1 U_e$ and shall not exceed 0,5 mA.

Verification of impulse withstand voltage across open contacts is not required for equipment not suitable for isolation (see 9.3.3.4.1, item 2) c) iv) of IEC 60947-1:2020).

9.3.3.4.2 Void**9.3.3.4.3 Void****9.3.3.4.4 Void****9.3.3.4.5 Solid insulation submitted to recurring peak voltage stress**

When applicable as per 8.1.4, a partial discharge test shall be performed with the test conditions of the type test required in IEC 61800-5-1.

9.3.3.5 Making and breaking capacities**9.3.3.5.1 General test conditions**

Subclause 9.3.3.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The tests shall be made, under the operating conditions stated in Table 7, without failure, see 9.3.3.5.5 f).

For a contactor the control supply voltage shall be 100 % of U_s , except that, for the make only test of utilization categories AC-3, AC-3e and AC-4, the control supply voltage shall be 110 % of U_s for half the number of operating cycles and 85 % of U_s for the other half.

Connections to the main circuit shall be similar to those intended to be used when the contactor or starter is in service with the cross-section given in Table 9 with a minimum cross-section of 1 mm², Table 10 and Table 11 of IEC 60947-1:2020 for a utilization category. If necessary, or for convenience, the control and auxiliary circuits, and in particular the coil of the contactor or starter, can be supplied by an independent source. Such a source shall deliver the same kind of current and the same voltage as specified for service conditions.

The overload relay and the SCPD of the starter may be short-circuited for the purpose of carrying out the rated making and breaking capacity tests.

9.3.3.5.2 Test circuit

Subclause 9.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.5.3 Characteristics of transient recovery voltage

Subclause 9.3.3.5.3 of IEC 60947-1:2020 applies to utilization categories AC-2, AC-3, AC-3e, AC-4, AC-8a and AC-8b (see Table 7).

It is not necessary to adjust factor γ or the oscillatory frequency for testing making capacity only (in AC-3, AC-3e and AC-4).

9.3.3.5.4 Void**9.3.3.5.5 Rated making and breaking capacities**

If the contactor in a starter has separately satisfied the requirements of item a) hereafter for the utilization category of the starter, the starter need not be tested.

a) Rated making and breaking capacities of contactors

The contactor shall make and break the current corresponding to its utilization category and for the number of operating cycles given in Table 7. See also item d) hereafter for reversing contactors.

Contactors of utilization categories AC-3, AC-3e and AC-4 shall be subjected to 50 making only operations followed by 50 making and breaking operations.

- b) Rated making and breaking capacity of direct-on-line and reversing starters (AC-3 and AC-3e) and stator switching devices of rheostatic rotor starters (AC-2)

The starter shall make and break the current corresponding to its utilization category for the number of operating cycles given in Table 7.

Starters of utilization category AC-3 and AC-3e shall be subjected to 50 making only operations followed by 50 making and breaking operations.

- c) Rated making and breaking capacities and change-over ability of star-delta starters (AC-3 and AC-3e) and two-step auto-transformer starters (AC-3 and AC-3e)

The starter shall make and break the currents corresponding to its utilization category given in Table 7.

Both the starting and the ON or delta position of the starters shall first be subjected to 50 making only operations, the current being broken by a separate switching device.

The starter shall then be subjected to the 50 making and breaking operations. Each operating cycle shall consist of the following sequences:

- make the current in the starting or star position;
- break the current in the starting or star position;
- make the current in the ON or delta position;
- break the current in the ON or delta position;
- off period.

The load circuit shall be connected to the starter as would be the windings of a motor. The rated operational current of the starter (I_e) is the current in the ON or delta position.

NOTE In the case of star-delta starters, it is important that the test currents be measured in star and delta since the supply impedance has a significant effect on the transformation ratio.

When a transformer has more than one output voltage, it shall be connected to give the highest starting voltage.

The on-time in the starting and ON positions and the off-time shall be as stated in Table 7.

- d) Rated making and breaking capacities of direct-on-line starter with plugging or frequent inching (jogging) (AC-4)

The starters shall make and break the currents given in Table 7.

The 50 making only operations shall be done first, the current being broken by a separate switching device, followed by the 50 making and breaking operations.

The load circuit shall be connected to the starter as would be the windings of a motor.

For starters incorporating two contactors, two contactors A and B shall be used and wired as in normal application. Each sequence of the 50 operations shall be:

close A – open A – close B –
open B – off period

The change-over from "open A" to "close B" shall be made as fast as the normal control system will allow.

Mechanical or electrical interlocking means provided in the starter or available for associating contactors as reversing devices shall be used.

If the reversing circuit arrangement is such that both contactors can be energized simultaneously, ten additional sequences shall be conducted with both contactors energized simultaneously.

- e) Rated making and breaking capacities of the rotor switching devices of a rheostatic rotor starter

Verification of the making and breaking capacities of the rotor switching devices shall be performed as in 9.3.3.5.5 b) for AC-2 category where $I_e = I_{er}$, the maximum rated rotor current for which the starter is designed. $U_e = U_{er}$ (rated rotor operational voltage) and U/U_e shall be 0,8. The power factor shall be 0,95. The starting resistors may be disconnected for these tests and, for starters having more than two steps, the test shall be performed on each switching device in turn. Since the rotor switching devices in starters having more than two steps do not break and make at the full rotor voltage, the voltage for these tests may be reduced in the ratio:

$$\frac{\text{Starting resistance switched}}{\text{Total starting resistance}}$$

When a starter is so connected that the circuit is opened by the stator switch before the rotor switching devices open, no verification of the breaking capacity is necessary.

For rotor switching devices which have previously satisfied the requirements corresponding to those specified above, no further tests are needed.

- f) Behaviour and condition of the contactor or starter during and after the making and breaking capacity, change-over and plugging tests

During the tests within the limits of the specified making and breaking capacities of 9.3.3.5 and the verification of conventional operational performance of 9.3.3.6.1 to 9.3.3.6.6, there shall be no permanent arcing, no flash-over between poles, no blowing of the fusible element in the earth circuit (see 9.3.3.5.2) and no welding of the contacts.

The contacts shall operate when the contactor or starter is switched by the applicable method of control.

9.3.3.6 Operational performance capability

9.3.3.6.1 General

Subclause 9.3.3.6 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Tests concerning the verification of conventional operational performance are intended to verify that a contactor or starter is capable of fulfilling the requirements given in Table 10.

Connections to the main circuit shall be similar to those intended to be used when the contactor or starter is in service with the cross-section given in Table 9 with a minimum cross-section of 1 mm², Table 10 and Table 11 of IEC 60947-1:2020 for a utilization category.

The overload relay and the SCPD of the starter may be short-circuited for the purpose of carrying out the tests.

The test circuit given in 9.3.3.5.2 is applicable and the load is to be tuned according to 9.3.3.5.3.

The control voltage shall be 100 % of the rated control circuit supply voltage.

If the contactor in a starter has separately satisfied the requirements of 9.3.3.6.1 for the utilization category of the starter, the starter need not be tested.

9.3.3.6.2 Conventional operational performance of contactors

The contactor shall make and break the current corresponding to its utilization category and for the number of operating cycles given in Table 10. See also 9.3.3.6.5.

9.3.3.6.3 Conventional operational performance of direct-on-line and reversing starters (AC-3, AC-3e) and stator switching devices of rheostatic rotor starters (AC-2)

The starter shall make and break the current corresponding to its utilization category and for the number of operating cycles given in Table 10.

9.3.3.6.4 Conventional operational performance of star-delta starters (AC-3, AC-3e) and two-step auto-transformer starters (AC-3, AC-3e)

The starter shall make and break the current corresponding to its utilization category for the number of operating cycles given in Table 10.

The test procedure shall be as stated in 9.3.3.5.5, item c), except that the 50 making only operations are not done.

9.3.3.6.5 Conventional operational performance of direct-on-line starter with plugging or frequent inching (jogging) (AC-4)

The starter shall make and break the current corresponding to its utilization category for the number of operating cycles given in Table 10.

The test procedure shall be as stated in 9.3.3.5.5, item d), except that the 50 making only operations and the 10 additional sequences of simultaneous energizing are not done.

9.3.3.6.6 Conventional operational performance of the rotor switching devices of a rheostatic rotor starter

Verification of conventional operational performance of the rotor switching devices shall be performed as in 9.3.3.6.1 for the AC-2 category given in Table 10.

The test procedure shall be as stated in 9.3.3.5.5, item e).

9.3.3.6.7 Behaviour of the contactor or starter during, and its condition after, the conventional operational performance tests

The requirements of 9.3.3.5.5, item f), shall be fulfilled and then the verification of power frequency withstand according to 9.3.3.4.1, item 4), of IEC 60947-1:2020 shall be made.

For equipment suitable for isolation, the leakage current shall be measured through each pole, with the contacts in the open position, at a test voltage of $1,1 U_e$ and shall not exceed 2 mA.

For equipment provided with mirror contacts, the additional test of F.6.3 shall be carried out.

9.3.4 Performance under short-circuit conditions

9.3.4.1 General conditions for short-circuit tests

9.3.4.1.1 General requirements for short-circuit tests

This subclause specifies test conditions for verification of compliance with the requirements of 8.2.5.1. Specific requirements regarding test procedure, test sequences, condition of equipment after the test and types of co-ordination are given in 9.3.4.1 and 9.3.4.2.

The short-circuit test requirements of a MPSD are given in 8.2.4.7.

Subclause 9.3.4.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following modification.

If devices tested in free air can also be used in an individual enclosure, they shall be additionally tested in the smallest of such enclosures stated in the product documentation. For devices tested only in free air, information shall be provided to indicate that the device has not been evaluated for use in an individual enclosure.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed and dimensioned to contain one device (starter, etc.) only.

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

NOTE 2 In North America, open devices are tested in an enclosure of 150 % of the device size when no enclosure is specified in the product documentation.

Enclosed stationary and moveable assemblies shall be tested according to the relevant part of IEC 61439 series.

9.3.4.1.2 Test circuit for the verification of short-circuit ratings

Subclause 9.3.4.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies except that, for type "1" co-ordination, the fusible element F and the resistor R_L are replaced by a solid 6 mm² wire of 1,2 m to 1,8 m in length, connected to the neutral, or with the agreement of the manufacturer, to one of the poles. In the case of pole connection, the pole shall be alternated for the successive tests of the test sequence.

NOTE This larger size of wire is not used as a detector but to establish an "earth" condition allowing the damage to be evaluated.

9.3.4.1.3 Power-factor of the test circuit

Subclause 9.3.4.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

If Table 14 is used, the power factor is given in this table.

9.3.4.1.4 Time-constant of the test circuit

Subclause 9.3.4.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.4.1.5 Calibration of the test circuit

Subclause 9.3.4.1.5 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.4.1.6 Test procedure

Subclause 9.3.4.1.6 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The contactor or the starter and its associated SCPD, or the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, shall be mounted and connected as in normal use with the cross-section given in Table 9 with a minimum cross-section of 1 mm², Table 10 and Table 11 of IEC 60947-1:2020 for a utilization category. They shall be connected in the test circuit using a maximum of 2,4 m of cable corresponding to the operational current of the starter for each main circuit.

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

9.3.4.1.7 Void

9.3.4.1.8 Interpretation of records

Subclause 9.3.4.1.8 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.4.2 Conditional short-circuit current of contactors, starters, combination starters, combination switching devices, protected starters and protected switching devices

9.3.4.2.1 General requirements for the conditional short-circuit current test

The contactor or starter and the associated SCPD, or the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, shall be subjected to the tests given in 9.3.4.2.2 and 9.3.4.2.3. The tests shall be so conducted that conditions of maximum motor current I_e and of maximum U_e are covered.

For a magnetically operated contactor or starter, the magnet shall be held closed by a separate electrical supply at the rated control circuit supply voltage U_s . The SCPD used shall be as stated in 8.2.5.1. If the SCPD is a circuit-breaker or a MPSD with an adjustable current setting, the test shall be done with the circuit-breaker or MPSD adjusted to the maximum setting for the declared type of co-ordination and discrimination.

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.

For type "1" co-ordination, a new test sample may be used for each operation stated in 9.3.4.2.2 and 9.3.4.2.3.

For type "2" co-ordination, one sample shall be used for the tests at the conventional prospective current " r " (see 9.3.4.2.2) and one sample for the tests at current I_q (see 9.3.4.2.3).

By agreement of the manufacturer, the tests at r and I_q may be carried out on the same sample.

9.3.4.2.2 Test at the conventional prospective current " r "

The circuit shall be adjusted to the prospective test current corresponding to the rated operational current I_e according to Table 13 or preferably Table 14 as declared in the product documentation. Both tables are considered equivalent for the equipment to comply with this document.

The contactor or starter and the associated SCPD, or the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, shall then be connected in the circuit. The following sequence of operations shall be performed:

- a) one breaking operation of the SCPD shall be performed with all the switching devices closed prior to the test ("O" operation);
- b) one breaking operation of the SCPD shall be performed by closing the contactor or starter on to the short-circuit ("CO" operation).

Table 13 – Value of the prospective test current according to the rated operational current

Rated operational current I_e^a A	Conventional prospective current "r" kA
$I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\,000$	30
$1\,000 < I_e \leq 1\,600$	42
$1\,600 < I_e$	Subject to agreement between manufacturer and user

^a The rated operational current corresponds to a motor load utilization category, preferably to AC-3. If the contactor or starter is not specified according to any motor utilization category AC-2, AC-3, AC-3e or AC-4, the conventional prospective current "r" shall be subject of agreement between manufacturer and user.

Table 14 – Value of the conventional prospective test current according to the rated operational current (harmonized table)

Rated operational current $I_e^{a, e}$ A	Conventional prospective current "r" kA ^f	Power factor
$I_e \leq 12$	1	0,7 to 0,8
$12 < I_e \leq 50^b$	3	0,7 to 0,8
$50 < I_e \leq 100^c$	5	0,7 to 0,8
$100 < I_e \leq 250^d$	10	0,5 to 0,7
$250 < I_e \leq 500$	18	0,2 to 0,3
$500 < I_e \leq 800$	30	0,2 to 0,3
$800 < I_e \leq 1\,300$	42	0,2 to 0,3
$1\,300 < I_e$	Subject to agreement between manufacturer and user.	0,2 to 0,3

NOTE Table 14 has been introduced for harmonization purpose with UL 60947-4-1 and is equivalent to UL 60947-4-1.

^a The rated operational current corresponds to a motor load utilization category, preferably to AC-3. If the contactor or starter is not specified according to any motor utilization category AC-2, AC-3, AC-3e or AC-4, the conventional prospective current "r" shall be subject of agreement between manufacturer and user.

^b at 690 V and above: $12 < I_e \leq 63$.

^c at 690 V and above: $63 < I_e \leq 125$.

^d at 690 V and above: $125 < I_e \leq 250$.

^e Rated operational current may be marked "motor full load current" in North America.

^f Conventional prospective current "r" is called "standard fault current" in North America.

9.3.4.2.3 Test at the rated conditional short-circuit current I_q

NOTE This test is done if the current I_q is higher than the current "r".

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 permit the maximum peak let-through current (I_p) and the maximum let-through energy (I^2t). The reference of the fuse shall be included in the test report.

The contactor or starter and the associated SCPD, or the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, shall then be connected to the circuit.

The following sequence of operations shall be performed:

- a) one breaking operation of the SCPD shall be performed with all the switching devices closed ("O" operation) prior to the test.
- b) one breaking operation of the SCPD shall be performed by closing ("CO" operation) the contactor or starter on to the short-circuit.
- c) in the case of a combination starter or a protected starter, with the switching device of the SCPD having a short-circuit breaking capacity or rated conditional short-circuit current less than the rated conditional short-circuit current of the combination starter or protected starter the following additional test shall be made. One breaking operation of the SCPD shall be performed by closing ("CO" operation) the switching device (switch or circuit-breaker) on to the short-circuit, the contactor or starter already being closed. This operation can be performed either on a new sample (starter and SCPD) or on the first sample with the agreement of the manufacturer. After this operation only conditions a) to g) of 9.3.4.2.4 shall be verified.

9.3.4.2.4 Results to be obtained

The contactor, starter, or the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, shall be considered to have passed the tests at the conventional prospective current " r " and, where applicable, the conditional current I_q , if the following conditions are met for the claimed type of co-ordination.

Both types of co-ordination (all devices):

- a) The fault current has been successfully interrupted by the SCPD, the combination starter or the combination switching device and 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 the enclosure is considered acceptable provided that 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.

Both types of co-ordination (combination starters, combination switching devices, protected starters and protected switching devices only):

- e) The circuit-breaker, MPSP or the switch is capable of being opened manually by its operating means.
- f) Neither end of the SCPD is completely separated from its mounting means to an exposed conductive part.
- g) If a circuit-breaker or MPSP with rated ultimate short-circuit breaking capacity less than the rated conditional short-circuit current assigned to the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device is employed, the circuit-breaker shall be tested to trip as follows:

- 1) circuit-breakers or MPSD with instantaneous trip relays or releases: at 120 % of the trip current.
- 2) circuit-breakers or MPSD with overload relays or releases: at 250 % of the rated current of the circuit-breaker.

Type "1" co-ordination (all devices):

- h) There has been no discharge of parts beyond the enclosure. Damage to the contactor and the overload relay is acceptable. The starter, other than MPSD, may be inoperative after each operation. The starter shall therefore be inspected and the contactor and/or the overload relay and the release of the circuit-breaker shall be reset if necessary and, in the case of fuse protection, all fuse-links shall be replaced.

Type "1" co-ordination (combination and protected starters only):

- i) The adequacy of insulation in accordance with 9.3.3.4.1, item 4), of IEC 60947-1:2020 is verified after each operation (at currents " r " and " I_q ") by a dielectric test on the complete unit under test (SCPD plus contactor/starter but before replacement of parts) using a power frequency withstand voltage of twice the rated operational voltage U_e but not less than 1 000 V. The test voltage shall be applied to the incoming supply terminals, with the switch or the circuit-breaker in the open position, as follows:
 - between each pole and all other poles connected to the frame of the starter;
 - between all live parts of all poles connected together and the frame of the starter;
 - between the terminals of the line side connected together and terminals of the other side connected together.

For equipment suitable for isolation, the leakage current shall be measured through each pole, with the contacts in the open position, at a test voltage of $1,1 U_e$ and shall not exceed 6 mA.

Type "2" co-ordination (all devices):

- j) No damage to the overload relay or other parts has occurred, except that welding of contactor or starter contacts, other than MPSD contacts, is permitted, if they are easily separated (e.g. by energizing several times the coil of the contactor or moving the operating means or using a tool such as a screwdriver for separating the welded contact according to the product documentation) without significant deformation (without impairing the insulation of the contactor according to d) and i)), but no replacement of parts is permitted during the test, except that, in the case of fuse protection, all fuse-links shall be replaced.

In the case of welded contacts as described above, the functionality of the device shall be verified by carrying out 10 operating cycles under the conditions of Table 10 for the applicable utilization category.

- k) The tripping of the overload relay shall be verified at a multiple of the current setting and shall comply with the published tripping characteristics, according to 5.7.5, both before and after the short-circuit test.
- l) The adequacy of the insulation in accordance with 9.3.3.4.1, item 4), of IEC 60947-1:2020 shall be verified by a dielectric test on the contactor, the starter, the combination starter, the combination switching device, the protected starter or the protected switching device, using a power frequency withstand voltage of twice the rated operational voltage U_e but not less than 1 000 V.

In the case of combination starters, combination switching devices, protected starters and protected switching devices, additional tests according to 9.3.3.4.1, item 4), of IEC 60947-1:2020 shall be made across the main poles of the device with the contacts of the switch or of the circuit-breaker or MPSD open and the contacts of the starter closed.

For equipment suitable for isolation, the leakage current shall be measured through each pole, with the contacts in the open position, at a test voltage of $1,1 U_e$ and shall not exceed 2 mA.

Fuse-links, if any, are shorted.

9.3.4.3 AC-3e co-ordination test procedure

Test conditions in 9.3.3.5 of IEC 60947-1:2020 apply with the following additions.

- Test procedure: the contactor or starter shall break the test current (I_{cd}) for the number of operating cycles given in Table 15. This is made without the SCPD in the circuit.

Table 15 – Test conditions for I_{cd}

	U_r/U_e	$\cos \phi$	On-time ^b s	Off-time s	Number of operations
I_{cd}	1,05	a	0,05	c	3
^a Power factor to be selected according to Table 16 of IEC 60947-1:2020. ^b Time may be less than 0,05 s provided that contacts are allowed to become properly seated before re-opening. ^c See Table 8.					

- Behaviour of contactors 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 9.3.3.5.2) and no welding of contacts;
 - b) after the test:
 - 1) the contacts shall operate correctly when the contactor or starter is switched by the applicable method of control;
 - 2) the dielectric properties of the contactors and starters shall be verified by a dielectric test on the contactor 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 as specified in 9.3.3.4.1 of IEC 60947-1:2020, item 4).

9.3.5 Overload current withstand capability of contactors and IMPSDs

For the test, the contactor or IMPSD shall be mounted, wired and operated as specified in 9.3.2.

All poles of the equipment are simultaneously subjected to one test with the overload current and duration values stated in 8.2.4.4. The test is performed at any convenient voltage and it starts with the equipment at room temperature.

After the test, the equipment shall be substantially in the same condition as before the test. This is verified by visual inspection.

NOTE The I^2t value (Joule integral) calculated from this test cannot be used to estimate the performance of the equipment under short-circuit conditions.

9.3.6 Routine tests and sampling tests

9.3.6.1 General

The tests shall be carried out under the same conditions as those specified for type tests in the relevant parts of 9.1.2 or under equivalent conditions. 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 can be applied to allow for normal ambient conditions.

If devices are tested separately, their combination shall be tested with the dielectric test and other relevant operational tests. However, if the combination is built up with already tested connection systems or auxiliaries, an additional dielectric test is not necessary.

9.3.6.2 Operation and operating limits

For electromagnetic, pneumatic and electro-pneumatic contactors or starters, tests are carried out to verify operation within the limits specified in 8.2.1.2.

For manual starters, tests are carried out to verify the proper operation of the starter. Manual operation of MPSD shall be verified according to 9.3.6.4.

The calibration of the short-circuit release of a MPSD shall be verified according to 9.3.6.5.

NOTE 1 In these tests, it is not necessary to reach thermal equilibrium. The lack of thermal equilibrium can be compensated by using a series resistor or by appropriately decreasing the voltage limit.

Tests shall be made to verify the calibration of relays. In the case of a time delay overload relay, this can be a single test with all poles equally energized at a multiple of the current setting, to check that the tripping time complies (within tolerances) to the curves supplied in the product documentation; in the case of an instantaneous magnetic overload relay, the test shall be carried out at 1,1 times the current setting. For under-current relays, stall relays and jam relays, tests shall be carried out to verify the proper operation of these relays (see 8.2.1.5.4, 8.2.1.5.5 and 8.2.1.5.6).

NOTE 2 In the case of a time-delay magnetic overload relay comprising a time-delay device working with a fluid dashpot, calibration can be carried out with the dashpot empty, at a percentage of the current setting indicated by the manufacturer and capable of being justified by a special test.

9.3.6.3 Dielectric tests

9.3.6.3.1 General

Subclause 9.3.3.4.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

In the case of a rheostatic rotor starter, all the poles of the rotor switching devices will normally be connected through the starting resistors; the dielectric test is therefore confined to the application of the test voltage between the rotor circuit and the frame of the starter.

The use of the metal foil is not necessary.

NOTE The combined test of 9.3.3.4.2 of IEC 60947-1:2020 is possible.

9.3.6.3.2 Routine power frequency test for devices incorporating voltage limiting components

The device incorporating voltage limiting components shall be tested with the following sequence a) to b):

a) Application of the test voltage

The test shall be performed in accordance with 9.3.3.4.2 2) of IEC 60947-1:2020. The value of the test voltage shall be the U_V RMS value (maximum operational voltage of the voltage limiting components) or the maximum U_V DC value of the voltage limiting components with a tolerance of -10 %.

Acceptance criteria: The overcurrent relay of the test apparatus shall not trip (lower tripping limit).

b) Verification of the proper function of the voltage limiting components

The test shall be performed in accordance with 9.3.3.4.2 2) of IEC 60947-1:2020. The value of the test voltage shall be chosen so that a current is generated between the upper tripping limit and the lower tripping limit of the test apparatus.

Acceptance criteria: The current shall be between a) and b) and the voltage limiting component shall not be damaged.

NOTE The main purpose of this test is to check the proper operation of the voltage limiting component.

9.3.6.4 Mechanical operation tests of a MPSD

The following tests shall be carried out without current in the main circuit, except when required for the operation of releases. During the tests, no adjustments shall be made and the operation shall be satisfactory.

The following tests shall be made:

- two close-open operations;
- two trip-free operations.

NOTE For the definition of a trip-free mechanical switching device, see 3.6.24 of IEC 60947-1:2020.

9.3.6.5 Verification of the calibration of the short-circuit release of a MPSD

The verification of the calibration of the instantaneous short-circuit releases shall check the non-operation and operation of the releases at the values of current given in 9.3.3.2.2 e) without measurement of break time being required.

The tests can be made by loading two poles in series with the test current, using all possible combinations of poles having releases, or by loading each pole having a release individually with the test current.

One method of determining the tripping level consists in applying a slowly rising test current, starting from a value below the lower limit until tripping of the MPSD occurs. Tripping shall occur between the lower and upper limits of test current.

9.4 EMC tests

9.4.1 General

Subclause 9.4 of IEC 60947-1:2020 completed with 9.4.2 and 9.4.3 of this document applies with the following additions.

Where a range of contactors or starters comprise the same control electronics, within the same frame size, it is only necessary to test a single representative sample of the contactor or starter as specified by the manufacturer.

The test report and the instruction manual shall include any special measures that have been taken to achieve compliance, for example the use of shielded or special cables. If auxiliary equipment is used with the contactor or starter in order to comply with immunity or emission requirements, it shall be included in the report and the instruction manual.

The test sample shall be operated with the rated control circuit supply.

9.4.2 Immunity

9.4.2.1 General

The tests of Table 16 are required for equipment intended for electromagnetic environment E-III. For environment E-II and E-IV, the tests methods, test levels and acceptance criteria of Table 2 of IEC TR 63216:2019 apply.

Special requirements are specified from 9.4.2.2 to 9.4.2.10.

If, during the EMC tests, conductors are to be connected to the test sample, the cross-section and the type of the conductors shall be in accordance with the product documentation.

Table 16 – EMC immunity tests

Type of immunity test	Test level required
Electrostatic discharge	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Radiated radio-frequency electromagnetic field	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Electrical fast transient/bursts ^a	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Surges (open circuit voltage 1,2/50 µs – short circuit current 8/20 µs)	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Power frequency magnetic fields	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Conducted disturbances induced by radio-frequency fields	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Voltage dips and short-time interruptions	Corresponding test level of Table 23 of IEC 60947-1:2020 applies.
Harmonics in the supply	9.4.2.10
^a The contactor shall be operated at least one time during the test and the overload relay is loaded at 0,9 times the current setting with a maximum of 100 A.	

9.4.2.2 Performance of the test sample during and after the test

The equipment shall perform according to the acceptance criteria given in Table 12. After the tests the operating limits of 9.3.6.2 shall be verified at ambient temperature.

9.4.2.3 Electrostatic discharge

Subclause 9.4.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Discharges shall be applied only to points which are accessible during normal usage. Tests are not required on power terminals and IP00 device (open frame or chassis unit). In this last case, instructions shall be provided with the equipment on how to mitigate the possibility of damage due to static discharge.

The contactor or starter shall comply with performance criterion B of Table 12.

9.4.2.4 Radiated radio-frequency electromagnetic field

Subclause 9.4.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The contactor or starter shall comply with performance criterion A of Table 12.

9.4.2.5 Conducted disturbances induced by radio-frequency fields

Subclause 9.4.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The contactor or starter shall comply with performance criterion A of Table 12.

9.4.2.6 Electrical fast transient/bursts

Subclause 9.4.2.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The contactor or starter shall be operated at least one time during the test and the overload relay is loaded at 0,9 times the current setting with a maximum of 100 A.

The contactor or starter shall comply with performance criterion B of Table 12.

9.4.2.7 Surges (open circuit voltage 1,2/50 μ s – short circuit current 8/20 μ s)

Subclause 9.4.2.6 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The contactor or starter shall comply with performance criterion B of Table 12.

9.4.2.8 Power frequency magnetic fields

Subclause 9.4.2.7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The contactor or starter shall comply with performance criterion A of Table 12.

9.4.2.9 Voltage dips and short-time interruptions

Subclause 9.4.2.8 of IEC 60947-1:2020 applies with the performance criterion C of Table 12 except for 1 cycle for which the performance criterion B of Table 12 applies.

NOTE The limit of 16 A related to the test standard applies to the power consumption of the contactor or starter and not to its rated operational current representing the switched load.

For contactors only the general criteria of Table 12 apply.

9.4.2.10 Harmonics in the supply

For starters with electronic over-current release, the true RMS response, in order to avoid unwanted tripping at 0,9 times the current setting for 10 times the tripping time, shall be verified up to the fifth harmonic component at 50 % of the fundamental component:

- by test according to F.4.1 of IEC 60947-2:2016 if applicable; or
- by simulation, using models for which the validity has to be demonstrated; or
- by design assessment, i.e. confirmation of the correct application of calculations and design rules, including use of appropriate safety margins.

NOTE Current waveform asymmetry, typically in case of failure of a power semiconductor connected on the network, is creating a significant unbalance and can affect the current detection of an electronic overload protection and therefore a true RMS measurement is relevant.

9.4.3 Emission

9.4.3.1 General emission test conditions

The description of the test, the test method and the test set-up shall be performed according to Clause 7 of CISPR 11:2015 and CISPR 11:2015/AMD1:2016 for test site with exclusion of the first and second paragraphs of its subclause 7.1.

9.4.3.2 Conducted radio-frequency emission tests

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

To pass the test, the equipment shall not exceed the levels given in Table 17.

Table 17 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (for mains ports)

Frequency band MHz	Class A equipment dB(μV)	Class B equipment dB(μV)
0,15 to 0,5	79 quasi-peak 66 average	66 to 56 quasi-peak 56 to 46 average (decrease with log of frequency)
0,5 to 5,0	73 quasi-peak 60 average	56 quasi-peak 46 average
5 to 30	73 quasi-peak 60 average	60 quasi-peak 50 average

NOTE Limits are in accordance with CISPR 11:2015 and CISPR 11:2015/AMD1:2016, Group 1 for mains input ports and total rated power less than 20 kVA.

9.4.3.3 Radiated radio-frequency emission tests

Tests are required where the control and auxiliary circuits contain components with fundamental switching frequencies greater than 9 kHz, for example switch-mode power supplies, etc.

The emission shall not exceed the levels given in Table 18.

Table 18 – Radiated emission test limits

Frequency range MHz	Class A equipment ^a Quasi-peak dB (μV/m)			Class B equipment ^a Quasi-peak dB (μV/m)	
	at 30 m	at 10 m	at 3 m	at 10 m	at 3 m
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).

Annex A (normative)

Marking and identification of terminals of contactors, starters and associated overload relays

A.1 General

Annex L of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

A.2 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 according to Figure A.1.

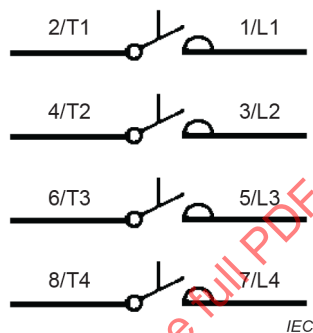


Figure A.1 – Main circuit

NOTE The present alternative methods of marking, i.e. 1-2 and L1-T1, will be progressively superseded by the new method above.

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

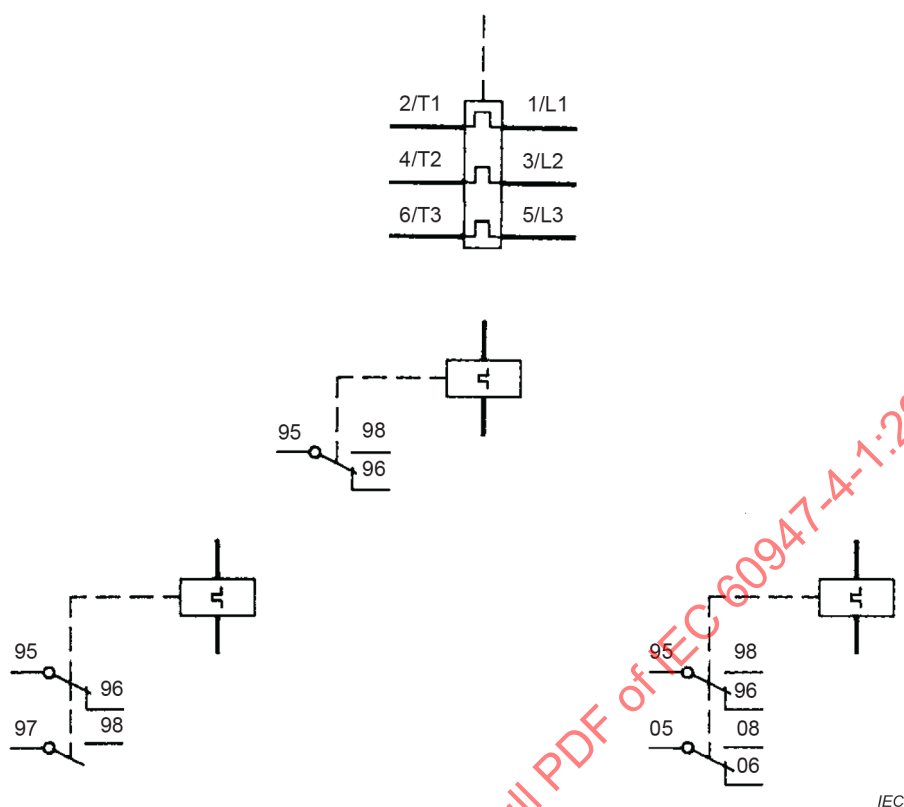
A.3 Marking and identification of terminals of overload relays

The terminals of the main circuits of overload relays shall be marked in the same manner as the terminals of the main circuits of contactors (see A.1). Examples are given in Figure A.2.

The terminals of the auxiliary circuits of overload relays shall be marked in the same manner as the terminals of the auxiliary circuits of contactors with specified functions (see L.3.2 of IEC 60947-1:2020).

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

EXAMPLES



IEC

Figure A.2 – Overload relays

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

Annex B (normative)

Special tests

B.1 General

Special tests are required when mechanical (B.2) or electrical durability (B.3) data or crossover current (B.4) is given in the documentation of the equipment.

B.2 Mechanical durability

B.2.1 General

By convention, the mechanical durability of a design of contactor or starter is defined as the number of no-load operating cycles which would be attained or exceeded by 90 % (AQL 10 %) of all the apparatus of this design before it becomes necessary to service or replace any parts (including electronic parts of electronically controlled electromagnet and any mechanical part); however, normal maintenance according to the information given in the product documentation (including replacement of contacts), as specified in B.2.2.1 and B.2.2.3, is permitted.

NOTE This method is different than the method of Annex K, for which the value obtained can be different.

The preferred numbers of no-load operating cycles, expressed in millions, are:

0,001 – 0,003 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 – 1 – 3 and 10.

B.2.2 Verification of mechanical durability

B.2.2.1 Condition of the contactor or starter for tests

The contactor or starter shall be installed as for normal service; in particular, the conductors shall be connected in the same manner as for normal use.

During the test, there shall be no voltage or current in the main circuit. The contactor or starter may be lubricated before the test if lubrication is prescribed in normal service.

B.2.2.2 Operating conditions

The coils of the control electromagnets shall be supplied at their rated voltage and, if applicable, at their rated frequency.

If a resistance or an impedance is provided in series with the coils, whether short-circuited during the operation or not, the tests shall be carried out with these elements connected as in normal operation.

Pneumatic and electro-pneumatic contactors or starters shall be supplied with compressed air at the rated pressure.

Manual starters shall be operated as in normal service.

B.2.2.3 Test procedure

- a) The tests are carried out at the frequency of operations corresponding to the class of intermittent duty. However, if the manufacturer considers that the contactor or starter can satisfy the required conditions when using a higher frequency of operations, he may do so.

- b) In the case of electromagnetic and electro-pneumatic contactors or starters, the duration of energization of the control electromagnet shall be greater than the time of operation of the contactor or starter and the time for which the electromagnet is not energized shall be of such a duration that the contactor or starter can come to rest at both extreme positions.

The number of operating cycles to be carried out shall be not less than the number of no-load operating cycles stated in the product documentation.

The verification of mechanical durability may be made separately on the various components of the starter which are not mechanically linked together, unless a mechanical interlock not previously tested with its contactor is involved.

- c) For contactors or starters fitted with releases with shunt coils or under voltage releases, at least 10 % of the total number of opening operations shall be performed by these releases.
- d) After each tenth of the total number of operating cycles given in B.2.1 has been carried out, it is permissible before carrying on with the test:
- to clean the whole contactor or starter without dismantling;
 - to lubricate parts for which lubrication is prescribed in the product documentation for normal service;
 - to adjust the travel and the pressure of the contacts if the design of the contactor or starter enables this to be done.
- e) This maintenance work shall not include any replacement of parts.
- f) In the case of star-delta starters, the built-in device causing time-delay between closing on star connection and closing on delta connection, if adjustable, may be set at its lowest value.
- g) In the case of rheostatic starters, the built-in device causing time-delay between closing of the rotor switching devices, if adjustable, may be set at its lowest value.
- h) In the case of auto-transformer starters, the built-in device causing time-delay between closing on the starting position and closing on the ON position, if adjustable, may be set at its lowest value.

B.2.2.4 Results to be obtained

Following the tests of mechanical durability, the contactor or starter shall still be capable of complying with the operating conditions specified in 9.3.6.2 and 9.3.6.3 at room temperature.

Any timing relays or other devices for the automatic control shall still be operating.

B.2.2.5 Statistical analysis of test results for contactors or starters

The mechanical durability of a design of a contactor or starter is assigned in the product documentation and verified by a statistical analysis of the results of the tests.

For contactors or starters which are produced in small quantities, the tests described in B.2.2.6 and B.2.2.7 do not apply.

However, for contactors or starters which are produced in small quantities and which also differ from a basic design only by minor variations without notable influence on characteristics, the mechanical durability can be assigned on the basis of experience with similar designs, analysis, properties of materials, etc., and on the basis of the analysis of test results on large quantity production of the same basic design.

After this assignment, one of the two tests described below shall be performed. It should be selected as being the most suitable in each case, for example according to the quantities of planned production or according to the conventional thermal current.

NOTE 1 This test is not intended to be a lot-by-lot or production acceptance test for application by the user.

NOTE 2 The single 8 test and the double 3 test are both given in ISO 2859-1:1999 (see Table 10-C-2 and Table 10-D-2). These two tests have been chosen with the objective of basing them on testing a limited number of contactors or starters on essentially the same statistical characteristics (acceptance quality level: 10 %).

B.2.2.6 Single 8 test

Eight contactors or starters shall be tested to the assigned mechanical durability.

If the number of failures does not exceed two, the test is considered passed.

B.2.2.7 Double 3 test

Three contactors or starters shall be tested to the assigned mechanical durability.

The test is considered passed if there is no failure, and failed if there is more than one failure. Should there be one failure, then three additional contactors or starters are tested up to assigned mechanical durability and, providing there is no additional failure, the test is considered passed. The test is failed if at any time there is a total of two or more failures.

B.2.2.8 Other methods

Other methods given in ISO 2859-1 may also be used. The maximum acceptance quality level shall be 10 %. The chosen method shall be indicated in the test report. Methods given in IEC 61649 can also be used.

B.3 Electrical durability

B.3.1 General

With respect to its resistance to electrical wear, a contactor or starter is by convention characterized by the number of on-load operating cycles corresponding to the different utilization categories given in Table B.1 which can be made without repair or replacement.

Since, for star-delta, two-step auto-transformer and rheostatic rotor starters, the operation is subjected to large variations in the service conditions, it is deemed convenient not to give standard values for the test conditions. However, it is recommended that the electrical durability of the starter is given for stated service conditions; this electrical durability may be estimated from the results of tests on the component parts of the starter.

For categories AC-3, AC-3e and AC-4, the test circuit shall comprise inductors and resistors so arranged as to give the appropriate values of current, voltage and power factor given in Table B.1; moreover, for AC-4, the test circuit testing the making and breaking capacity shall be used, see 9.3.3.5.2.

In all cases, the speed of operation shall be defined and indicated in the test report.

The tests shall be taken as valid if the values recorded in the test report differ from the values specified only within the following tolerances:

- current: $\pm 5 \%$;
- voltage: $\pm 5 \%$.

Tests shall be carried out with the contactor or the starter under the appropriate conditions of B.2.2.1 and B.2.2.2 using the test procedure, where applicable, of B.2.2.3, except that replacement of contacts is not permitted.

In the case of starters, if the associated contactor has already satisfied an equivalent test, the test need not be repeated on the starter.

**Table B.1 – Verification of the number of on-load operating cycles –
Conditions for making and breaking corresponding to the several utilization categories**

Utilization category	Value of the rated operational current	Make			Break		
		I / I_e	U / U_e	$\cos \phi^a$	I_c / I_e	U_r / U_e	$\cos \phi^a$
AC-1	All values	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-2	All values	2,5	1	0,65	2,5	1	0,65
AC-3, AC-3e	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
AC-4	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	6	1	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	6	1	0,35
		I / I_e	U / U_e	L/R^b ms	I_c / I_e	U_r / U_e	L/R^b ms
DC-1	All values	1	1	1	1	1	1
DC-3	All values	2,5	1	2	2,5	1	2
DC-5	All values	2,5	1	7,5	2,5	1	7,5
I_e rated operational current U_e rated operational voltage I current made In alternating current the conditions for making are expressed in RMS values but it is understood that the peak value of symmetrical current corresponding to the power factor of the circuit can assume a higher value. U applied voltage U_r power-frequency or direct current recovery voltage I_c current broken							
^a Tolerance for $\cos \phi$: $\pm 0,05$.							
^b Tolerance for L/R : $\pm 15 \%$.							

B.3.2 Results to be obtained

After the test, the contactor or the starter shall fulfil the operating conditions as specified in 9.3.6.2 of this document at ambient temperature and withstand a dielectric test voltage as given in 9.3.3.4.1, item 4) b), of IEC 60947-1:2020, and applied as in 9.3.3.4.1, item 4), of IEC 60947-1:2020, the test voltage being applied only:

- between all poles connected together and the frame of the contactor or starter, and
- between each pole and all the other poles connected to the frame of the contactor or starter.

B.3.3 Statistical analysis of test results for contactors or starters

B.3.3.1 General

The electrical durability of a design of a contactor or starter is assigned and verified by a statistical analysis of the results of the tests. One of the three test methods shall be selected between B.3.3.2, B.3.3.3 and B.3.3.4 as being the most suitable for example according to the quantities of planned production or according to the conventional thermal current.

For contactors or starters which are produced in small quantities, the tests described in B.3.3.2 and B.3.3.3 do not apply. However, for contactors or starters which are produced in small quantities and which also differ from a basic design only by minor variations without notable influence on characteristics, the electrical durability may be assigned on the basis of experience with similar designs, analysis, properties of materials, etc., and on the basis of the analysis of test results on large quantity production of the same basic design.

NOTE This test is not intended to be a lot-by-lot or production acceptance test for application by the user.

B.3.3.2 Single 8 test

Eight contactors or starters shall be tested to the assigned electrical durability. If the number of failures does not exceed two, the test is considered passed.

B.3.3.3 Double 3 test

Three contactors or starters shall be tested to the assigned electrical durability. The test is considered passed if there is no failure, and failed if there is more than one failure. Should there be one failure, then three additional contactors or starters are tested up to assigned electrical durability and, providing there is no additional failure, the test is considered passed. The test is failed if at any time there is a total of two or more failures.

B.3.3.4 Other methods

Other methods given in ISO 2859-1 may also be used. The maximum acceptance quality level shall be 10 %. The chosen method shall be indicated in the test report.

NOTE The single 8 test and the double 3 test are both given in ISO 2859-1:1999 (see Table 10-C-2 and Table 10-D-2). These two tests have been chosen with the objective of basing them on testing a limited number of contactors or starters on essentially the same statistical characteristics (acceptance quality level: 10 %).

B.4 Co-ordination at the crossover current between the starter and associated SCPD

B.4.1 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 with the starter and SCPD, 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 B.4.2 or, for type "2" co-ordination only, by the indirect method as in B.4.5.

B.4.2 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.

B.4.3 Test currents and test circuits

The test circuit shall be according to 9.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 except that the oscillatory transient voltage need not be adjusted. The currents for the tests shall be:

- (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 7. 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 9.3.4.2.

If the switching device is a contactor, its coil shall be energized from a separate source at the rated control circuit supply voltage of the contactor coil and connected so that the contactor opens when the overload relay operates.

B.4.4 Test procedure and results to be obtained

B.4.4.1 Test procedure

With the starter and the SCPD closed, the test currents stated in B.4.3 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.

B.4.4.2 Results to be obtained

After the test at the lower current (i) in B.4.3, 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 B.4.3, the SCPD shall have operated before the starter. The starter shall meet the conditions of 9.3.4.2.3 for the type of co-ordination given in 6.1.2 m).

B.4.5 Verification of co-ordination at the crossover current by an indirect method

B.4.5.1 General

The indirect method consists in verifying on a diagram (see Figure B.1a) and Figure B.1b)) 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, given in the product documentation, 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 B.4.5.2, shall be higher than I_{co} ;
- the time-current withstand characteristic of the contactor, tested as in B.4.5.3, shall be above the time-current characteristic (starting from cold state) of the overload relay up to I_{co} .

B.4.5.2 Test for I_{cd}

Subclause 9.3.4.1 applies with the following addition.

- Test procedure: the contactor or starter shall make and break the test current (I_{cd}) for the number of operating cycles given in Table B.2. This is made without the SCPD in the circuit.

Table B.2 – Test conditions

	U_r/U_e	$\cos \phi$	On-time (see ^b) s	Off-time s	Number of operations
I_{cd}	1,05	See ^a	0,05	See ^c	3
^a Power factor to be selected according to Table 16 of IEC 60947-1:2020. ^b Time can be less than 0,05 s provided that contacts are allowed to become properly seated before re-opening. ^c See Table 8.					

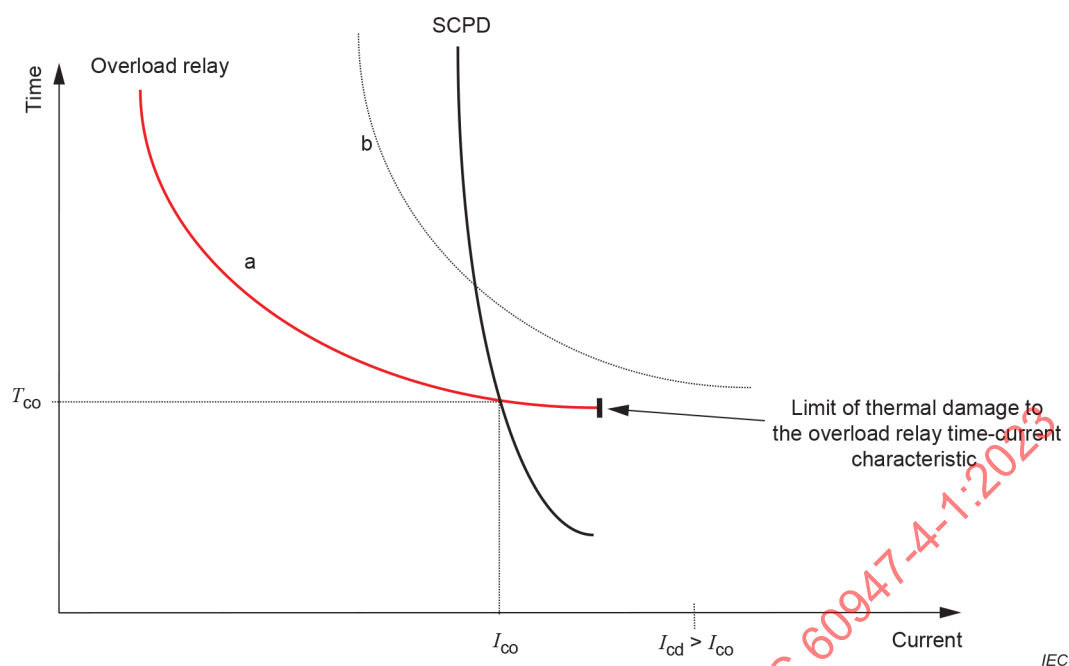
– Behaviour of contactors or starters during and after the I_{cd} test:

- 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 contacts shall operate correctly when the contactor or starter is switched by the applicable method of control;
 - 2) the dielectric properties of the contactors and starters shall be verified by a dielectric test on the contactor 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, as specified in 9.3.3.4.1, items 2) c) i) and 2) c) ii) of IEC 60947-1:2020.

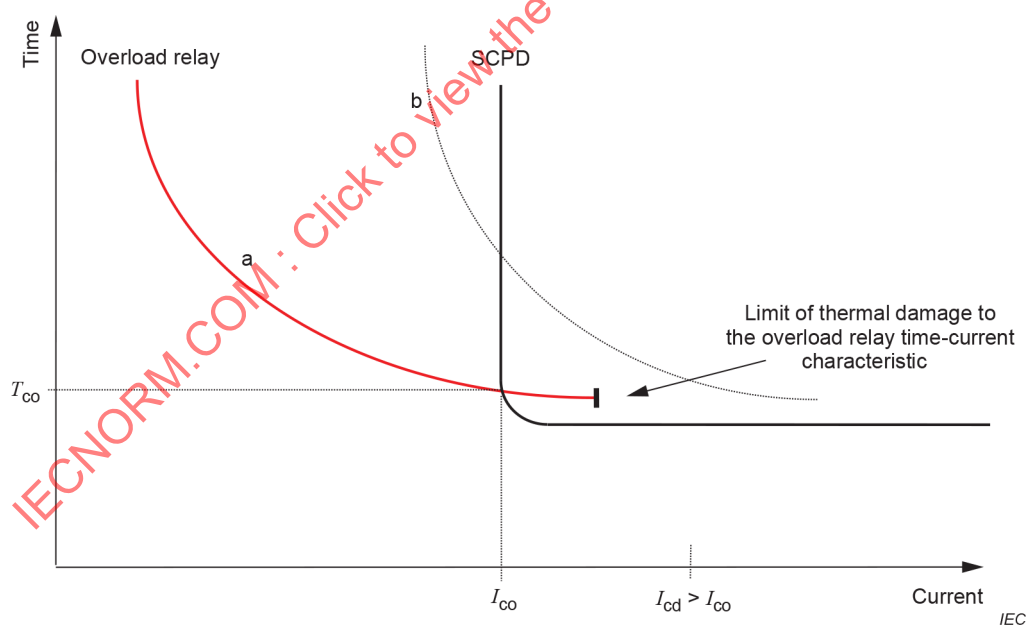
B.4.5.3 Time-current characteristic withstand capability of contactors/starters

This characteristic is issued in the product documentation and the values are obtained according to the test procedure specified in 9.3.5 but with combinations of overload currents and durations to establish the characteristic at least up to I_{co} , in addition to those stated in 8.2.4.4. T_{co} is the time when the crossover current I_{co} is determined.

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

**Key**

- a mean overload relay time-current characteristic from cold state
- b time-current characteristic withstand capability of contactor

a) Co-ordination with fuse**Key**

- a mean overload relay time-current characteristic from cold state
- b time-current characteristic withstand capability of contactor

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

Annex C (informative)

Electric motor evolutions and motor starting methods

C.1 General

C.1.1 Major changes on the market concerning electrical motors

C.1.1.1 Regulation trends

Process operations in industry, buildings and services are the major consumers of electrical energy. These operations are mostly driven by electrical motor systems. To gain significant savings in energy, mandatory minimum requirements of energy efficiency of motors have been introduced, starting in 1997 in the USA then followed by Canada, Mexico, Australia and New Zealand (high efficiency motors; comparable to today's IE2 class).

The European Union and China have also adopted mandatory minimum requirements leading respectively in 2015 and 2017 to the premium efficiency level IE3 defined in IEC 60034-30-1:2014. Japan's IE3 motor regulation was started in 2015 and is called "toprunner program". Similar national regulations also exist in other countries.

Meanwhile, 69 % of the electrical energy is used in connection with electrical motors in countries with such Minimum Energy Performance Standards for Motors (MEPS). We expect this trend to continue in the future.

This document has adapted its requirements to these new motor technologies by introducing the new utilization category AC-3e. This category covers IE3 and IE4 efficiency levels according to IEC 60034-30-1:2014 associated with the designs NE and HE according to IEC 60034-12:2016.

C.1.1.2 Electrical motor market trend

The use of higher efficiency electrical motors is increasing worldwide due to eco-design regulations. These high efficiency motors are also available in asynchronous technology.

Beside induction motors (asynchronous motors), covered by the previously mentioned regulation, there are new motor technologies which could become significant. One of these, called Line-Start Permanent Magnet Motors, basically consisting of a synchronous motor and an additional squirrel-cage attached to the rotor to make it possible to start this motor direct-on-line (or in star-delta). These motors can be controlled with motor starters without restrictions.

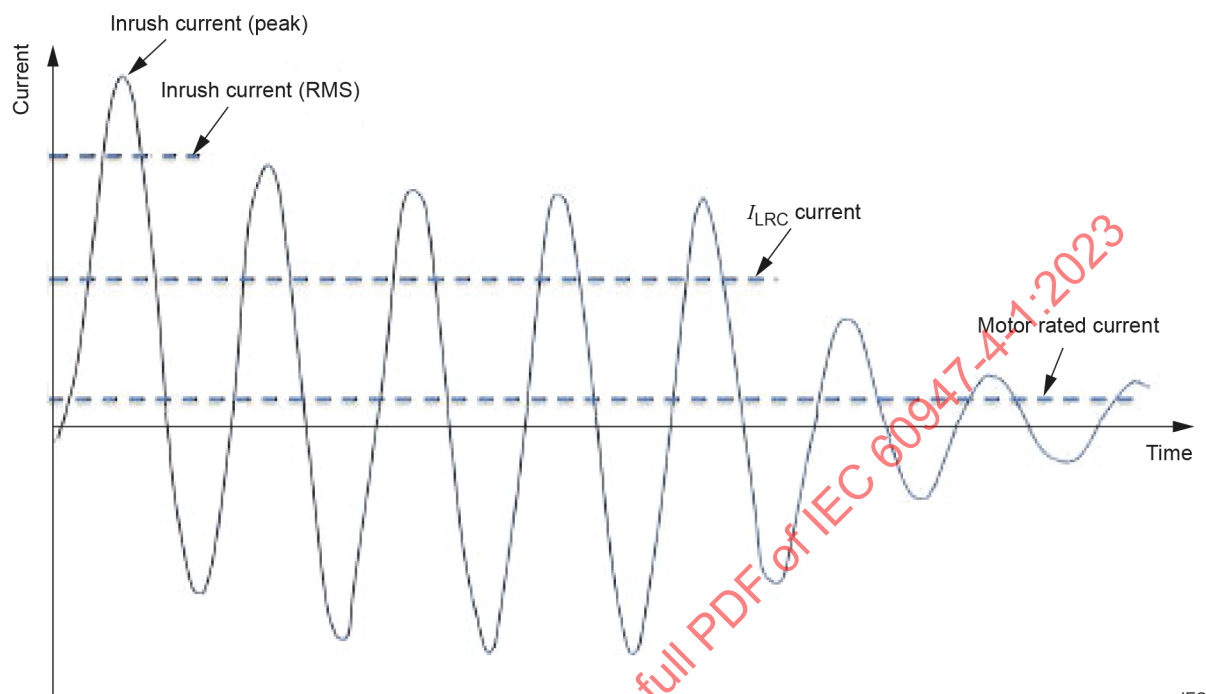
Additionally, most national MEPS regulations have included single-phase motors with recommendations to provide two pole switchgear which technically fulfil utilization category AC-3 or AC-3e of this document.

C.1.1.3 Technical changes on efficiency motors

The efficiency of the motors has been improved by reducing the internal losses using better materials and improving the motor design. The high efficiency motor electrical model is becoming more inductive because the resistive losses are being reduced, and the magnetic saturation effect is decreased. Therefore, the starting direct-on-line current is significantly higher because of the lower rotor resistance. This change is confirmed by the IEC committee in charge of the electrical motors (TC2) as defined in IEC 60034-12:2016 for motor designs NE and HE.

C.1.2 Electric motor characteristics

Figure C.1 illustrates the main characteristics of an electric motor: inrush current (3.8.1) associated with the kappa factor K (3.8.3), locked-rotor current I_{LRC} (3.8.2) and motor rated current (3.8.4).



IEC

Figure C.1 – Electric motor characteristics

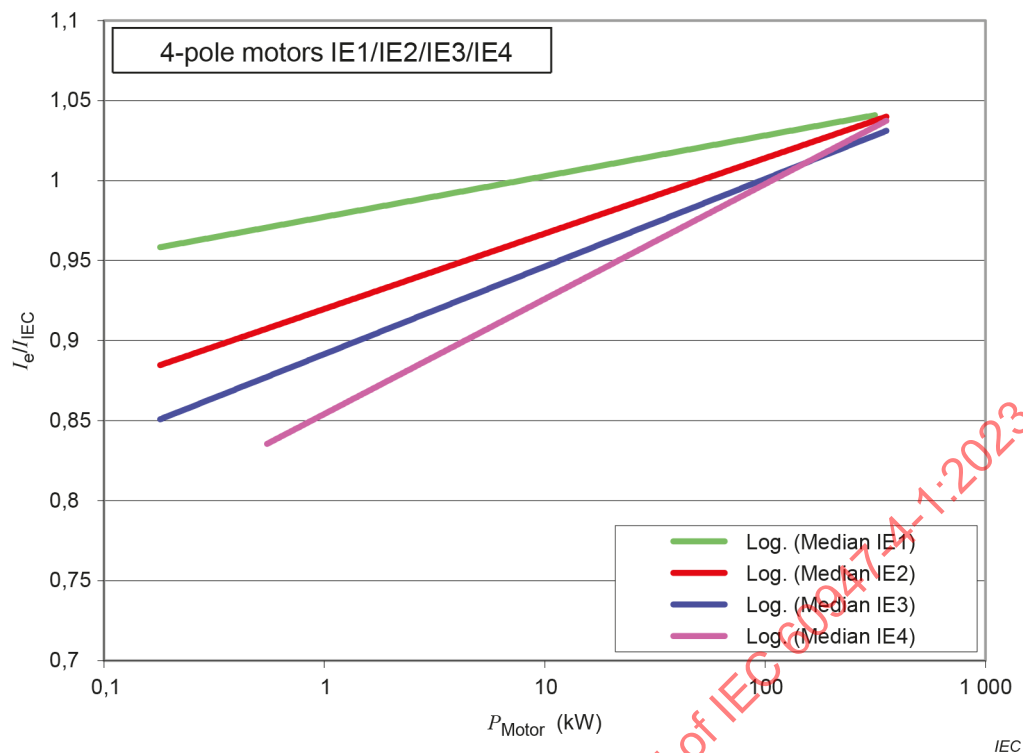
C.1.3 Efficiency motor analysis

The main outcomes of the analysis of measurement data of more than 4 500 high efficiency motor performed between 2013 and 2015 by the experts of SC 121A/WG 2 are as follows:

- The rated current of the motors decreases by approximately 1 % to 2 % from one efficiency class to the next higher one;
- The locked rotor current (I_{LRC}) increases by approximately 6 % to 10 % from one efficiency class to next higher one;
- The inrush currents increase (see Figure C.3 and Figure C.4).

NOTE No permanent magnet motors or synchronous motors are included in this analysis.

The statistics established from catalogue data based on the power ratings of low voltage squirrel-cage asynchronous motors are summarized in the Figure C.2, Figure C.3 and Figure C.4:



NOTE The value of I_{IEC} is taken from Annex G and represents the rated operational current related to the rated operational power of the motor P_{Motor} .

Figure C.2 – Rated current of different energy efficiency classes

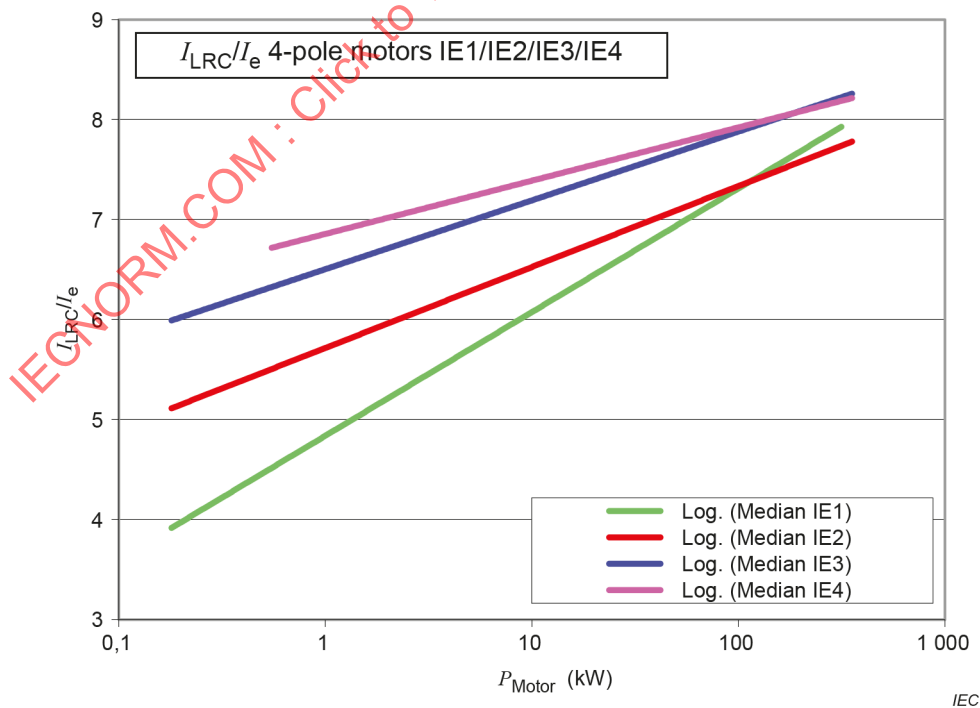


Figure C.3 – Ratio of the rated locked-rotor current to the nominal current

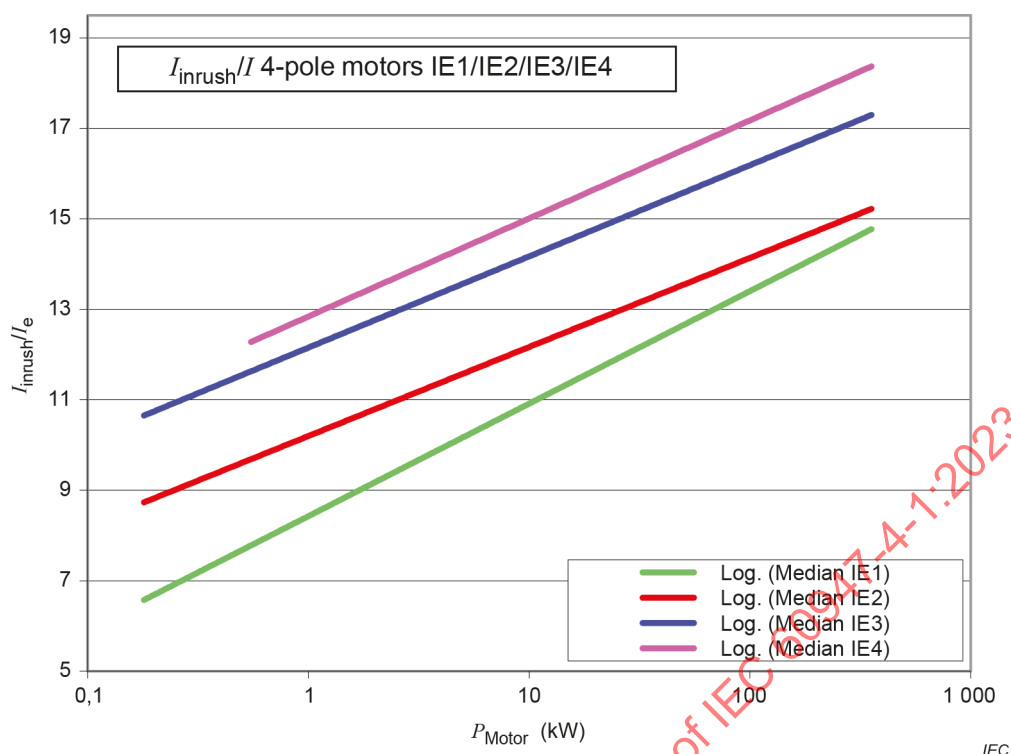


Figure C.4 – Ratio of the inrush current to the nominal current

C.1.4 Impacts on switchgear and controlgear

Because the inrush current is higher with high efficiency motors, the tripping current of the associated SCPD should be increased in order to avoid nuisance tripping of the starter.

This can result in an increased current value of the crossover point of the overload and short circuit protections. The simulated fault test with the current I_{cd} verifies the breaking performance of the contactor in the case of a short circuit of fault currents below the tripping current of the SCPD (see 8.2.5.3).

For the above reasons the utilization category AC-3e is appropriate for withstanding the effects of higher inrush currents and higher locked rotor currents.

C.2 Typical variants direct-on-line starters

Direct online starters are used to connect an asynchronous induction motor to the supply L1, L2 and L3. Figure C.5 shows the two possible direct-on-line starter connections U1, V1 and W1 to the junction box of the three windings U1- U2, V1- V2 and W1- W2 of the squirrel-cage asynchronous motors.

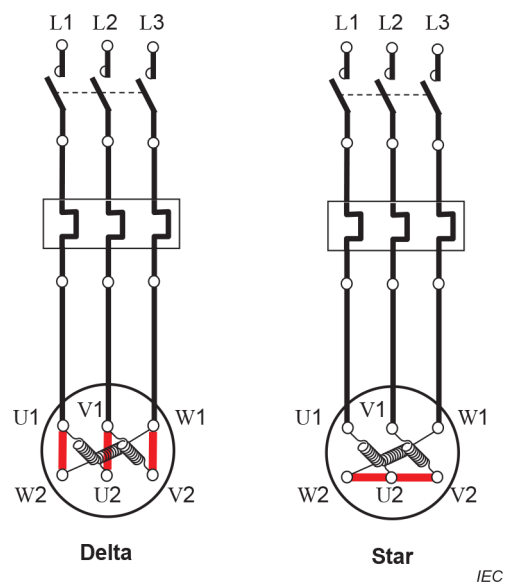
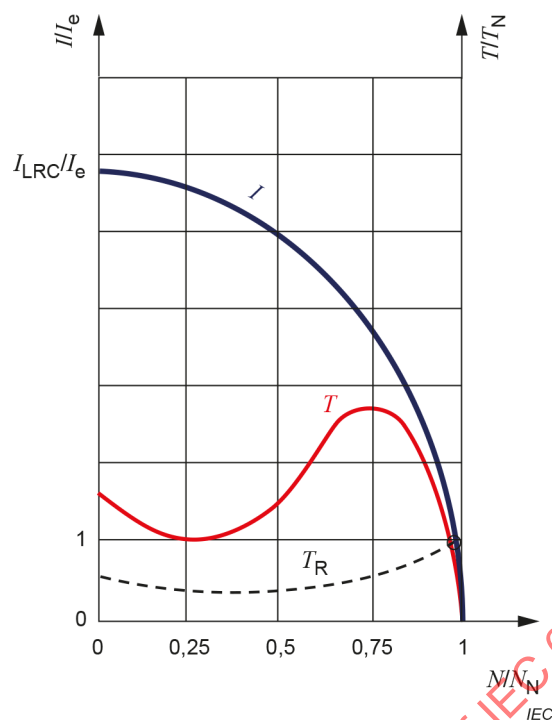


Figure C.5 – Connections to motor windings

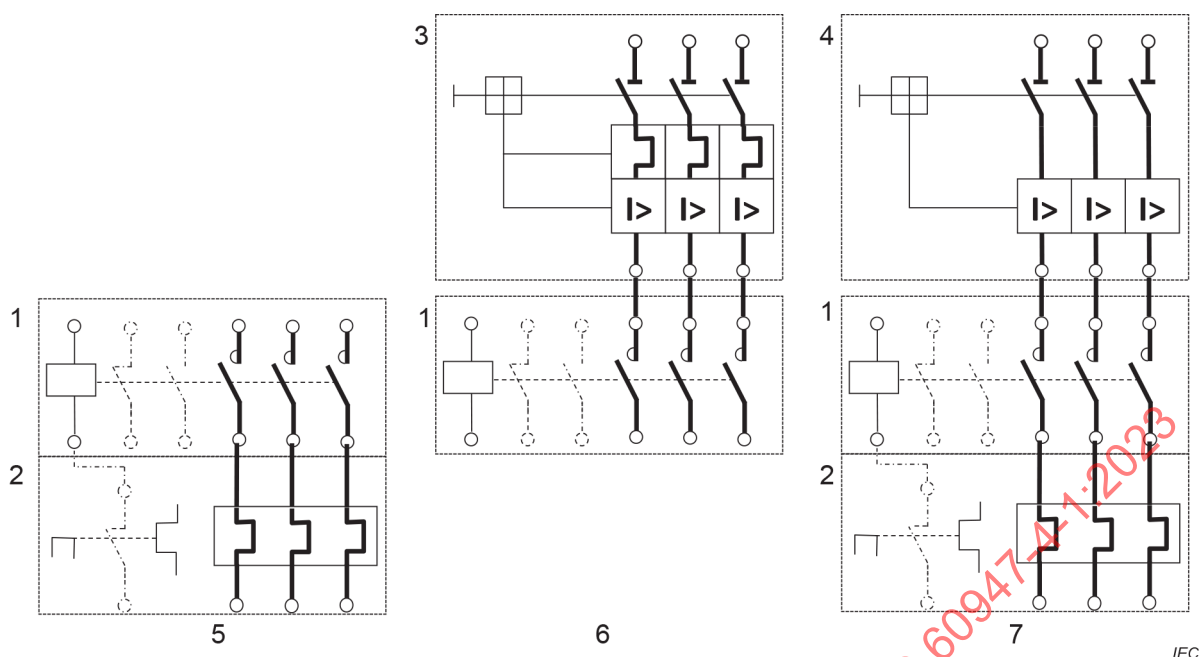
Figure C.6 shows the typical curves of the motor current I , torque on its shaft T and torque resistance T_R .

**Key**

I	current in the motor
I_e	rated current of the motor
N_N	nominal speed
N	speed
I_{LRC}	locked rotor current
T	motor torque
T_N	nominal motor torque
T_R	resistive load torque

Figure C.6 – Current and torque during direct-on-line starting

Figure C.7 shows some associations of components to create typical starters.



Key

- 1 contactor / electromagnetic contactor
- 2 overload relay
- 3 motor protective switching device (MPSD) protected starter / combination starter / manual starter
- 4 instantaneous only motor protective switching device
- 5 motor starter / electromagnetic starter
- 6 combination starter where the contactor is optional (without the isolating function it would be a protected starter)
- 7 combination starter formed with IMPSD, contactor and overload relay

Figure C.7 – Typical variants of protected starters, combination starters, protected switching devices and combination switching devices

C.3 Functional aspects of motor starters

By definition, a motor starter has two essential functions

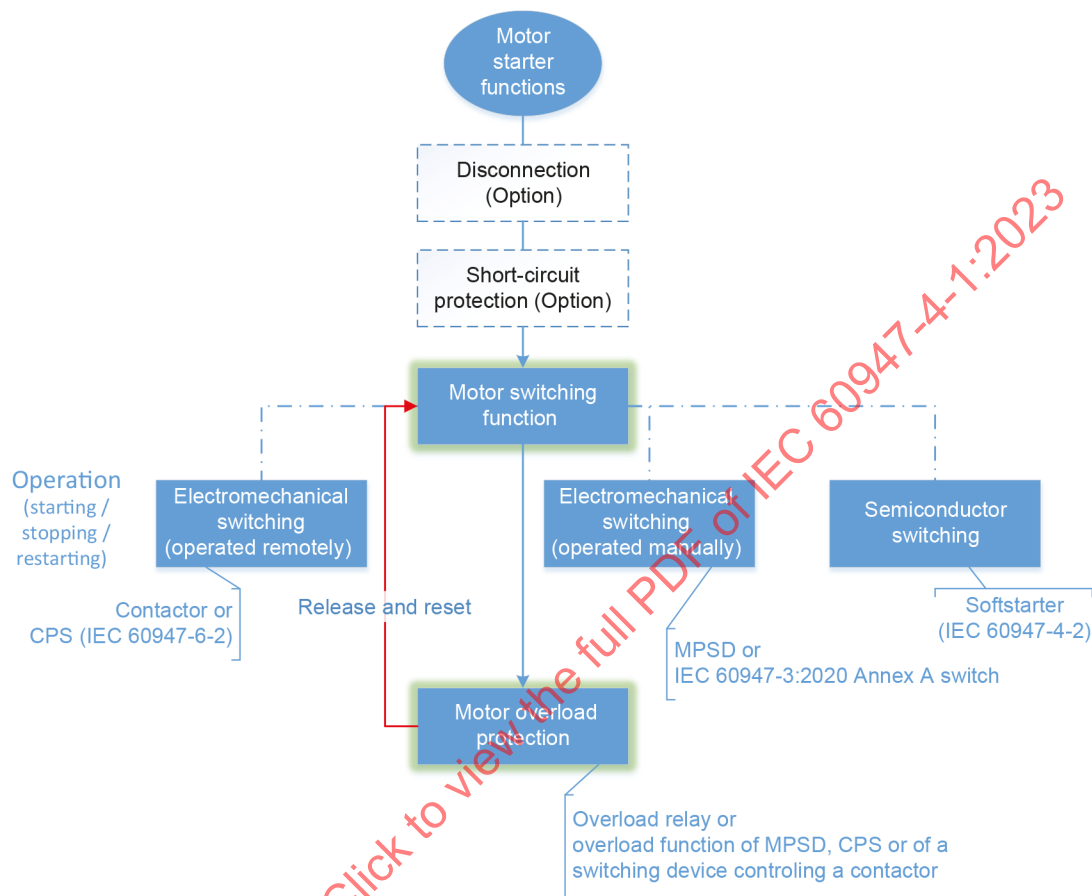
- A switching function able to start and stop a motor frequently. This is performed by selecting the appropriate utilization category AC-2, AC-3, AC-3e or AC-4, depending on the type of motor and its operating mode. Different operating means can be selected for implementing the switching function: An electromagnetic switching device (contactor or CPS), a mechanical switching device (MPSD or a switch according to Annex A of IEC 60947-3:2020) or a soft-starter according to IEC 60947-4-2.
- An overload protection function which can control the switching function. In addition to the thermal protector generally embedded into the motors, the thermal overload protection is selected following an engineering design of the motor driven application depending on the starting method, the duty cycle, the type of load and its failure modes. This motor overload protection function can be implemented by either an overload relay with manual or automatic reset, a MPSD including an overload function or any other device following the thermal overload protection function required by this document and able to control the switching function described above.

Additional optional functions are also covered in this document:

- The isolating function: It provides to the motor starter the suitability for isolation. It can be implemented with a switch disconnector according to IEC 60947-3, a circuit-breaker according to IEC 60947-2 or MPSD suitable for isolation.

- The short-circuit protection function: It provides the self-protection of the motor starter but also the protection of motor branch circuit and the motor. This function can be implemented by a short-circuit protective device (SCPD) such as fuse for motor load, a MPSD or a circuit-breaker according to IEC 60947-2.

The associations of these functions of a starter are illustrated in Figure C.8.



IEC

Figure C.8 – Functional view of motor starters

Motor driven systems are used extensively in industry and building and are often supporting essential functions of manufacturing, HVAC, etc. The motor system lifetime shall be consistent with the expected lifetime of the associated functions. The lifetime of a motor system depends mainly on the thermal overload protection design. To limit the risk of inappropriate design, the thermal overload protection shall follow the requirements of this document.

The motor overload protection shall trip when the condition defined for a particular application are met. To limit unwanted nuisance tripping, the setting of the tripping point of the time/current characteristic shall be defined by engineering study and its adjusting range shall be adaptable to the operating mode of the motor driven system.

But incidents in motor driven systems are common and the occurrence of tripping of the thermal overload protection during the lifetime of the system is significant. Therefore, the associated motor switching function for stopping and restarting the motor shall comply with the appropriate utilization category as mentioned above. When embedded into a switching device which is not supporting the appropriate utilization category of the motor switching function, a contactor shall be used for this function and controlled by the motor overload protection function.

Figure C.9 gives an example of motor overload protection embedded into a circuit-breaker. The contactor is used for controlling the motor, the circuit-breaker (CB) being closed. The motor overload protection embedded in the CB shall control the opening of the contactor before opening the CB by an auxiliary contact. When the contactor is closed, the CB shall not close or open before the contactor, except in case of short-circuit.

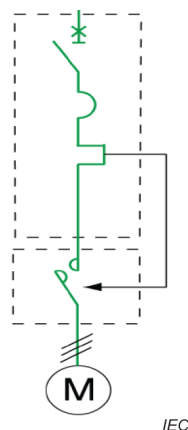


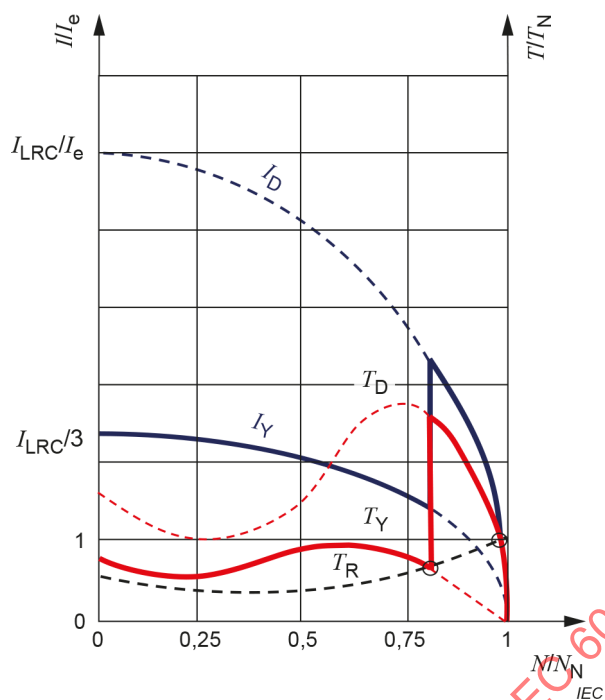
Figure C.9 – Motor overload protection embedded into a circuit-breaker

C.4 Currents and torques during a star-delta start

In the star connection, the starting current in the motor winding and the torque of the motor are about one-third of the corresponding values for delta connection. Therefore, star-delta starters are used when the inrush current due to the starting has to be limited, or when the driven machine requires a limited torque for starting. Figure C.10 shows the typical curves of starting current and torque of the motor and the resistive torque of the driven machine. Figure C.11 shows the time sequence of star and delta connections.

A star-delta starter is not intended for reversing motor running (plugging) and, therefore, utilization category AC-4 does not apply.

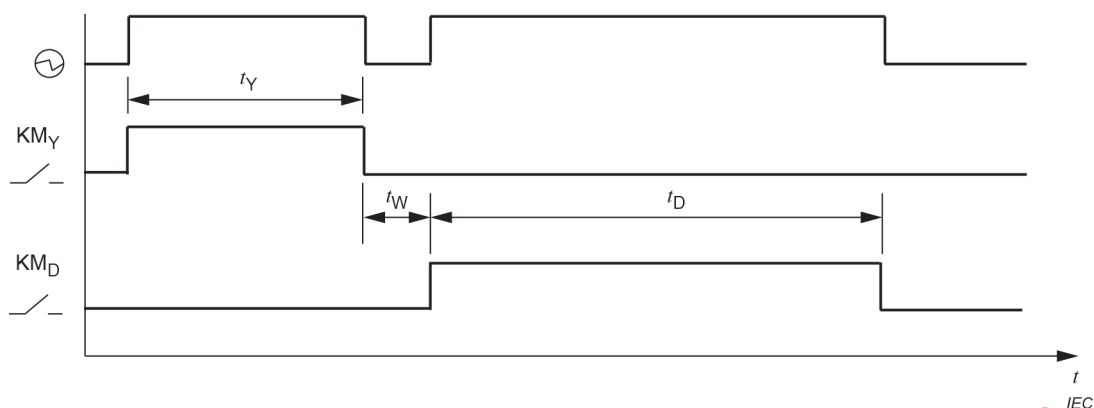
By principle, the behaviour of a star-delta start does not change significantly because of high-efficiency motors. Star contactor is selected for matching the appropriate performances to make and break either I_{LRC} or the inrush current.

**Key**

I_Y Current in star connection
 I_D Current in delta connection
 I_e Rated current of the motor
 N_N Nominal speed
 N Speed

I_{LRC} Locked rotor current
 T motor torque
 T_Y motor torque during star coupling
 T_D motor torque during delta coupling
 T_R Resistive load torque

Figure C.10 – Typical curves of currents and torques during a star-delta start



Key

t_Y time during which motor starts and runs in "Star" connection

t_W dwell time after disconnecting the motor in Star and reconnecting in Delta

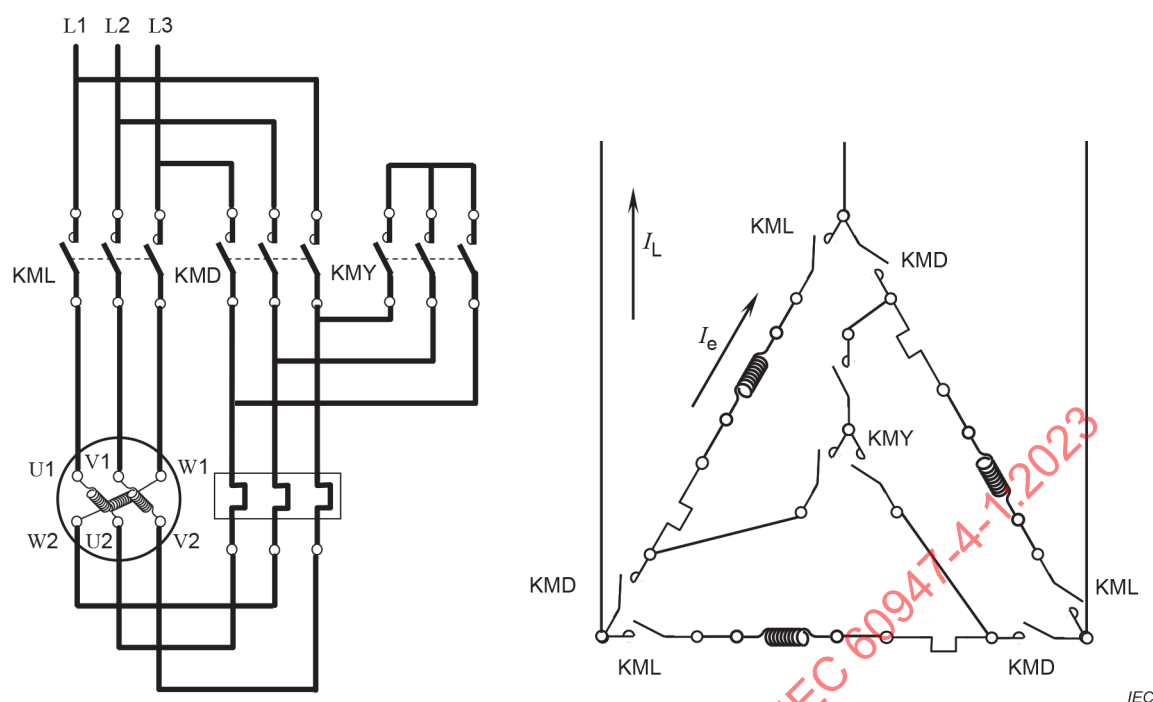
t_D time during which motor runs in "Delta" connection

NOTE 1 The duration t_Y is long enough until the resistive torque is equal to the Y-torque; i.e. when the speed is not increasing anymore the connection is switched over to delta connection

NOTE 2 When the dwell time is too long, the motor speed falls down during the deenergized interval, depending on inertial mass and load. As the result the inrush current in the delta connection is very high, defeating the purpose of the star-delta start up.

Figure C.11 – Timing of star-delta-switching

Figure C.12 shows a typical schematic diagram of contactors and overload relay for a star-delta starter.

**Key** I_e Motor rated current I_L Line current I_e in delta = $I_L / \sqrt{3} t_D$ I_e in star = I_e in delta / $\sqrt{3} = I_L / 3$

KML Line connection

KMY Star connection

KMD Delta connection

Figure C.12 – Typical method and diagram of starting alternating-current induction motors by means of star-delta starter

C.5 Currents and torques during an auto-transformer start

Auto-transformer starters are used when the inrush current due to the starting is to be limited or when the driven machine needs a limited torque for starting.

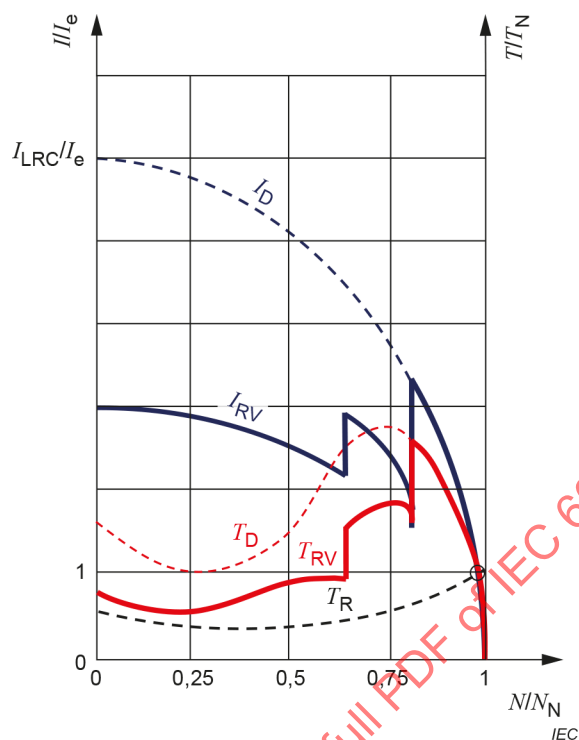
The auto-transformer starter is not intended for inching duty or reversing running motors and, therefore, utilization category AC-4 does not apply.

The typical current and torque curves of an auto-transformer starter are given in Figure C.13. A typical schematic diagram is shown in Figure C.14. Its starting process is sequenced in three steps as follows:

Step 1 Start: The auto-transformer is star-connected, then the motor is connected to the mains via part of the auto-transformer windings. The process is run at a reduced voltage which depends on the transformation ratio, approximately as the square of the ratio (starting voltage)/(rated voltage). The auto-transformer is usually tapped to select this ratio to find the most suitable voltage reduction value.

Step 2 Transition: The star connection is opened before going onto full voltage. The fraction of coil connected to the mains then acts as an inductance in series with the motor. This operation takes place when the speed balances out at the end of the first step.

Step 3 Run: A full voltage connection is made after the second step which usually only lasts a fraction of a second. The piece of auto-transformer winding in series with the motor is short-circuited and the auto-transformer is switched off.



Key

I_{RV} Current at reduced voltage

I_D Current in delta connection

I_e Rated current of the motor

N_N Nominal speed

N Speed

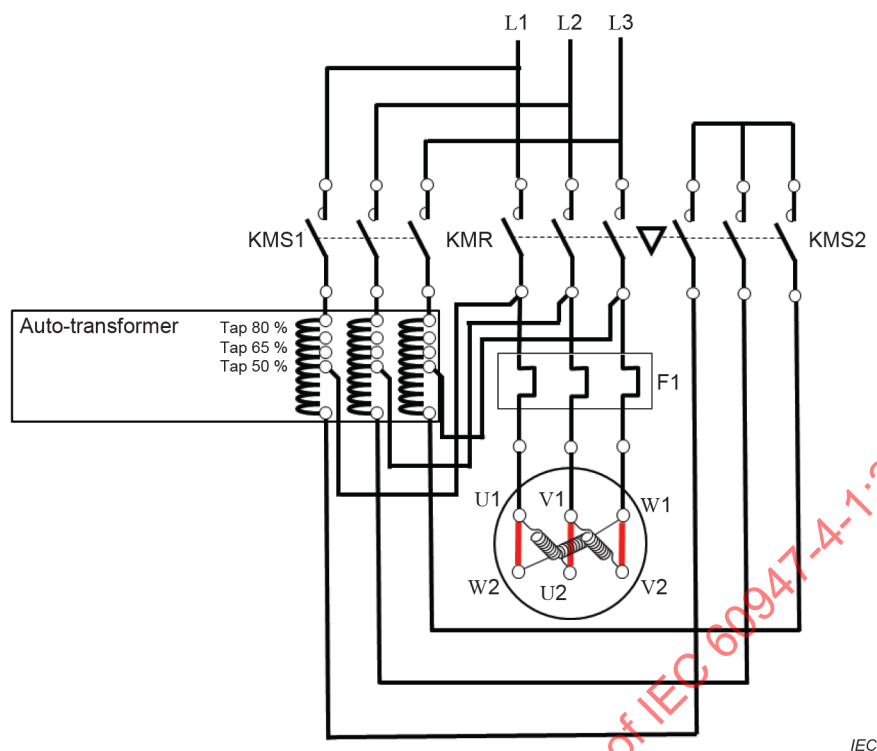
I_{LRC} Locked rotor current

T_R Resistive load torque

T_D motor torque at rated voltage

T_{RV} motor torque at reduced voltage

Figure C.13 – Typical curves of currents and torques during an auto-transformer starting of a motor



Contact sequence			
Contacts	Start	Transition	Run
KMS2	C	O	O
KMS1	C	C	O
KMR	O	O	C

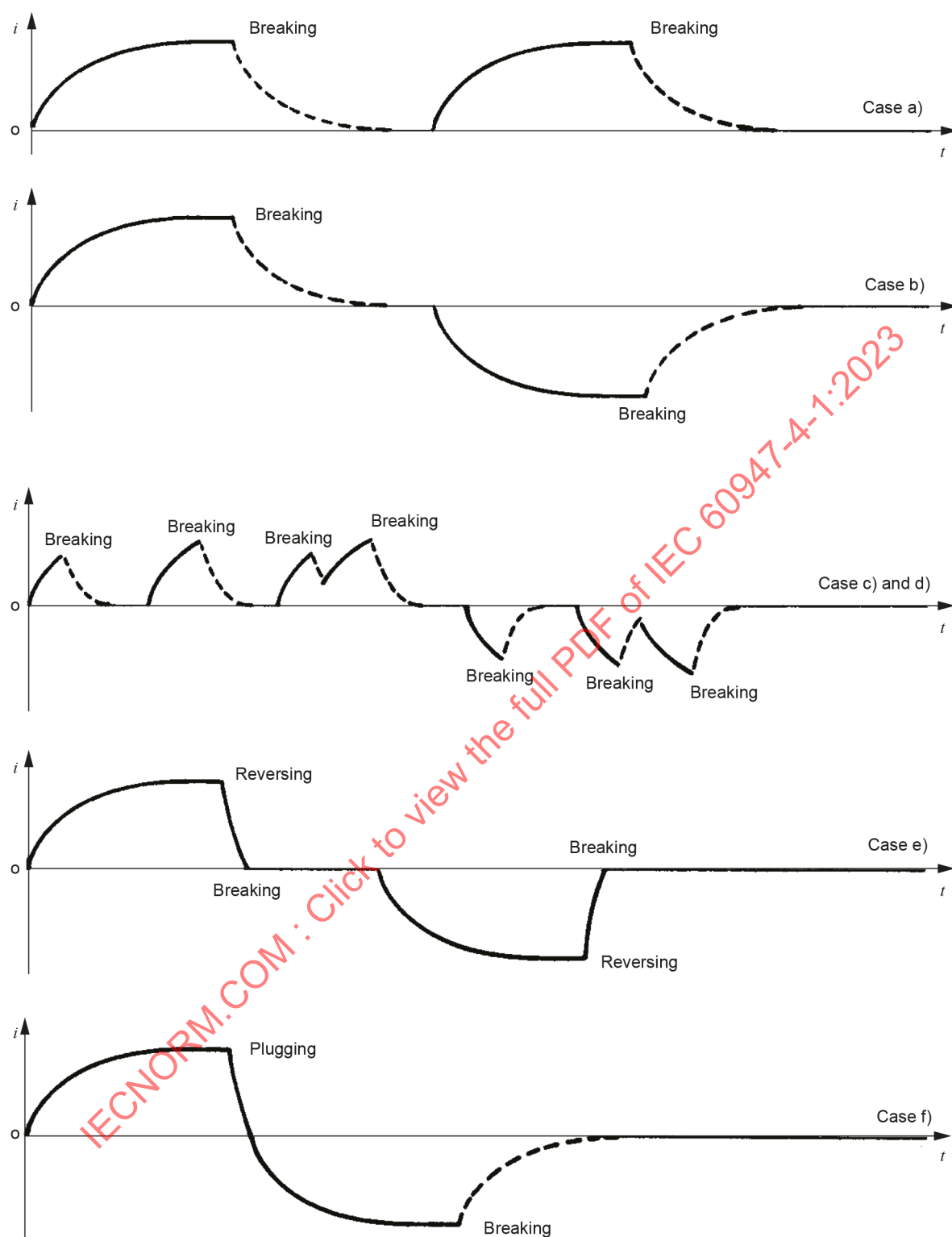
C = contact closed

O = contact open

Figure C.14 – Typical schematic diagrams for starting alternating-current induction motors by means of auto-transformers

C.6 Currents waveform of the different modes of operation of a starter

Figure C.15 illustrates the different modes of operation covered by this document as defined in each referred item of subclause 5.3.5.5.1.



IEC

NOTE The dotted parts of the curves correspond to the periods when no current flows through the motor.

Figure C.15 – Examples of current and time curves of motor starting and stopping in one or two directions

Annex D (informative)

Items subject to agreement between manufacturer and user

NOTE For the purpose of this annex:

- *agreement* is used in a very wide sense;
- *user* includes testing stations.

Annex J of IEC 60947-1:2020 applies, as far as covered by clauses and subclauses of this document, with the following additions.

Clause or subclause number of this document	Item
5.3.4.3 – Note	Overload protection of starters for intermittent duty
5.3.5.5.4	Time interval between two successive starts of auto-transformer starters having a starting time exceeding 15 s
5.4	Types of utilization other than the utilization categories defined in Table 1
5.7.2	Specific applications of instantaneous overload relays or releases and of relays or releases listed in 5.7.2 f)
5.7.3	Protection of the rotor circuit for a rheostatic rotor starter
5.7.3; Table 2	Protection of the auto-transformer for an auto-transformer starter
5.7.5	Tolerances on time-current characteristics of overload relays (to be indicated by the manufacturer)
5.10.2	Characteristics of devices for automatic acceleration control
5.11; 5.12	Nature and dimensions of the connecting links: a) between an auto-transformer starter and the auto-transformer, if this is provided separately b) between a rheostatic rotor starter and the resistors, if these are provided separately Agreement for items a) and b) is to be concluded between the starter manufacturer and the manufacturer of the transformer, or of the resistors, as the case may be
8.2.2.7.3	Ratings of specially rated windings (to be stated by the manufacturer)
Table 7	Verification of the make conditions when this verification is carried out during the make and break test (manufacturer's agreement)
Table 8	Value of the off-time when the test current is greater than 2 500 A
Table 11	Footnote ^a
Table 13	Value of the conventional prospective current " I_r " for the conditional short-circuit current test of devices of $I_e > 1\,600$ A
Table 14	Value of the conventional prospective current " I_r " above 1 300 A

Annex E

(Void)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Annex F (normative)

Requirements for auxiliary contact linked with power contact (mirror contact)

F.1 Application and object

F.1.1 Application

This annex applies to auxiliary contacts mechanically linked with power contacts of a contactor and designated as mirror contacts in order to avoid any confusion with mechanically linked contact elements covered by Annex L of IEC 60947-5-1:2016. However, that does not prevent a given auxiliary contact to comply with both requirements for mirror contact of this annex and for mechanically linked contact of Annex L of IEC 60947-5-1:2016.

NOTE 1 A typical application of mirror contacts is to have, in the machine control circuit, a highly reliable monitoring of the status of the contactor. However, mirror contact cannot be relied upon exclusively as a means to ensure the integrity of a safety function.

NOTE 2 Mirror contacts have previously been referred to as positively safety contacts, forced contacts, linked contacts or positively driven contacts.

NOTE 3 The meaning of "mechanically linked" is also applicable to additional contact blocks which can be mounted by the user.

F.1.2 Object

This annex provides additional specifications (definition, requirements and tests) which shall be used for stating the required design characteristics, marking and performance of mirror contact.

F.2 Characteristics

All mirror contacts shall also comply with the relevant requirements given in IEC 60947-5-1:2016.

F.3 Product information

Clause 5 of IEC 60947-5-1:2016 applies with the following addition.

Mirror contacts shall be clearly identified:

- on the contactor itself, or
- in the product documentation, or
- both.

Where a symbol is used to identify a mirror contact, it shall be as shown in Figure F.1 (IEC 60617- S01462:2003-08).



Figure F.1 – Mirror contact

F.4 Normal service, mounting and transport conditions

There are no supplementary requirements.

F.5 Constructional and performance requirements

Clause 7 of IEC 60947-5-1:2016 applies with the following addition.

When any of the main contacts is closed, no mirror contact shall be closed.

F.6 Tests

F.6.1 General

Clause 8 of IEC 60947-5-1:2016 applies with the following addition.

Tests according to both F.6.2 and F.6.3 shall be carried out.

F.6.2 Tests on products in a new condition

For each mirror contact, the test shall be carried out on m products, where m is the number of main contacts.

NOTE Depending of the product construction, the needed quantity m of products can be minimized based on engineering judgment for covering the worst cases.

A new product is used for testing each mirror contact with each of the main contacts.

The tests shall be carried out on products in a new and clean condition. The test procedure shall be as follows:

- a) To simulate the occurrence of welding on one main pole, one main contact shall be maintained in the closed position, e.g. by welding or gluing each point of contact (e.g. for double breaking contact, welding is carried out at the two contact points). The thickness of welding or gluing shall be such that the distance between contacts is not modified significantly and the method used shall be described in the test report.
- b1) With the operating coil de-energized, an impulse test voltage of 2,5 kV at sea level (correction should be made according to Table F.1 given below, calculated from Table 12 of IEC 60947-1:2020) shall be applied across the mirror contact. There shall be no disruptive discharge.

Table F.1 – Test voltage according to altitude

Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5 kV	2,37 kV	2,37 kV	2,29 kV	2,12 kV
NOTE This test ensures a minimum gap of 0,5 mm in accordance with Figure A.1, Figure A.2 and Figure A.3 of IEC 60664-1:2020 from which Table 13 of IEC 60947-1:2020 is issued.				

b2) As an alternative to item b1) above, with the operating coil de-energized, the gap of the contact shall be measured with direct means; it shall be more than 0,5 mm. In case of two or more contact gaps in series, the sum of contact gaps shall be more than 0,5 mm.

The sequences a) and b1) or b2) are repeated on new samples for each main contact welded successively.

F.6.3 Test after conventional operational performance (defined under Table 10)

At the end of the conventional operational performance tests according to 9.3.3.6, it shall be verified that, when the electromagnet is energized, the mirror contact shall withstand its rated insulation voltage U_i .

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Annex G (informative)

Rated operational currents and rated operational powers of switching devices for electrical motors

G.1 General

The given values in Table G.1 are guide values for the relationship between rated operational currents and rated operational powers. They should be considered for use when information concerning equipment has to be given to the customers.

The statements of this annex are applicable to all kind of switching devices for electrical motors.

The figures are harmonized within the IEC and therefore state the basis for all the equipment information.

The values given in Table G.1 are typical rated operational currents ($\pm 5\%$) of motors for the corresponding rated operational powers. Design NE and HE motors are within the given variation of $\pm 5\%$.

If the devices are in compliance with these values, they are able to switch on and off most of the existing electrical motors.

These values state a harmonized guideline for design of switching devices.

G.2 Rated operational powers and rated operational currents

Rated operational power is linked with individual rated operational currents at different voltages according to Table G.1.

The guide values for rated operational currents are determined on the basis of a four-pole squirrel-cage motor at 400 V, 1 500 min⁻¹ and 50 Hz. The rated operational currents for the other voltages are calculated on the basis of values at 400 V.

Table G.1 – Rated operational powers and rated operational currents of motors

Rated operational power		Guide values of rated operational currents at										
		110 V to 120 V	200 V ^c	208 V	230 V	220 V to 240 V	380 V to 415 V	400 V	440 V to 480 V	500 V	550 V to 600 V	690 V
kW ^a	hp ^b	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0,06	–	–	–	–	0,35	–	–	0,20	–	0,16	–	0,12
0,09	–	–	–	–	0,52	–	–	0,30	–	0,24	–	0,17
0,12	–	–	–	–	0,70	–	–	0,44	–	0,32	–	0,23
0,18	–	–	–	–	1,0	–	–	0,60	–	0,48	–	0,35
0,20	–	–	1,8	–	–	–	–	0,85	–	–	–	–
0,25	–	–	–	–	1,5	–	–	1,10	–	0,68	–	0,49
0,37	–	–	–	–	1,9	–	–	–	–	0,88	–	0,64
–	1/2	4,4	2,5	2,4	–	2,2	1,3	–	1,1	–	0,9	–
0,40	–	–	3,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,55	–	–	–	–	2,6	–	–	1,5	–	1,2	–	0,87
–	3/4	6,4	3,7	3,5	–	3,2	1,8	–	1,6	–	1,3	–
–	1	8,4	4,8	4,6	–	4,2	2,3	–	2,1	–	1,7	–
0,75	–	–	4,6	–	3,3	–	–	1,9	–	1,5	–	1,1
1,1	–	–	–	–	4,7	–	–	2,7	–	2,2	–	1,6
–	1-1/2	12,0	6,9	6,6	–	6,0	3,3	–	3,0	–	2,4	–
–	2	13,6	7,8	7,5	–	6,8	4,3	–	3,4	–	2,7	–
1,5	–	–	8,0	–	6,3	–	–	3,6	–	2,9	–	2,1
2,2	–	–	11,1	–	8,5	–	–	4,9	–	3,9	–	2,8
–	3	19,2	11,0	10,6	–	9,6	6,1	–	4,8	–	3,9	–
3,0	–	–	–	–	11,3	–	–	6,5	–	5,2	–	3,8
3,7	–	–	16,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	15	–	–	8,5	–	6,8	–	4,9
–	5	30,4	17,5	16,7	–	15,2	9,7	–	7,6	–	6,1	–
5,5	–	–	24,6	–	20	–	–	11,5	–	9,2	–	6,7
–	7-1/2	44,0	25,3	24,2	–	22,0	14,0	–	11,0	–	9,0	–
–	10	56,0	32,2	30,8	–	28,0	18,0	–	14,0	–	11,0	–
7,5	–	–	34,0	–	27	–	–	15,5	–	12,4	–	8,9
11	–	–	48,0	–	38,0	–	–	22,0	–	17,6	–	12,8
–	15	84	48,3	46,2	–	42,0	27,0	–	21,0	–	17,0	–
–	20	108	62,1	59,4	–	54,0	34,0	–	27,0	–	22,0	–

Rated operational power		Guide values of rated operational currents at										
kW ^a	hp ^b	110 V to 120 V A	200 V ^c A	208 V	230 V	220 V to 240 V A	380 V to 415 V A	400 V	440 V to 480 V A	500 V	550 V to 600 V A	690 V A
15 18,5 —	— — 25	— — 136	64 79 78,2	— — 74,8	51 61 —	— — 68	— — 44	29 35 —	— — 34	23 28 —	— — 27	17 21 —
22 — —	— 30 40	— 160 208	92 92 120	— 88 114	72 — —	— 80 104	— 51 66	41 — —	— 40 52	33 — —	— 32 41	24 — —
30 37 —	— — 50	— — 260	124 152 150	— — 143	96 115 —	— — 130	— — 83	55 66 —	— — 65	44 53 —	— — 52	32 39 —
— 45 55	60 — —	— — —	177 190 228	169 — —	— 140 169	154 — —	103 — —	— 80 97	77 — —	— 64 78	62 — —	— 47 57
— — 75	75 100 —	— — —	221 285 —	211 273 —	— — 230	192 248 —	128 165 —	— — 132	96 124 —	— — 106	77 99 —	— — 77
90 — 110	— 125 —	— — —	— 359 —	— 343 —	278 — 340	— 342 —	— 208 —	160 — 195	— 156 —	128 — 156	— 125 —	93 — 113
— 132 —	150 — 200	— — —	414 — 552	396 — 528	— 400 —	360 — 480	240 — 320	— 230 —	180 — 240	— 184 —	144 — 192	— 134 —
160	—	—	—	—	487	—	—	280	—	224	—	162
— 200	250 —	— —	— —	— —	— 609	604 —	403 —	— 350	302 —	— 280	242 —	— 203
— 250 280	300 — —	— — —	— — —	— — —	— 748 —	722 — —	482 — —	— 430 —	361 — —	— 344 —	289 — —	— 250 —
— —	350 400	— —	— —	— —	— —	828 954	560 636	— —	414 477	— —	336 382	— —

Rated operational power		Guide values of rated operational currents at										
		110 V to 120 V	200 V ^c	208 V	230 V	220 V to 240 V	380 V to 415 V	400 V	440 V to 480 V	500 V	550 V to 600 V	690 V
kW ^a	hp ^b	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
315	—	—	—	—	940	—	—	540	—	432	—	313
—	450	—	—	—	—	1 030	—	—	515	—	412	—
335	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
355	—	—	—	—	1 061	—	—	610	—	488	—	354
—	500	—	—	—	—	1 180	786	—	590	—	472	—
400	—	—	—	—	1 200	—	—	690	—	552	—	400
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	—	—	—	—	1 478	—	—	850	—	680	—	493
560	—	—	—	—	1 652	—	—	950	—	760	—	551
630	—	—	—	—	1 844	—	—	1 060	—	848	—	615
710	—	—	—	—	2 070	—	—	1 190	—	952	—	690
800	—	—	—	—	2 340	—	—	1 346	—	1 076	—	780
900	—	—	—	—	2 640	—	—	1 518	—	1 214	—	880
1 000	—	—	—	—	2 910	—	—	1 673	—	1 339	—	970
^a Preferred rated values according to IEC 60072-1:2022 (primary series).												
^b Horsepower and currents values according to Table 47.2 of UL 508:2021 (60 Hz).												
^c kW and current values according to JIS C 4213:2014.												

Annex H (normative)

Extended functions to electronic overload relays

H.1 General

Annex T of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Load monitoring indicators for energy efficiency management embedded in electronic overload relays are defined in Annex O.

H.2 Limits of operation of control functions

H.2.1 General

The operation time sequences, the interactions with the inputs and outputs and the limits of operation shall be described in the product documentation.

For motor restart functions, the ranges and tolerances of time and voltage dip detection and of the delay of restarting after voltage restoration shall be given in the product documentation.

H.2.2 Limits of electronic overload relay with main circuit undervoltage restarting function

When undervoltage or loss of voltage occurs in the main circuit, the relay will operate. The following applies:

- a) if the voltage resumes within T1 (off-time for immediate reset), the overload relay shall control the starter circuit to immediately restore the running condition;
- b) if the voltage resumes between T1 and T2 (off-time for reset), the relay shall reset to the starting sequence;
- c) if the voltage resumes after T2, the relay shall not reset automatically.

T1 and T2 are adjustable, and the value of T2 is greater than T1.

The tolerance of the threshold voltage and of the time settings shall be specified in the product documentation but no more than $\pm 10\%$. If the time setting value is lower than 1 s, the tolerances shall be given in the product documentation.

H.3 Test of the control functions

The test of the control functions shall be verified according to H.2, and each control function should be verified at least 3 times.

For restart functions, the detection time for a voltage dip and the delay of restarting shall be verified according to H.2.

Annex I (informative)

AC-1 contactors for use with semiconductor controlled motor load

Contactors are often used with semiconductor controllers, starters or drives. Contactors for such applications are not intended to make or break motor load currents at the stated system voltage.

The intended use is to carry motor currents either on the line or on the load side of such controller, and to provide a galvanic opening between the controller and the line and/or the load in the OFF-state of the semiconductor controller. A further use is to by-pass controllers, usually for the purpose of reducing thermal losses, in the up-to speed condition. In such applications the contactors should be so controlled and interlocked so as to prevent them being opened or closed when the load current is present.

When the above conditions are met, the contactors may be chosen according to category AC-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Annex J

(Void)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Annex K (normative)

Procedure to determine data for electromechanical contactors used in functional safety applications

K.1 General

Annex K of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

K.2 Test requirements

Mechanical durability shall be determined in accordance with B.2.2.1 to B.2.2.4. For the no-make-break-current utilization, the mechanical durability is applicable.

Electrical durability shall be determined in accordance with B.3.1 to B.3.2 using utilization category AC-3, AC-3e unless otherwise stated in the product documentation.

The test environment shall be in accordance with Clause 7.

K.3 Characterization of a failure mode

Table K.1 gives the typical failure modes of a contactor.

Table K.1 – Failure mode of contactors

Failure modes	Characteristics for a normally open contactor
Failure to open	– current remaining after the electromagnet is de-energised
Failure to close	– no current in one or more poles after the electromagnet is energised
Short-circuit between poles	+ insulation failure between poles
Short-circuit between pole and any adjacent part	– insulation failure with any adjacent part

K.4 Failure ratios of a contactor

In addition to the data listed in K.5 of IEC 60947-1:2020, the typical failure ratios of a contactor are given by Table K.2.

The hardware fault tolerance for one contactor is generally zero.

NOTE In IEC 62061, a hardware fault tolerance of N means that $N+1$ fault can cause a loss of the function.

Table K.2 – Typical failure ratios for normally open contactors

Failure modes	Typical failure ratios F associated with AC-3 electrical durability test results for normally open contactors ^a	Typical failure ratios F associated with mechanical durability test results for normally open contactors ^a
Failure to open ^b	73 %	50 %
Failure to close	25 %	50 %
Short-circuit between poles	1 %	0 %
Short-circuit between poles and any adjacent part (e.g. auxiliary, earth plate, coil)	1 %	0 %
If a contactor is used in such a way that a hazardous situation can be caused by a failure mode for which the failure ratio is above 40 %, the system should be implemented with a diagnostic function and appropriate fault reaction function(s).		
^a The typical values result from tests performed on different contactors. ^b The diagnostic coverage of the subsystem incorporating a contactor with mirror contacts can be 99 % if an appropriate fault reaction function(s) is provided.		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Annex L

(normative)

Assessment procedure for electromechanical overload protection used in safety applications and especially in explosive atmospheres

L.1 Application and object

L.1.1 Application

The assessment method of this annex is required for electromechanical overload protection declared as SIL-capability level 1 for use within a low demand safety function.

This electromechanical overload protection function is only a supplementary risk reduction measure within a motor driven system. In addition, thermal protection based on a thermal sensing element (see IEC 60947-8) should be applied.

L.1.2 Object

This annex specifies the procedure to achieve the minimum SIL 1-capability or equivalent performance level required for the use of the functional unit "electromechanical overload protection" in safety applications. The electromechanical overload protection is considered as a part of a complete safety function. For low demand application the main focus is to minimize the systematic failures which can be achieved by using a quality management system during the whole lifecycle.

The evaluation of the overall safety function at a system level is not addressed in this annex.

NOTE 1 In Europe, EN 50495 is applicable.

NOTE 2 A typical example is the overload protection of a motor which is located in an explosive atmosphere (type of protection "e" according to IEC 60079-7).

NOTE 3 The quality system (Q-system) ISO/IEC 80079-34, applies.

L.2 Procedure

L.2.1 General

This procedure consists of assessing and mitigating the risk of each sub-function failure of the electromechanical overload protection listed under L.2.2. The risk assessment shall identify the failure modes and the behaviour of each sub-function as well as to define measures to minimize the risk.

For this procedure, any experience of use, accident, incident or malfunction history of the actual or similar design shall be considered.

The safety function of the electromechanical overload protection is composed of the following sub functions:

- continuously sensing of the motor current;
- comparing the sensing current to the setting based on the current of the motor and detecting thermal overload current;
- operating the release system in case of detection of thermal overload current in order to initiate the interruption of the motor load circuit.

The safety function shall be performed reliably under the specified environmental and operational conditions of the electromechanical overload protection.

NOTE The magnetic trip function of a MPSD is not part of this safety function.

L.2.2 Safety design process

The safety design process can be implemented as shown in Figure L.1. Each item shall be fulfilled. Iterations are usually necessary to reduce the risk of hazard as far as practicable.

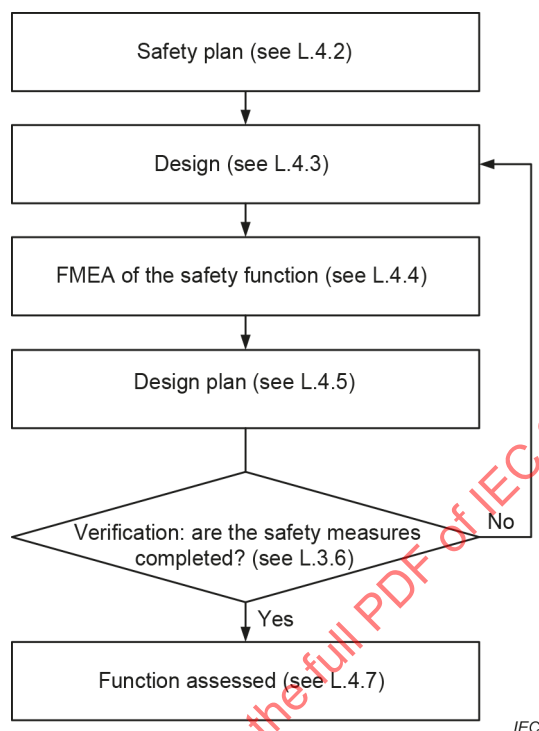


Figure L.1 – Safety design process

L.3 Requirements

L.3.1 General

Existing designs that have been evaluated for use in safety applications are assumed to fulfil the basic safety principles of this annex and do not need a re-evaluation.

L.3.2 Safety plan

L.3.2.1 General

The safety plan related to technical performance includes the following items:

- the relevant activities specified in development and realisation lifecycle and modifications;
- the procedures and resources to record and maintain information relevant to the functional safety of thermal overload protection:
 - results of the hazard identification and risk assessment;
 - procedures necessary to achieve and maintain functional safety of thermal overload protection.
- the verification plan (L.3.2.2).

L.3.2.2 Verification plan

A verification plan includes the following items:

- selection of verification strategies and techniques;
- selection of verification activities;
- acceptance criteria;
- evaluation of verification results;
- functional assessment;
- actions to be taken in the event of failure to meet the acceptance criteria.

The verification plan should indicate whether devices with thermal overload protection are to be subjected to routine test, type test and/or sample test and which special tests are necessary.

L.3.3 Design

L.3.3.1 Characteristics

The characteristic of the electromechanical protection shall be described with the following:

- 5.7.3 b);
- minimum SIL-capability 1;
- useful lifetime;
- environmental conditions.

L.3.3.2 Functional design

The overload protection function should be decomposed in functional blocks. High level diagrams should be created, highlighting all the functions essential to the system. The detail of the decomposition will depend on the failure mode analysis itself (see Figure L.2 and Figure L.3).

As a minimum, the block diagram should contain the following:

- breakdown in blocks where a failure will result into the loss of the overload protection;
- all appropriately labelled inputs and outputs and identifications by which each block is consistently referenced.

L.3.4 Failure mode and effects analysis of the safety function

L.3.4.1 General

By principle electromechanical overload protection is realized by electromechanical reliable parts without wear effect. Therefore, the probabilistic determination methods are not suitable.

Systematic failures are avoided by use of proven in use principles and by the quality management system within the full life cycle. Thermal overload protection is a proven technology, if the device is developed in accordance with this document. However additional measures can be necessary depending on the results of the failure mode and effects analysis (FMEA).

Experience has shown that random failures are negligible. Therefore, no calculation is required, as the failure rate is low enough for fault exclusion.

The main potential risk of failures is due to electromechanical stress. The risk of failures for these simple constructions shall be reduced by using well known elements which are designed based on engineering knowledge, field experience and incident reports. Therefore, the following analysis will be focussed on systematic failure.

L.3.4.2 Failure mode and effects analysis

The purpose of the FMEA is to analyse the design, by examining systematically all possible sources of failure of components and determining the effects of these failures on the behaviour and safety of the overload protection.

The analysis usually takes place through a meeting of engineers. Each component is analysed in turn to give a set of failure modes for the component, their causes and effects (locally and at overall system level), detection procedures and recommendations. If the recommendations are acted upon, they are documented as remedial action taken.

Any proven methods can be used (e.g. FMEA, or FTA, Markov graphs or Petri nets), however examples of Table L.1, Table L.2 and Table L.3 are appropriate for analysing an electromechanical overload protection function.

L.3.5 Design plan

The design plan shall provide measures to address incorrect specifications, implementations or modification issues.

L.3.6 Verification

During the safety design process (see L.2.2) and according to the verification plan (L.3.2.2), it shall be checked and recorded after each design phase that the requirements of the design phase have been fulfilled. Verification can be performed using assessment, analysis, examination, review and/or testing.

NOTE The verification can include for example:

- 1) review of the documentation of the respective phase;
- 2) design reviews;
- 3) functional tests.

L.3.7 Function assessed

When the verification (see L.3.6) leads to the conclusion that all specified requirements are met, the minimum SIL-capability level 1 is considered as achieved.

L.4 Documentation

L.4.1 Technical safety documentation

The documentation shall contain information as follows:

- test reports or analysis of fault behaviour leading to the loss of the safety function or reference to qualified example;
- risk assessment;
- documentation related to the decisions taken from the risk assessment.

L.4.2 Safety instructions

The safety instructions of an electromechanical overload protection shall be provided in a separate part of its instruction manual. The safety instructions shall contain information according to IEC 60079-14 and the necessary information for the design and the operation of the safety-related system, e.g.:

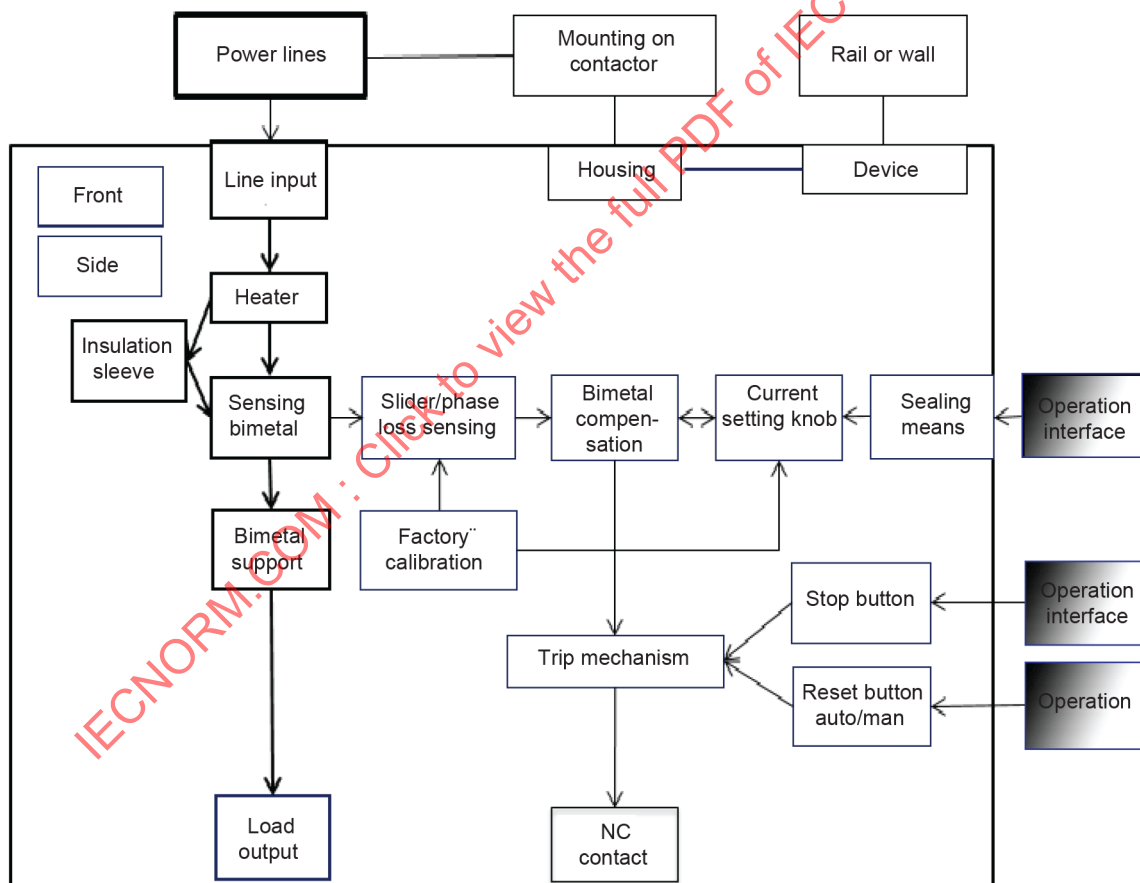
- description of the device and its safety function;
- safety relevant instructions for installation, calibration, putting into service and use including any required inspection procedure;

- nominal values for the interfaces (voltage, current, power, etc.);
- the associated type of protection, if relevant;
- safety level (e.g. SIL-capability) depending on the system architecture;
- hardware fault tolerance (HFT);
- safe state and power off condition;
- interface for the safety function;
- ambient and operational conditions;
- operation limits;
- useful lifetime.

L.5 Example

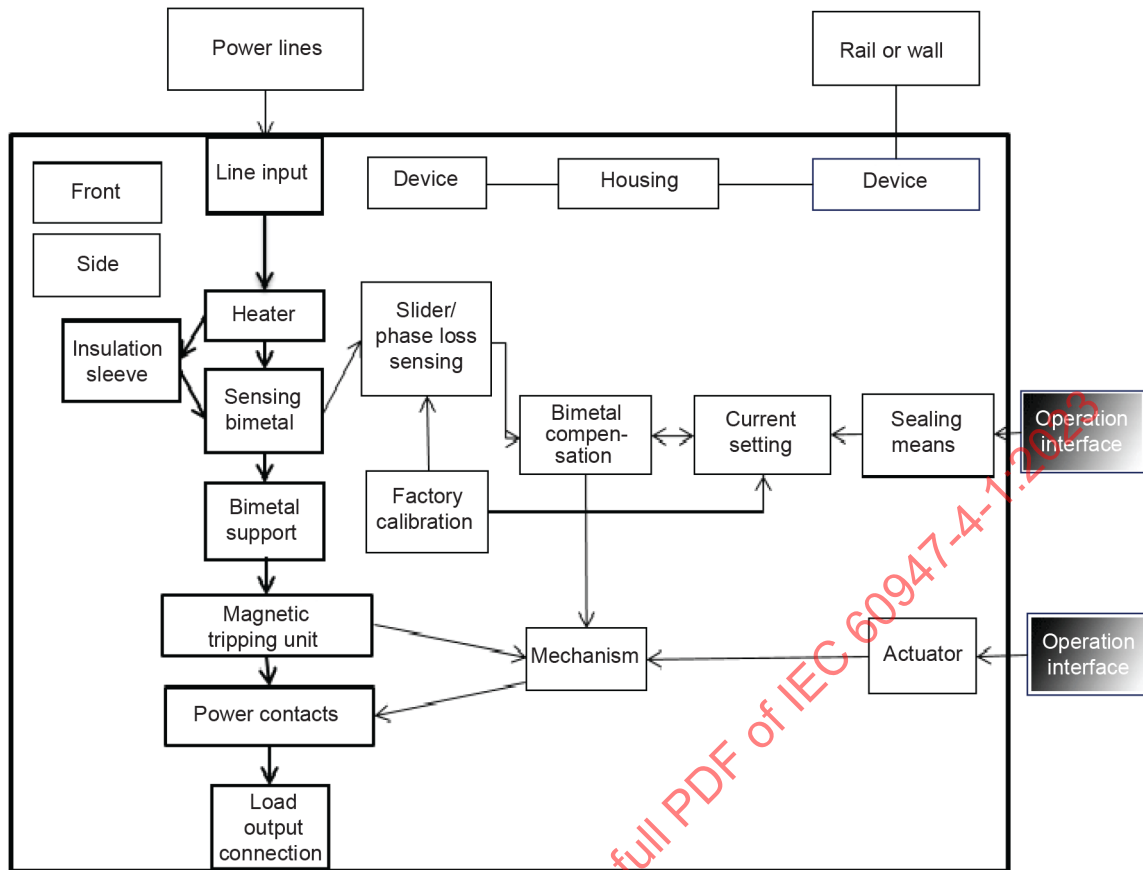
L.5.1 architecture description

Figure L.2 and Figure L.3 shows the examples of functional decomposition of a thermal overload relay and MPSD (respectively). See also Annex B to IEC 61508-6:2010.



IEC

Figure L.2 – Typical structure of a thermal overload relay



IEC

Figure L.3 – typical structure of MPSD

L.5.2 FMEA

Table L.1 – Severity

Level	Criticality	Failure mode
1 to 4	Insignificant	Failure mode of a minor nature without any noticeable degradation in equipment performance
5 to 7	Moderately significant	Failure mode which could cause harm to one person or the system failure, normally reversible or repairable in short term
8 and 9	Significant	Failure mode which could cause harm to several persons or damage in wider environment, normally reversible or repairable in long term
10	Critical	Failure mode which could cause the death of people or injuries normally irreversible

Table L.2 – Occurrence

Ranking	Qualitative approach Likelihood of failure
1	Remote possibility of happening. Similar parts are used for similar functions in previous designs and failures have been non-existent.
2 and 3	Low failure rate with similar parts having similar functions in previous designs.
4 to 6	Moderate failure rate with similar parts having similar functions in previous designs.
7 and 8	Frequent failure rate with similar parts or devices having similar functions in previous designs.
9	High likelihood of failure where there is almost certainty of failure in major proportions.
10	Failure is virtually guaranteed to occur in major proportions.

Table L.3 – Detection levels

Ranking	Detection	Component fault detection	System fault detection
1	Almost certain	Design control will almost certainly detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Proactive detection, Isolation to FRU (Field Replaceable Unit), Visual Indication or Report.
2	Very high	Very high chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation to FRU, Visual Indication or Report.
3	High	High chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation for FRU, Standard Test Equipment.
4	Moderately high	Moderately high chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation to FRU, Specialized Test Equipment.
5	Moderate	Moderate chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation, but to Non-FRU, Visual Indication or Report.
6	Low	Low chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation, but to Non-FRU, Standard Test Equipment.
7	Very low	Very low chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Isolation, but to Non-FRU, Specialized Test Equipment.
8	Remote	Remote chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Undetectable, No Isolation or Incorrect Isolation.
9	Very remote	Very remote chance that design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Undetectable, not applicable.
10	Absolute uncertainty	Design control will not or cannot detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	Hazardous action, not applicable.

Table L.4 shows an example on how to take the decision of further action depending on the RPN.

Table L.4 – Conclusion

RPN	Initial	R1	R2	Final	Action
1 to 40	52	51	0	0	No action
41 to 60	2	0	0	0	Action recommended to reduce number
61 to 1 000	1	0	0	0	Not accepted, action mandatory to reduce number

Table L.5 shows the example of an FMEA for thermal overload relay.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

[illegible]

[illegible]

Annex M (normative)

DC contactors for use in photovoltaic (PV) applications

M.1 Application

PV applications have particular characteristics and require equipment with specific performance. This annex gives the relevant performance requirements for these applications.

NOTE The abbreviation "PV" (photovoltaic) is used in this annex.

M.2 Object

This annex applies to direct current contactors, rated up to 1 500 V DC, intended for use with photovoltaic (PV) systems as defined by IEC 60364-7-712 and hereafter referred to as "PV contactor".

Contactors used in PV systems are subjected to electrical, environmental and operational conditions which differ from the general conditions taken into account in the body of present standard. The requirements have thus been adapted to reflect these conditions of use.

The object of this annex is to state:

- the requirements for contactors to be used with semiconductor controller on the direct current side of PV applications;
- the tests to verify that the equipment performance is consistent with the PV application and the expected life in PV environmental condition.

M.3 Classification

Clause 4 applies.

M.4 Characteristics

M.4.1 General

Clause 5 applies with the following additions.

M.4.2 Rated impulse withstand voltage

The rated impulse voltage (U_{imp}) of PV contactor shall comply with Table M.1.

Table M.1 – Rated impulse voltage levels for PV contactors

Maximum value of rated operational voltage (V)	Value of rated impulse voltage (V)
100	800
150	1 500
300	2 500
600	4 000
1 250	6 000
1 500	8 000
NOTE These values are based on requirements in IEC 60364-7-712 for overvoltage category II.	

M.4.3 Utilization category

The utilization categories define the intended application and are given in Table M.2.

Each utilization category is characterized by the values of the currents and voltages, expressed as multiples of the rated operational current and rated operational voltage, as well as the time constant of the circuit. The conditions for making and breaking given in Table M.4 correspond to the application listed in Table M.2.

A contactor for DC-PV3 utilization category is intended for providing galvanic opening of the circuit to be used between the PV module(s) and a semiconductor switching device. The purpose is to provide galvanic separation. Consequently, in this application, the contactor is carrying full current at day light but making and breaking with low current at night (e.g. leakage current). However, at day light, occasionally, the contactor shall be able to make and break full load current.

Table M.2 – Utilization categories

Utilization category	Typical PV load application
DC-PV2	Switching PV circuits including significant overload
DC-PV3	Switching PV circuit at low current and carrying full current

M.5 Product information

Subclause 6.2 applies with the following additions:

A contactor rated for use not only on PV installations shall have the PV ratings clearly separated from the other ratings.

A PV contactor shall have the following information marked under the conditions of 6.2:

- method and diagram of series connection of poles as necessary for each rating;
- operational characteristics according to M.6.2;
- direction of current, if the device is unidirectional.

The following data shall be made available in the manufacturer's published information:

- appropriate connection to the PV generator and load, if applicable;
- suitability for indoor or outdoor use.

M.6 Normal service, mounting and transport conditions

M.6.1 General

Clause 7 applies, with exception of 7.1.1 of IEC 60947-1:2020 which is replaced by the following.

M.6.2 Ambient air temperature

The equipment shall be able to operate in an ambient air temperature given in Table M.3 according to the rating table of thermal current provided by in the product documentation.

Table M.3 – Ambient air temperature conditions

Environmental class	Maximum ambient temperature without de-rating	Minimum ambient temperature	Comment
Unenclosed	+40 °C	–5 °C	Guidance on de-rating for higher ambient air temperature up to +70 °C should be provided. In addition, guidance on operation at temperature lower than –5 °C should also be given.
Enclosed – Outdoor	+40 °C (without solar effects)	–25 °C	Rating apply when the enclosed equipment is subject to solar radiation of 1,2 kW/m ² and the maximum ambient temperature. Guidance should be provided on de-rating of enclosed equipment to be installed in locations with a higher maximum ambient temperature and/or lower minimum ambient temperature.

Ambient air temperature is that existing in the vicinity of the equipment if supplied without an enclosure, or in the vicinity of the enclosure if supplied with an enclosure.

M.6.3 Altitude

Item k) of 6.1.2 applies.

Altitude up to 4 000 m is under consideration.

M.7 Constructional and performance requirements

M.7.1 Constructional requirements

Subclause 8.1 applies with the following modifications:

The minimum rated impulse voltage shall be in accordance with Table M.1.

M.7.2 Performance requirements

M.7.2.1 General

Subclause 8.2 applies with the following modifications.

The minimum rated impulse voltage shall be in accordance with Table M.1.

M.7.2.2 Making and breaking capacities

Contactors or starters shall be capable of making and breaking currents without failure under the conditions stated in Table M.4 for the required utilization categories.

**Table M.4 – Verification of rated making and breaking capacities –
Conditions for making and breaking corresponding to the DC-PV category**

Utilization categories	I_c/I_e	U/U_e	L/R ms	On-time ^b s	Off-time s	Number of operating cycles ^a
DC-PV3	1,5	1,05	1	0,05	d	50
DC-PV2	4	1,05	1	0,05	c	50
^a If the polarity is not marked on the device, 25 operating cycles with one polarity and 25 operating cycles with reverse polarity ^b The time may be less than 0,05 s, provided that contacts are allowed to become properly seated before reopening. ^c Maximum off-time given in Table 8 which can be reduced in agreement with the manufacturer. ^d Maximum off-time given in the manufacturer's documentation.						

M.7.2.3 Conventional operational performance

Subclause 8.2.4.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Contactors or starters shall be capable of making and breaking currents without failure under the conventional conditions stated in Table M.5 for the required utilization categories.

**Table M.5 – Conventional operational performance – Making and breaking
condition corresponding to the DC-PV category**

Utilization categories	I_c/I_{scl} ^a	U/U_e	L/R ms	On-time ^c s	Off-time s	Number of operating cycles ^b
DC-PV3	1	1,05	1	0,05	e	6 000
DC-PV2	1	1,05	1	0,05	d	6 000
^a I_{scl} shall be defined in the product documentation. ^b If the polarity is not marked on the device, 3 000 operating cycles with one polarity and 3 000 operating cycles with reverse polarity. ^c The time may be less than 0,05 s, provided that contacts are allowed to become properly seated before reopening. ^d Maximum off-time given in Table 8 which can be reduced in agreement with the manufacturer. ^e Maximum off-time given in manufacturer documentation.						

M.7.2.4 Critical load current performance

The main circuits of an equipment shall be capable of making and breaking its critical load current according to M.8.7.

M.7.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 8.3 applies.

M.8 Tests

M.8.1 General

Clause 9 applies with the following modification of the type tests and their sequences.

Each test sequence is made on a new sample.

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

For all tests, the connection of poles of the PV contactor shall be as in accordance with the manufacturer installation instructions.

M.8.2 Type tests

Type tests shall be performed according to the sequences of Table M.6.

Table M.6 – Overall scheme of test sequences

Sequences	Test
Making and breaking capacities and conventional operational performance (see M.8.3)	Verification of rated making and breaking capacities. Verification of conventional operational performance Behaviour of the contactor and its condition
Thermal cycling test (see M.8.4)	Thermal cycling test Mechanical operation Temperature-rise verification Verification of operation and operating limits Dielectric test according to M.8.6
Climatic test (see M.8.5)	Climatic test
Critical load current test (see M.8.7)	Critical load current test Behaviour of the contactor and its condition
Mechanical properties (see M.8.8) and Degree of protection of enclosed contactors (see M.8.9)	Mechanical properties Verification of degrees of protection of enclosed contactors
EMC (see M.8.10)	EMC test
Clearance and creepage distance (see M.8.11)	Measurement of creepage and clearance distances

M.8.3 Making and breaking capacities and conventional operational performance

The test sequence 2 of 9.3.1, the requirements of M.7.2.2 and M.7.2.3 apply. The behaviour of the contactor during, and its condition after the conventional operational performance tests shall be verified according to 9.3.3.6.7.

M.8.4 Thermal cycling test

PV contactors shall be subjected to temperature cycling according to IEC 60068-2-14:2023, test Nb, consisting of 50 cycles, each cycle consisting of 1 h at – 40 °C followed by 1 h at + 85 °C. Temperature change rate shall be 1 K/min. At the conclusion of the 50 cycles, the devices shall be returned to room temperature of 25 ± 5 °C for a minimum of 3 h.

The device shall then be subjected to:

- a visual inspection to confirm that there is no distortion or damage to parts that will affect normal operation and protection;
- one open and close operation to confirm normal mechanical operation;
- test sequence 1 as in 9.3.1.

M.8.5 Climatic test

PV contactors shall be subjected to the climatic tests of Annex Q, category B of IEC 60947-1:2020, environment subject to temperature and humidity, except that the dry heat test and the low temperature test are not required, as they are deemed to be covered by the thermal cycling test of M.8.3.

Where Table Q.1 of IEC 60947-1:2020 requires the verification of operational performance capability, this shall be made by performing the test of 9.3.6.2.

M.8.6 Dielectric test

Subclause 9.3.3.4 applies with the following modifications:

Test voltage for verification of impulse withstand voltage shall use Table M.1 with altitude correction according to Table 12 of IEC 60947-1:2020.

M.8.7 Critical load current test

M.8.7.1 Test circuit

Subclause 9.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The test supply shall be connected in accordance with the supply – load and polarity markings where applicable.

The time constant of the test circuit shall be 1 ms. A higher value of time constant may be used for all tests, in which case, it shall be stated in the test report.

M.8.7.2 Determination of critical load current

The test shall be made at the maximum operational direct current voltage (U_e max) assigned to the contactor.

The time of arc extinction during the test shall be recorded and shall not exceed 1 000 ms.

The test current values shall be 4 A, 8 A, 16 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 64 A and 128 A but not exceeding the rated current. The test shall also be performed at the rated current if it is not covered by the previous test values. For contactors with a rated current less than or equal to 16 A for DC-PV3, the test shall additionally be carried out at 1 A and 2 A. The tolerance of the test currents shall be $\pm 10\%$. The PV contactor shall be opened 5 times on to each of the test currents. If the polarity is not marked on the contactor, it shall be operated 5 additional times in the reverse direction.

For each test current and each current direction, the average arcing time is calculated as the average of five operations.

A critical load current I_{crit} is identified when the test current corresponding to the maximum average arcing time exceeds 1,5 times the average arcing time at the rated operational current. If no critical load current is identified at the test current below the breaking current capacity, the critical load current performance test of M.8.7.3 need not be carried out.

M.8.7.3 Critical load current performance

The test requirements of 9.3.3.6 applies with the following modifications.

Contactors shall be subjected to an operational performance verification corresponding to the critical load current, as determined in M.8.7.2, under the conditions stated in Table M.7 and Table M.8.

The test can be carried out with the same sample as in M.8.7.2.

Table M.7 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current

Category	Rating of the equipment A	Number of operating cycles per hours
DC-PV3 and DC-PV2	$I_e \leq 315$	120
	$315 < I_e \leq 630$	60
	$630 < I_e \leq 2\,500$	20
	$I_e > 2\,500$	10

Table M.8 – Critical load current performance

Utilization categories	I	U/U_e	L/R ms	Minimum on-time ^b s	Number of operating cycles per hours	Number of operating cycles
DC-PV3	I_{crit}	1,05	1	0,05	a	100
DC-PV2	I_{crit}	1,05	1	0,05	a	100
^a See Table M.7.						
^b The PV contactor shall remain closed for a time sufficient to ensure that the full current is established, but not exceeding 2 s.						

The behaviour of the contactor during, and its condition after, the critical load current performance tests shall be verified according to 9.3.3.6.7.

M.8.8 Mechanical and electrical properties of terminals

The verification of mechanical properties of terminals shall be performed according to 9.2.5 of IEC 60947-1:2020, and 9.2.2 and 9.2.3 of this document).

M.8.9 Degree of protection of enclosed contactors

The verification of the degrees of protection of enclosed contactors and starters shall be performed according to Annex C of IEC 60947-1:2020.

M.8.10 EMC

Electromagnetic compatibility shall be verified in accordance with 9.4.

M.8.11 Clearance and creepage distances

Clearance and creepage distances shall be measured to confirm compliance with 8.1.4 (see Annex G of IEC 60947-1:2020 for guidance on measurement of clearance and creepage distances).

Annex N (normative)

Additional requirements and tests for equipment with protective separation

N.1 General

The purpose of this annex is to provide additional requirements to Annex N of IEC 60947-1:2020.

N.2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of Clause N.2 of IEC 60947-1:2020, as well as 3.7.9 applies.

N.3 Requirements

N.3.1 Test method for implementing protective impedance

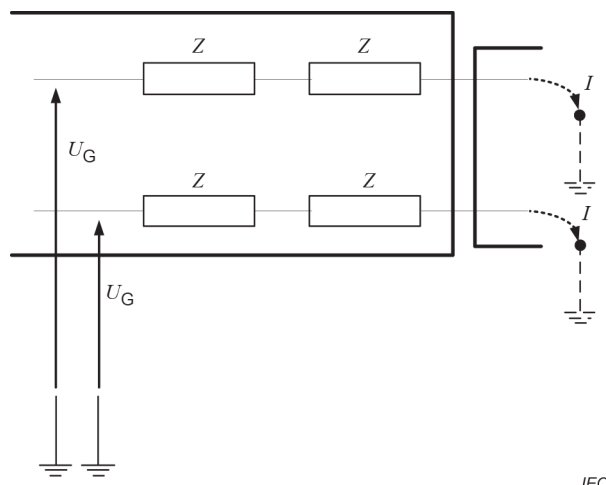
Protective impedance shall be arranged so that under both normal and single fault conditions, according respectively to 4.2 and 4.3 of IEC 61140:2016, the touch current and the discharge energy available shall be limited.

The protective impedances shall be designed and tested to withstand the impulse voltages and temporary overvoltages for the circuits to which they are connected.

Compliance with the requirement for the limitation of touch current is checked by test of N.3.2.

Compliance with a limited value of 0,5 mJ for the discharge energy shall be checked by performing calculations and/or measurements to determine the voltage and capacitance.

Figure N.1 shows examples of the method used to implement protective impedance.



Key

- Z impedance
- U_G hazardous voltage, earthed or unearthed
- I touch current

NOTE 1 To provide protection in single-fault conditions, use the following equation $I = \frac{U_G}{Z}$

NOTE 2 This figure is reproduced from Figure A.2 of IEC 62477-1:2022.

Figure N.1 – Protection by means of protective impedance

N.3.2 Touch current measurement

The equipment under test shall be set up in an insulated state without any connection to the earth and shall be operated at rated voltage. Under these conditions, the touch current shall be measured between the touchable parts and the earth according to the test circuit of Figure N.2.

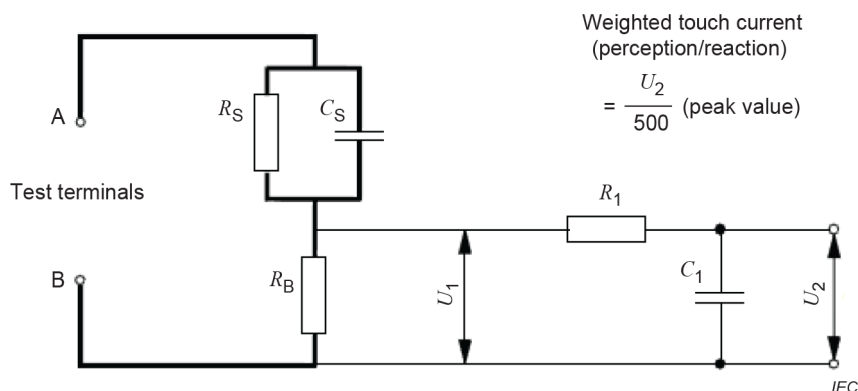
For an equipment to be connected to an earthed neutral system, the neutral of the mains of the test site shall be directly connected to earth.

For an equipment to be connected to an earthed neutral system or impedance system, the neutral of the mains of the test circuit shall be directly connected to earth.

The following maximum values of touch current (alternating current values for frequencies up to 100 Hz) are permitted:

- a) a steady-state current flowing between simultaneously accessible conductive parts not exceeding 0,5 mA AC or DC under normal operating conditions;
- b) values not exceeding 3,5 mA AC or 10 mA DC under single fault conditions.

As shown in Figure N.2, the voltage U_2 is measured and the current is calculated by dividing the measured voltage U_2 by 500.



Voltmeter or oscilloscope (RMS or peak reading)

input resistance: $> 1 \text{ M}\Omega$

input capacitance: $< 200 \text{ pF}$

frequency range: 15 Hz up to 1 MHz (appropriate for the highest frequency of interest)

Key

R_S 1 500 Ω

R_B 500 Ω

R_1 10 k Ω

C_S 0,22 μF

C_1 0,022 μF

NOTE The measuring test circuit of this figure is reproduced from Figure 4 of IEC 60990:2016.

Figure N.2 – Measuring instrument

Electrical measuring instruments shall have adequate bandwidth to provide accurate readings, taking into account all components (alternating current, direct current mains supply frequency, high frequency and harmonic content) of the parameter being measured. If the RMS value is measured, care shall be taken that measuring instruments give true RMS readings of non-sinusoidal waveforms as well as sinusoidal waveforms.

Annex O (normative)

Load monitoring indicators

O.1 General

The provisions of this annex apply to equipment declared as performing measurement according to at least one load monitoring indicator covered by this annex.

The implementation of an energy efficiency (EE) approach for AC motor-driven systems (e.g. pumps, compressors) or asset management activities requires load monitoring indicators based on electrical supply quantities.

An example implementation of such load monitoring indicators is to detect sudden changes or drifts in active power or phase current.

NOTE More advanced load monitoring can be achieved with higher accuracy and/or by measuring other electrical quantities such as harmonics, voltage sags and swells, etc. This can be done by implementing Power Metering & Monitoring Functions (PMF) in the equipment: see IEC 61557-12:2018 and IEC 61557-12:2018/AMD1:2021, Annex H.

O.2 Indicators list

Table O.1 shows the minimum requirements for a proposed set of indicators recommended for EE analysis or asset management.

Trueness and repeatability as stated in Table O.1 apply to the complete monitoring chain, including external sensors if any.

The selection of the indicators within Table O.1 shall be indicated in the product documentation.

Table O.1 – AC monitoring indicators list

Indicator name	Definition	Units ^a	Symbol	Minimum range	Trueness ^c	Repeatability ^d
phase x current	the value of the current flowing in phase x of an electrical distribution system	A	I_x	$0,4 \times I_e$ to $0,7 \times I_e$	$\pm 25 \%$	2 %
				$0,7 \times I_e$ to $1,1 \times I_e$	$\pm 10 \%$	2 %
phase to phase voltage	the voltage between phases	V	U_{pg}	$0,9 \times U_e$ to $1,1 \times U_e$	$\pm 5 \%$	2 %
phase to neutral voltage	the voltage between a phase in a polyphase system and the neutral point	V	V_{pN}	$0,9 \times U_e / \sqrt{3}$ to $1,1 \times U_e / \sqrt{3}$	$\pm 5 \%$	2 %
total active power	the sum of the active powers in all phases of an electrical distribution system	W	P	PF $\geq 0,9$	$\pm 20 \%$	3 %
total apparent power	the sum of the apparent powers in all phases of an electrical distribution system	VA	S	-	$\pm 25 \%$	3 %
current imbalance ^b	the ratio between the maximum current deviation of any phase from average current and the average current	%	I_{imb}	70 % to 130 %	± 10 points ^e	± 2 points ^e
power factor	under periodic conditions, ratio of the absolute value of the active power P to the apparent power S : $\lambda = \frac{ P }{S}$	No unit	PF (λ in IEC 60050 series)	0,5 to 1	$\pm 0,3$ ^f	$\pm 0,04$ ^f

NOTE 1 Unless otherwise stated, ambient air temperature effects are assumed to be compensated. When not, the reference ambient air temperature is specified in the product documentation.

NOTE 2 Performances could be referred according to PROFIEnergy classes X to Y, Accuracy domain 2, which combines trueness and repeatability into "accuracy".

^a Absolute or per unit (ratio to a reference value, e.g. FLA for current).

^b See Annex T of IEC 60947-1:2020.

^c Trueness is characterized by the systematic error of the measured value (see 3.3.3 of ISO 3534-2:2006).

^d Repeatability represents the random part of the measurement error. It is a variation parameter characterizing the dispersion of the measurements, taken under the same conditions. This value shall be declared together with a time-window or number of measurements (see O.3).

^e "point" is an absolute deviation from a measurement expressed in percent. For example, if the measured imbalance value is 8 %, then the associated repeatability criterion is to measure values between 6 % and 10 %.

^f PF has no unit. Therefore, limit is expressed as an absolute deviation from the measured value.

The refresh interval is a global requirement, and shall not be more than 1 min. It can be defined individually for each indicator. The minimum bandwidth of the measurement shall be up to the 7th harmonic of the fundamental frequency.

The values given for trueness and repeatability in Table O.1 are given for the minimum range, and cannot be used to characterize the accuracy of the motor overload protection.

O.3 Uncertainty

Uncertainty of measurement is the combination of systematic error and random error, both referring to the conventional true value which is obtained with a measuring instrument typically 10 times more accurate than the device under test.

The systematic error quantifies the trueness of the measurement, i.e. how close the average measurement results are to the true value. In given conditions, the systematic error results from factors having a fixed impact on the measurement results, such as the imperfect calibration or correction of the measurement chain resulting from temperature effects.

The random error is resulting from factors having an unpredictable impact on the measurement results such as noise in the different parts of the measurement chain, imperfections in the measurement algorithms, crosstalk and other electromagnetic compatibility issues. The random error quantifies the precision or repeatability of the measurement, i.e. how close repeated measurement results are to each other. The most common statistical indicator used is the standard deviation σ . It can be estimated from a series of N measurement results in the same conditions as:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{with} \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N x_i$$

For load monitoring applications and especially the evaluation of energy efficiency, the systematic error of individual measurements is not relevant because the goal is to detect trends or check the impact of process changes. For example, one might want to check the impact of Energy Efficiency actions or process changes on the average power consumption as shown in Figure O.1.

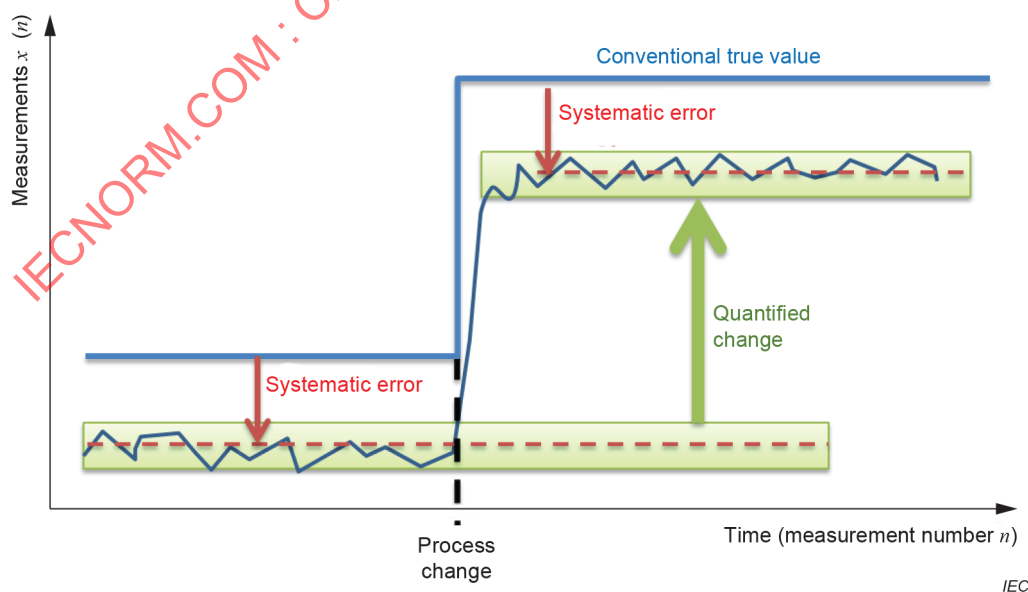


Figure O.1 – Example of quantification of a process change

The systematic error does not matter so much for change detection: as soon as the impact is significantly greater than the random error, it easily shows up on the measurement results and the change will be well quantified. In borderline cases, some averaging should be considered.

Any integrated or subsequent integration or averaging process tends to reduce the random error so that only the systematic error remains significant. Therefore, changes and trends are easily detected on such integrated/averaged quantities, whatever the uncertainty (trueness and precision) of the measurement device.

O.4 Tests

O.4.1 Routine tests

No routine tests are required.

O.4.2 Type tests

O.4.2.1 General

Various methods for verification (see Table O.2) of indicators performances include:

- verification by measurement;
- verification by simulation, using models for which the validity has to be demonstrated;
- verification by design assessment, i.e. confirmation of the correct application of calculations and design rules, including use of appropriate safety margins.

Table O.2 – Different possibilities authorized for verification of indicators

Indicator	Fundamental	Harmonics	Non-tested phase
phase x current	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Measurement Simulation Design assessment
phase to phase voltage	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Measurement Simulation Design assessment
phase to neutral voltage	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Measurement Simulation Design assessment
total active power	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Not applicable
total apparent power	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Not applicable
current imbalance	Measurement	N/A	Not applicable
Total power factor	Measurement	Measurement Simulation Design assessment	Not applicable

O.4.2.2 Test conditions

When the equipment has only-one rating, one sample shall be tested. For an equipment range, the minimum and maximum ratings shall be tested.

Test shall be performed under conditions stated in Table O.3.

Table O.3 – Reference for verification conditions

	Value
Current	Minimum value (see Table O.1) ^a
Voltage	Minimum value (see Table O.1) ^a
Power factor	0,7 IND
Frequency	50 Hz or 60 Hz
Ambient temperature^b	23 °C
^a When a range specification is different from Table O.1, it shall be tested according to minimum rated voltage/current values. ^b When not compensated, ambient temperature shall be specified in product documentation.	

Harmonic levels for verification are given in following Table O.4.

Table O.4 – Harmonic levels

Harmonic	Voltage %	Current %
5 th	12	12
7 th	10	10
NOTE Harmonics are expressed in percent of the fundamental value.		

O.4.2.3 Test criteria

Performance evaluation is to be considered as statistical approach. For details, refer to O.3. The coverage factor for assessing repeatability of measured indicator values is equal to two.

Annex P (normative)

Short-circuit breaking tests of MPSD

P.1 General test conditions

For short-circuit breaking capacity tests other than those in an individual enclosure, a wire mesh shall be placed at all points of the MPSD likely to be a source of external phenomena capable of producing a breakdown, in accordance with the arrangements and distances specified in the product documentation. Details, including distance from the MPSD under test to wire-mesh, shall be stated in the test report. MPSD's intended for use in an individual enclosure shall, in addition, be tested in the smallest of such enclosure stated in the product documentation.

If a MPSD is fitted with adjustable short-circuit releases, the setting of the releases shall be as specified for each test sequence.

For MPSD having a rated current up to and including 630 A, a cable of maximum length 75 cm, having a cross-section corresponding to the conventional thermal current (see 9.3.3.3.4, Table 9 and Table 10 of IEC 60947-1:2020) shall be included as follows:

- approximately 50 cm on the supply side;
- approximately 25 cm on the load side.

The sequence of operations shall be that which is applicable to the test sequence as specified in P.2, P.3 and P.4.

The following symbols are used for defining the sequence of operations:

- O represents a breaking operation;
- CO represents a making operation followed, after the appropriate opening time, by a breaking operation;
- t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be as short as possible, allowing for the resetting time of the MPSD, but not less than 3 min. The actual value of t shall be stated in the test report.

The maximum resetting time shall be 15 min or such longer time as stated in the product documentation, during which time the MPSD shall not be displaced. Attempts to reclose the MPSD during the resetting time shall be spaced by at least 1 min.

The maximum value of I^2t (see 3.7.18 of IEC 60947-1:2020) during these tests shall be recorded in the test report.

The behaviour of the MPSD during short-circuit tests shall be according to 9.3.4.1.7 of IEC 60947-1:2020 and the interpretation of the test result shall be according to 9.3.4.1.8 of IEC 60947-1:2020.

After the short-circuit tests, the result shall be verified according to 9.3.4.2.4.

P.2 Rated service short-circuit breaking capacity

P.2.1 General

The following tests shall be realised in the following sequence:

- rated service short-circuit breaking capacity (P.2.2);
- verification of operational performance capability (P.2.3);
- verification of dielectric withstand (P.2.4);
- verification of temperature-rise (P.2.5);
- verification of overload releases (P.2.6).

P.2.2 Test of rated service short-circuit breaking capacity

A short-circuit test is made under the general conditions of 9.3.4.1 and P.1 with a value of conventional prospective current equal to the rated service short-circuit breaking capacity I_{cs} , as declared in 6.1.2 j) in accordance with 5.3.6.2.

The power factor for this test shall be according to Table 16 of IEC 60947-1:2020, for the appropriate test current.

The sequence of operations shall be:

O – t – CO – t – CO

t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or the resetting time of the MPSD. The actual value of t shall be stated in the test report.

P.2.3 Verification of operational performance capability

Following the test according to P.2.2, the operational performance capability shall be verified in accordance with 9.3.3.6 except that this verification shall be made at the same rated operational voltage as used for the test of P.2.2, and that the number of operations shall be 5 % of the on-load operations given in Table 10.

Following the test, the dielectric withstand shall be verified according to P.2.4.

P.2.4 Verification of dielectric withstand

P.2.4.1 General

The test shall be performed on the MPSD whilst it remains mounted for the preceding test. If this is not practicable it may be disconnected and removed from the test circuit, although measures shall be taken to ensure that this does not influence the result of the test.

P.2.4.2 Test voltage

Subclause 9.3.3.4.1, item 3) b), of IEC 60947-1:2020 applies.

The value of the test voltage shall be $2 U_e$ with a minimum of 1 000 V RMS, or 1 415 V DC if an AC voltage cannot be applied. The value of U_e referred to is that at which the preceding switching and/or short-circuit tests have been performed.

P.2.4.3 Application of the test voltage

The test voltage shall be applied for 60 s in accordance with 9.3.3.4.1, items 2) c) i), ii) and iii), of IEC 60947-1:2020 and, in addition, between the incoming and outgoing terminals of each pole with the MPSD open. The use of the metal foil as specified in 9.3.3.4.1, item 1), of IEC 60947-1:2020 is not required. For the purposes of this document, circuits incorporating solid-state devices connected to the main circuit may be disconnected for the tests. The normal positions of operation include the tripped position, if any.

For MPSD suitable for isolation the leakage current shall be measured in open position in accordance with 9.3.3.4.1, fourth item, except that the leakage current shall not exceed 2 mA.

P.2.4.4 Acceptance criteria

Subclause 9.3.3.4.1, item 3) d), of IEC 60947-1:2020 applies.

P.2.5 Verification of temperature-rise

Following the test according to P.2.4, the temperature-rise at the main terminals shall be verified in accordance with 9.3.3.3. The temperature-rise shall not exceed the values given in Table 2 of IEC 60947-1:2020 plus 15 K but not exceeding 80 K.

P.2.6 Verification of overload releases

The operation of overload releases shall be verified in accordance with 9.3.4.2.4 k), except that the test current shall be 1,45 times the value of their current setting.

P.3 Rated ultimate short-circuit breaking capacity

P.3.1 General

Where $I_{cs} = I_{cu}$, this test sequence need not to be made, but the following verifications shall additionally be made in the test sequence P.2:

- the verification of P.3.2 at the beginning of the test sequence;
- the verification of P.3.5 at the end of the test sequence.

The following tests shall be realised in the following sequence:

- verification of overload releases (P.3.2);
- test of rated ultimate short-circuit breaking capacity (P.3.3);
- verification of dielectric withstand (P.3.4);
- verification of overload releases (P.3.5).

An additional test with reverse connection is required on a new sample at the highest rated operational voltage applicable U_e in the following cases:

- no information is given with the equipment on how to connect the line and load phases to the terminals e.g with marking L and T, or;
- the product documentation claims the suitability for reverse connection.

P.3.2 Verification of overload releases

The operation of overload releases shall be verified at twice the value of their current setting. This test can be made at any convenient voltage.

If the ambient temperature differs from the reference temperature, the test current shall be corrected in accordance with the temperature/current data of the product documentation, for releases dependent on ambient temperature.

For tests for which the tripping characteristic is independent of the temperature of the terminals (e.g. electronic overload releases, magnetic releases), connection data (type, cross-section, length) may be different from those required in 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020. The connections should be compatible with the test current and induced thermal stresses.

The operating time shall not exceed the maximum value stated in the product documentation for twice the current setting at the reference temperature.

NOTE This test is performed on all 3 poles together to avoid a trip under phase loss condition.

P.3.3 Test of rated ultimate short-circuit breaking capacity

Following the test according to P.3.2, a short-circuit breaking capacity test is made with a value of the conventional prospective current equal to the ultimate rated short-circuit breaking capacity as declared in 6.1.2 j), under the general conditions according to 9.3.4.1 and P.1.

The sequence of operations shall be:

O – t – CO

P.3.4 Verification of dielectric withstand

Following the test according to P.3.3, the dielectric withstand shall be verified according to P.2.4. For MPSD suitable for isolation, the leakage current shall not exceed 6 mA.

P.3.5 Verification of overload releases

Following the test according to P.3.4, the operation of overload releases shall be verified in accordance with P.3.2, except that the test current shall be 2,5 times the value of their current setting.

The operating time shall not exceed the maximum value stated in the product documentation for twice the value of the current setting, at the reference temperature.

NOTE This test is performed on all 3 poles together to avoid a trip under phase loss condition.

P.4 Test of MPSD for IT system

NOTE This test is intended to cover the case of a second fault to earth in presence of a first fault on the opposite side of a MPSD when connected to an electrical installation having all live parts isolated from earth or one point connected to earth through an impedance.

P.4.1 General

This test shall apply to multipole MPSDs for application on IT system, in accordance with IEC 60364-1:2005; it comprises the following test sequence:

- individual pole short-circuit in P.4.2;
- verification of dielectric withstand in P.4.3;
- verification of overload releases in P.4.4.

Additional marking of the MPSD are given in P.4.5.

P.4.2 Individual pole short-circuit

A short-circuit test is made on the individual poles of a multipole MPSD under the general conditions of 9.3.4.1 and P.1, at a value of current I_{IT} equal to 1,2 times the maximum tripping current setting of the short-circuit release but not less than 500 A nor exceeding 50 kA.

NOTE 1 The prospective current of the test circuit can be increased to ensure that the test current exceeds the actual short-time or instantaneous tripping current, due to impedance of the MPSD and its connections.

NOTE 2 Values higher than I_{IT} can be tested instead and declared in the product documentation.

The test voltage shall be the phase-to-phase voltage corresponding to the maximum rated operational voltage of the MPSD at which it is suitable for application on IT systems, taking into account the requirements for recovery voltage of 9.3.2.2.3, item a) of IEC 60947-1:2020. The power factor shall be according to Table 16 of IEC 60947-1:2020. When $I_{IT} = 50$ kA, the short-time or instantaneous tripping current setting shall be adjusted to the nearest setting lower than (50/1,2) kA.

The test circuit shall be according to 9.3.4.1.2 of IEC 60947-1:2020 and Figure 9 of IEC 60947-1:2020, the supply S being derived from two phases of a three-phase supply, the fusible element F being connected to the remaining phase. The remaining pole or poles shall also be connected to this phase via the fusible element F.

The sequence of operations shall be:

O – t – CO

and shall be made on each pole separately, in turn.

P.4.3 Verification of dielectric withstand

The dielectric withstand shall be verified according to P.2.4 except for MPSD suitable for isolation, the leakage current shall not exceed 6 mA.

P.4.4 Verification of overload releases

The operation of overload releases shall be verified in accordance with 9.3.4.2.4 k), except that the test current shall be 2,5 times the value of their current setting.

The operating time shall not exceed the maximum value stated in the product documentation for twice the value of the current setting, at the reference temperature.

NOTE This test is performed on all 3 poles together to avoid a trip under phase loss condition.

P.4.5 Marking

MPSDs for which all values of rated voltage have been tested according to this annex or are covered by such testing require no additional marking.

MPSDs for which all values of rated voltage have not been tested according to this annex or are not covered by such testing shall be identified by the symbol  (IEC 60417-6363:2016-07 "not suitable for use on IT systems") which shall be marked on the MPSD immediately following these values of rated voltage (see EXAMPLE 1).

Where a MPSD has not been tested according to this annex, a single marking by the symbol  may be used provided it is so placed that it unmistakably covers all voltage ratings (see EXAMPLE 2).

EXAMPLE 1:

690 V 

EXAMPLE 2:

415 V
500 V
690 V } 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Bibliography

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

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-421, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 421: Power transformers and reactors*

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

IEC 60050-442, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 442: Electrical accessories*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60072-1:2022, *Rotating electrical machines – Dimensions and output series – Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1080*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety "e"*

IEC 60079-29-3:2014, *Explosive atmospheres – Part 29-3: Gas detectors – Guidance on functional safety of fixed gas detection systems*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2:2013, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to K*

IEC 60364-7-712, *Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60384-17:2019, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 17: Sectional specification – Fixed metallized polypropylene film dielectric AC and pulse capacitors*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60812:2018, *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)*

IEC 60947-3:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-2: Contactors and motor-starters – Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters*

IEC 60947-6-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6-2: Multiple function equipment – Control and protective switching devices (or equipment) (CPS)*

IEC 60947-8, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC) for rotating electrical machines*

IEC 60990:2016, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61000-6-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for equipment used in power station and substation environment*

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

IEC 61508-2, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (see <http://www.iec.ch/functionalsafety>)*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements (see <http://www.iec.ch/functionalsafety>)*

IEC 61508-4:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations (see <http://www.iec.ch/functionalsafety>)*

IEC 61508-6:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3 (see <http://www.iec.ch/functionalsafety>)*

IEC 61557-12:2018, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 12: Power metering and monitoring devices (PMD)*

IEC 61557-12:2018/AMD1:2021

IEC 61649, *Weibull analysis*

IEC 61915-2:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear – Device profiles for networked industrial devices – Part 2: Root device profiles for starters and similar equipment*

IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related control systems*

IEC 62443 (all parts), *Security for industrial automation and control systems*

IEC 62477-1:2022, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

IEC 62683-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Product data and properties for information exchange – Part 1: Catalogue data*

IEC 63365, *Industrial process measurement, control and automation – Digital nameplate*

IEC TR 63054, *Low-voltage switchgear and controlgear – Fire risk analysis and risk reduction measures*

IEC TR 63201:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Guidance for the development of embedded software*

IEC 63404³, *Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage – Integration method of radiocommunication device into an equipment*

IEC Guide 104:2019, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO/IEC 80079-34, *Explosive atmospheres – Part 34: Application of quality systems for ex product manufacture*

ISO/IEC 14762:2009, *Information technology – Functional safety requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES)*

ISO/IEEE 82079-1:2012, *Preparation of instructions for use – Structuring, content and presentation – Part 1: General principles and detailed requirements*⁴

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 3534-2:2006, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 2: Applied statistics*

JIS C 4213: 2014, *Low-voltage three-phase squirrel-cage induction motors – Low-voltage top runner motor*

CSA C22.1, *Canadian Electrical Code*

CLC/TR 45550:2020, *Definitions related to material efficiency*

EN 45556, *General method for assessing the proportion of reused components in energy-related products*

EN 50495, *Safety devices required for the safe functioning of equipment with respect to explosion risks*

NFPA 70, *National Electrical Code*

PROFI Energy profile test specification V1.1:2014

UL 508:2021, *Industrial control equipment*

³ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 63404:2023.

⁴ This publication was withdrawn and replaced with IEC/IEEE 82079-1:2019.

UL 60947-1, *Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 1: General rules*

UL 60947-4-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	197
1 Domaine d'application	200
2 Références normatives	201
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	202
3.1 Généralités	202
3.2 Index alphabétique des termes	202
3.3 Termes et définitions relatifs aux contacteurs	204
3.4 Termes et définitions relatifs aux fonctions des démarreurs	206
3.5 Termes et définitions relatifs aux démarreurs	207
3.6 Termes et définitions relatifs aux grandeurs caractéristiques	213
3.7 Termes et définitions relatifs aux aspects liés à la sécurité	215
3.8 Termes et définitions relatifs aux caractéristiques des moteurs électriques	218
3.9 Symboles et abréviations	219
4 Classification	220
5 Caractéristiques des contacteurs et des démarreurs	220
5.1 Énumération des caractéristiques	220
5.2 Type du matériel	221
5.2.1 Nature du matériel	221
5.2.2 Nombre de pôles	222
5.2.3 Nature du courant (alternatif ou continu)	222
5.2.4 Milieu de coupure (air, huile, gaz, vide, etc.)	222
5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel	222
5.2.6 Méthodes de protection des moteurs contre les surcharges	222
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux	223
5.3.1 Tensions assignées	223
5.3.2 Courants ou puissances	224
5.3.3 Fréquence assignée	226
5.3.4 Services assignés	226
5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge	227
5.3.6 Caractéristiques de court-circuit	229
5.3.7 Impédance de pôle d'un contacteur (Z) ou d'un démarreur	229
5.4 Catégorie d'emploi	230
5.4.1 Généralités	230
5.4.2 Attribution des catégories d'emploi en fonction des résultats d'essais	230
5.5 Circuits de commande	233
5.6 Circuits auxiliaires	233
5.7 Caractéristiques du relais et du déclencheur des relais de surcharge et de l'appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM)	233
5.7.1 Énumération des caractéristiques	233
5.7.2 Types du relais ou du déclencheur	233
5.7.3 Valeurs caractéristiques	234
5.7.4 Désignation et courants de réglage des relais de surcharge	235
5.7.5 Caractéristiques temps-courant des relais de surcharge	236
5.7.6 Influence de la température de l'air ambiant	236
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits	236
5.9 Vacant	236

5.10	Types et caractéristiques des appareils de commande automatique de commutation et des appareils de commande automatique d'accélération	237
5.10.1	Types	237
5.10.2	Caractéristiques	237
5.11	Types et caractéristiques des autotransformateurs des démarreurs par autotransformateur à deux étapes.....	237
5.12	Types et caractéristiques des résistances de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances	238
6	Informations sur le matériel	238
6.1	Nature des informations	238
6.1.1	Identification	238
6.1.2	Caractéristiques, valeurs assignées fondamentales et utilisation	238
6.2	Marquage	240
6.3	Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage	241
6.4	Informations relatives à l'environnement	242
6.5	Instructions relatives au matériel en mesure d'être réutilisé, réparé et mis à niveau.....	242
7	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	242
8	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement	243
8.1	Exigences relatives à la construction	243
8.1.1	Généralités	243
8.1.2	Matériaux	243
8.1.3	Parties conductrices et leurs connexions	244
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite	244
8.1.5	Organe de commande	245
8.1.6	Indication de la position des contacts	245
8.1.7	Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement.....	245
8.1.8	Bornes.....	245
8.1.9	Exigences supplémentaires pour les matériels équipés d'un pôle neutre.....	246
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection	246
8.1.11	Enveloppes pour le matériel	246
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe	246
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	246
8.1.14	Source d'énergie limitée	246
8.1.15	Circuit d'énergie de charge emmagasinée	249
8.1.16	Conditions de défaut et conditions anormales	249
8.1.17	Protection des accès contre les courts-circuits et les surcharges	250
8.1.18	Utilisation d'un dispositif de limitation des transitoires de tension	250
8.2	Exigences de fonctionnement	250
8.2.1	Conditions de fonctionnement.....	250
8.2.2	Échauffement	256
8.2.3	Propriétés diélectriques	259
8.2.4	Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et de surcharge	260
8.2.5	Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits	266
8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	269
8.3.1	Généralités	269
8.3.2	Immunité	269
8.3.3	Émission.....	270

8.4	Logiciels intégrés	270
8.5	Sécurité	271
9	Essais	271
9.1	Nature des essais	271
9.1.1	Généralités	271
9.1.2	Essais de type	271
9.1.3	Essais individuels de série	271
9.1.4	Essais sur prélèvement	272
9.1.5	Essais spéciaux	272
9.2	Conformité aux exigences de construction	273
9.2.1	Généralités	273
9.2.2	Performance électrique des organes de serrage sans vis	273
9.2.3	Essai de vieillissement pour organes de serrage sans vis	274
9.2.4	Essai de la source d'énergie limitée	274
9.2.5	Défaillance de composants	275
9.2.6	Essai de flexion de câble	275
9.3	Conformité aux exigences relatives au fonctionnement	276
9.3.1	Séquences d'essais	276
9.3.2	Conditions générales pour les essais	276
9.3.3	Fonctionnement à vide et dans les conditions normales de charge et de surcharge	277
9.3.4	Fonctionnement en court-circuit	292
9.3.5	Capacité de tenue des contacteurs et des ACPIM aux courants de surcharge	298
9.3.6	Essais individuels de série et essais sur prélèvement	298
9.4	Essais CEM	300
9.4.1	Généralités	300
9.4.2	Immunité	301
9.4.3	Émission	303
Annexe A (normative) Marquage et identification des bornes des contacteurs, des démarreurs et des relais de surcharge associés		304
A.1	Généralités	304
A.2	Marquage et identification des bornes des circuits principaux	304
A.3	Marquage et identification des bornes des relais de surcharge	304
Annexe B (normative) Essais spéciaux		306
B.1	Généralités	306
B.2	Durabilité mécanique	306
B.2.1	Généralités	306
B.2.2	Vérification de la durabilité mécanique	306
B.3	Durabilité électrique	308
B.3.1	Généralités	308
B.3.2	Résultats à obtenir	310
B.3.3	Analyse statistique des résultats d'essais pour les contacteurs ou les démarreurs	310
B.4	Coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC associé	311
B.4.1	Généralités	311
B.4.2	Condition pour l'essai de vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode directe	311
B.4.3	Courants d'essai et circuits d'essai	311
B.4.4	Procédure d'essai et résultats à obtenir	311

B.4.5	Vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode indirecte	312
Annexe C (informative) Évolutions des moteurs électriques et méthodes de démarrage des moteurs		315
C.1	Généralités	315
C.1.1	Modifications majeures du marché en ce qui concerne les moteurs électriques	315
C.1.2	Caractéristiques des moteurs électriques	316
C.1.3	Analyse du rendement des moteurs	316
C.1.4	Impacts sur l'appareillage	318
C.2	Variantes types de démarreurs directs	318
C.3	Aspects fonctionnels des démarreurs moteurs	321
C.4	Courants et couples au cours d'un démarrage étoile-triangle	323
C.5	Courants et couples types au cours d'un démarrage par autotransformateur	326
C.6	Forme d'onde des différents modes de fonctionnement d'un démarreur	328
Annexe D (informative) Points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur		330
Annexe E (Vacant)		331
Annexe F (normative) Exigences pour un contact auxiliaire lié à un contact de puissance (contact miroir)		332
F.1	Application et objet	332
F.1.1	Application	332
F.1.2	Objet	332
F.2	Caractéristiques	332
F.3	Informations sur le matériel	332
F.4	Conditions normales de service, de montage et de transport	333
F.5	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement	333
F.6	Essais	333
F.6.1	Généralités	333
F.6.2	Essais sur produits à l'état neuf	333
F.6.3	Essai après le fonctionnement conventionnel en service (défini dans le Tableau 10)	334
Annexe G (informative) Courants assignés d'emploi et puissances assignées d'emploi des appareils de connexion pour moteurs électriques		335
G.1	Généralités	335
G.2	Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi	335
Annexe H (normative) Fonctions étendues des relais électroniques de surcharge		339
H.1	Généralités	339
H.2	Limites d'action des fonctions de commande	339
H.2.1	Généralités	339
H.2.2	Limites du relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension du circuit principal	339
H.3	Essai des fonctions de commande	339
Annexe I (informative) Contacteurs AC-1 pour utilisation avec des moteurs commandés par des appareils à semiconducteurs		340
Annexe J (Vacant)		341
Annexe K (normative) Procédure de détermination des données des contacteurs électromécaniques utilisés dans des applications de sécurité fonctionnelle		342
K.1	Généralités	342
K.2	Exigences d'essais	342

K.3	Caractérisation d'un mode de défaillance	342
K.4	Rapports de défaillance d'un contacteur.....	342
Annexe L (normative) Procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité, et plus particulièrement dans des atmosphères explosives		344
L.1	Application et objet	344
L.1.1	Application.....	344
L.1.2	Objet	344
L.2	Procédure	344
L.2.1	Généralités	344
L.2.2	Processus de conception de sécurité	345
L.3	Exigences	345
L.3.1	Généralités	345
L.3.2	Plan de sécurité.....	346
L.3.3	Conception	346
L.3.4	Analyse des modes de défaillance de la fonction de sécurité et de leurs effets	347
L.3.5	Plan de conception	347
L.3.6	Vérification	347
L.3.7	Fonction évaluée	348
L.4	Documentation.....	348
L.4.1	Documentation de sécurité technique	348
L.4.2	Instructions de sécurité.....	348
L.5	Exemple.....	348
L.5.1	Description de l'architecture	348
L.5.2	AMDE	350
Annexe M (normative) Contacteurs à courant continu utilisés dans des applications photovoltaïques (PV)		360
M.1	Application	360
M.2	Objet.....	360
M.3	Classification	360
M.4	Caractéristiques.....	360
M.4.1	Généralités	360
M.4.2	Tension assignée de tenue aux chocs	360
M.4.3	Catégorie d'emploi.....	361
M.5	Informations sur le matériel.....	361
M.6	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	362
M.6.1	Généralités	362
M.6.2	Température de l'air ambiant	362
M.6.3	Altitude	362
M.7	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	363
M.7.1	Exigences relatives à la construction	363
M.7.2	Exigences de fonctionnement	363
M.7.3	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	364
M.8	Essais.....	364
M.8.1	Généralités	364
M.8.2	Essais de type	364
M.8.3	Pouvoirs de fermeture et de coupure et performance de fonctionnement conventionnel en service	365
M.8.4	Essai de cycles thermiques	365

M.8.5	Essai climatique	365
M.8.6	Essai diélectrique	366
M.8.7	Essai du courant critique de charge	366
M.8.8	Propriétés mécaniques et électriques des bornes	367
M.8.9	Degré de protection des contacteurs sous enveloppe	367
M.8.10	CEM	367
M.8.11	Distances d'isolement et lignes de fuite	367
Annexe N (normative) Exigences supplémentaires et essais pour le matériel avec séparation de protection		368
N.1	Généralités	368
N.2	Termes et définitions	368
N.3	Exigences	368
N.3.1	Méthode d'essai de mise en œuvre de l'impédance de protection	368
N.3.2	Mesurage du courant de contact	369
Annexe O (normative) Indicateurs de surveillance de charge		371
O.1	Généralités	371
O.2	Liste des indicateurs	371
O.3	Incertitude	373
O.4	Essais	374
O.4.1	Essais individuels de série	374
O.4.2	Essais de type	374
Annexe P (normative) Essais de coupure en court-circuit de l'ACPM		376
P.1	Conditions générales pour les essais	376
P.2	Pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné	377
P.2.1	Généralités	377
P.2.2	Essai du pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné	377
P.2.3	Vérification de l'aptitude au fonctionnement en service	377
P.2.4	Vérification de la rigidité diélectrique	377
P.2.5	Vérification de l'échauffement	378
P.2.6	Vérification des déclencheurs de surcharge	378
P.3	Pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné	378
P.3.1	Généralités	378
P.3.2	Vérification des déclencheurs de surcharge	379
P.3.3	Essai du pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné	379
P.3.4	Vérification de la rigidité diélectrique	379
P.3.5	Vérification des déclencheurs de surcharge	379
P.4	Essai de l'ACPM pour les schémas de mise à la terre de type IT	379
P.4.1	Généralités	380
P.4.2	Court-circuit sur un pôle séparément	380
P.4.3	Vérification de la rigidité diélectrique	380
P.4.4	Vérification des déclencheurs de surcharge	380
P.4.5	Marquage	381
Bibliographie		382
Figure 1 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge à fonctionnement différé compensés pour la température de l'air ambiant		253
Figure 2 – Essai de mémoire thermique		254
Figure 3 – Exemple de différentes parties		258

Figure 4 – Exemples de caractéristiques de coordination d'un démarreur	268
Figure 5 – Mesurage de chute de tension au point de contact de la borne de contact	274
Figure 6 – Enveloppe du courant de crête	281
Figure A.1 – Circuit principal	304
Figure A.2 – Relais de surcharge	305
Figure B.1 – Exemples de caractéristique de tenue temps-courant	314
Figure C.1 – Caractéristiques des moteurs électriques	316
Figure C.2 – Courant assigné pour différentes classes de rendement énergétique	317
Figure C.3 – Rapport du courant rotor bloqué assigné au courant nominal	317
Figure C.4 – Rapport du courant d'appel au courant nominal	318
Figure C.5 – Connexions aux enroulements des moteurs	319
Figure C.6 – Courant et couple lors d'un démarrage direct	320
Figure C.7 – Variantes types de démarreurs protégés, de combinés de démarrage, d'appareils de connexion protégés et de combinés d'appareils de connexion	321
Figure C.8 – Représentation fonctionnelle des démarreurs moteurs	322
Figure C.9 – Protection des moteurs contre les surcharges intégrée à un disjoncteur	323
Figure C.10 – Courbes types de courants et de couples au cours d'un démarrage étoile-triangle	324
Figure C.11 – Temporisation de la commutation étoile-triangle	325
Figure C.12 – Méthode et schéma types de démarrage, au moyen d'un démarreur étoile-triangle, de moteurs à induction à courant alternatif	326
Figure C.13 – Courbes types de courants et de couples au cours du démarrage par autotransformateur d'un moteur	327
Figure C.14 – Schémas types de démarrage, au moyen d'autotransformateurs, de moteurs à induction à courant alternatif	328
Figure C.15 – Exemples de courbes de courant et de temps de démarrage et d'arrêt d'un moteur dans un ou deux sens	329
Figure F.1 – Contact miroir	333
Figure L.1 – Processus de conception de sécurité	345
Figure L.2 – Structure type d'un relais thermique de surcharge	349
Figure L.3 – Structure type d'un ACPM	350
Figure N.1 – Protection au moyen de l'impédance de protection	369
Figure N.2 – Instrument de mesure	370
Figure O.1 – Exemple de quantification d'une modification de procédé	373
Tableau 1 – Catégories d'emploi	232
Tableau 2 – Classes de déclenchement des relais de surcharge	235
Tableau 19 – Limites pour les sources d'énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités	247
Tableau 20 – Limites pour les sources d'énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités	248
Tableau 21 – Limites pour la source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant	249
Tableau 3 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge à fonctionnement différé alimentés sur tous leurs pôles	253

Tableau 4 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires à fonctionnement différé alimentés sur deux pôles seulement.....	255
Tableau 5 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile.....	257
Tableau 6 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent	259
Tableau 7 – Pouvoirs de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure qui correspondent aux catégories d'emploi.....	261
Tableau 8 – Relation entre le courant d'essai et la durée à l'état non passant pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure.....	263
Tableau 9 – Détermination du courant d'emploi pour les catégories d'emploi AC-6a et AC-6b à partir des caractéristiques assignées pour AC-3.....	263
Tableau 10 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure en fonction de la catégorie d'emploi.....	264
Tableau 11 – Exigences de tenue aux courants de surcharge	266
Tableau 12 – Critères d'acceptation spécifiques pour les essais d'immunité	270
Tableau 13 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi	294
Tableau 14 – Valeur du courant d'essai présumé conventionnel en fonction du courant assigné d'emploi (tableau harmonisé)	295
Tableau 15 – Procédure d'essai pour I_{cd}	298
Tableau 16 – Essais d'immunité CEM	301
Tableau 17 – Limites de la tension perturbatrice aux bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques (pour les accès principaux).....	303
Tableau 18 – Limites des essais d'émissions rayonnées	303
Tableau B.1 – Vérification du nombre de cycles de manœuvres en charge – Conditions d'établissement et de coupure qui correspondent aux différentes catégories d'emploi.....	309
Tableau B.2 – Conditions d'essai	312
Tableau F.1 – Tension d'essai selon l'altitude	334
Tableau G.1 – Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi des moteurs	336
Tableau K.1 – Mode de défaillance des contacteurs	342
Tableau K.2 – Rapports types de défaillance pour les contacteurs normalement ouverts	343
Tableau L.1 – Sévérité	350
Tableau L.2 – Occurrence	351
Tableau L.3 – Niveaux de détection	351
Tableau L.4 – Conclusion	352
Tableau L.5 – Exemple d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets pour relais thermique de surcharge.....	353
Tableau M.1 – Niveaux de tension de choc assignée des contacteurs PV	361
Tableau M.2 – Catégories d'emploi	361
Tableau M.3 – Conditions de température de l'air ambiant.....	362
Tableau M.4 – Vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure qui correspondent à la catégorie d'emploi DC-PV	363
Tableau M.5 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure qui correspondent à la catégorie DC-PV	364
Tableau M.6 – Description générale des séquences d'essais	365

Tableau M.7 – Nombre de cycles de manœuvres qui correspond au courant critique de charge	367
Tableau M.8 – Performances du courant critique de charge	367
Tableau O.1 – Liste des indicateurs de surveillance en courant alternatif.....	372
Tableau O.2 – Différentes possibilités admises pour vérifier les indicateurs	374
Tableau O.3 – Référence pour les conditions de vérification	375
Tableau O.4 – Niveaux d'harmoniques	375

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

**Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs –
Contacteurs et démarreurs électromécaniques**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60947-4-1 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2018. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) objet du domaine d'application;
- b) appareil de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs (ACPI) (3.5.33);
- c) nature du matériel (5.2.1);
- d) méthodes de protection des moteurs contre les surcharges (5.2.6);
- e) adoption de la catégorie AC-7d de l'IEC 61095:2023 (en 5.4.2);
- f) relais de surcharge monté séparément d'un démarreur (en 5.7.3 b));
- g) démarreur et contacteur adaptés à une utilisation en aval d'un module d'entraînement principal (6.1.2 w));
- h) référence à l'IEC TS 63058 pour les aspects relatifs à l'environnement (en 6.4);
- i) câblage soumis à un mouvement (en 8.1.3);
- j) utilisation d'un dispositif de limitation des transitoires de tension (8.1.18);
- k) parties accessibles soumises à des limites de température (en 8.2.2.3);
- l) référence à l'Annexe X de l'IEC 60947-1:2020 pour la coordination entre ACPI et DPCC (8.2.5.4);
- m) référence à l'IEC TR 63216 avec différents environnements de CEM (8.3.1);
- n) référence à l'IEC TR 63201 pour la conception des logiciels intégrés (8.4);
- o) référence à l'IEC TS 63208 pour les aspects relatifs à la cybersécurité (8.5);
- p) mise à jour et complément de la méthode de mesure de la consommation de puissance de l'électroaimant (9.3.3.2.1.2);
- q) mise à jour de l'Annexe C, y compris justification de la catégorie AC-3e;
- r) détermination du courant critique de charge pour les applications photovoltaïques (M.8.7).

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
121A/571/FDIS	121A/580/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, publiées sous le titre général *Appareillage à basse tension*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le présent document doit être lu conjointement avec l'IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*. Les dispositions des règles générales s'appliquent au présent document lorsque cela est spécifiquement mentionné.

Les dispositions des règles générales traitées dans l'IEC 60947-1 s'appliquent à la présente partie de la série IEC 60947 lorsque cela est spécifiquement mentionné. Les articles, paragraphes, tableaux, figures et annexes des règles générales qui sont ainsi applicables sont identifiés par référence à l'IEC 60947-1:2020. Par exemple, 5.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020, Tableau 4 de l'IEC 60947-1:2020 ou Annexe A de l'IEC 60947-1:2020.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 s'applique aux équipements suivants:

- contacteurs électromécaniques et démarreurs, y compris les appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM et ACPIM);
- organes de commande de contacteurs auxiliaires;
- contacts destinés exclusivement au circuit de la bobine du contacteur ou du contacteur auxiliaire;
- accessoires dédiés (câblage dédié, accessoires d'accrochage dédié, par exemple);

destinés à être connectés à des circuits de distribution, des circuits de moteur et à d'autres circuits de charge, dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux démarreurs de moteurs en courant continu;
- aux contacts auxiliaires des contacteurs et aux contacts des contacteurs auxiliaires. Ceux-ci sont couverts par l'IEC 60947-5-1;
- aux dispositifs de protection contre les courts-circuits intégrés dans les démarreurs autres que des ACPM. Ceux-ci sont couverts par l'IEC 60947-2 et l'IEC 60947-3;
- à la fonction de protection des moteurs contre les surcharges assurée par les unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP); Celle-ci est couverte par l'IEC 60947-8;
- à l'utilisation du matériel avec des mesures supplémentaires en atmosphères explosives. Cette utilisation est spécifiée par la série IEC 60079.

Le présent document a pour objet de fixer:

- les caractéristiques et la composition du matériel (Article 5);
- les conditions applicables au matériel en ce qui concerne:
 - son fonctionnement (5.2.5) et ses fonctions de protection (5.2.6, 5.7, 5.8);
 - ses environnements prévus (6.5, 8.3.1) et ses applications prévues (5.4, Annexe C, Annexe D, Annexe G, Annexe H, Annexe I, Annexe M, Annexe O), y compris les applications de sécurité (Annexe F, Annexe K, Annexe L);
 - sa construction et ses performances (Article 8), y compris les exigences de réduction des risques de choc électrique, de danger électrique, de danger d'incendie et de danger mécanique, de mauvais usage raisonnablement prévisible, de problèmes de compatibilité électromagnétique (CEM), d'erreurs logicielles et de problèmes de sécurité;
- les essais destinés à vérifier si ces conditions sont réalisées, ainsi que les méthodes à adopter pour ces essais (Article 9);
- les informations à fournir avec les matériels ou dans la documentation du produit (Article 6).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-1:2022, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-12:2016, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

IEC 60034-30-1:2014, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC 60068-2-14:2023, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60079-14, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60364-1:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60715:2017, *Dimensions de l'appareillage à basse tension – Montage normalisé sur profilés-supports pour le support mécanique des appareillages et de leurs accessoires*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

IEC 60947-5-1:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

IEC 61051-2, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Partie 2: Spécification intermédiaire pour varistances pour limitations de surtensions transitoires*

IEC 61095:2023, *Contacteurs électromécaniques pour usages domestiques et analogues*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 61643-331, *Composants pour parafoudres basse tension – Partie 331: Exigences de performance et méthodes d'essai pour les varistances à oxyde métallique (MOV)*

IEC 61800-5-1:2022, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité – Électrique, thermique et énergétique*

IEC 61810-1, *Relais électromécaniques élémentaires – Partie 1: Exigences générales et de sécurité*

IEC TS 63058, *Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension – Aspects environnementaux*

IEC TS 63208, *Low voltage switchgear and controlgear – Security aspects* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 63216:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Electromagnetic compatibility assessment for switchgear and controlgear and their assemblies* (disponible en anglais seulement)

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

ISO 2859-1:1999, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 3864-2, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 2: Principes de conception pour l'étiquetage de sécurité des produits*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'Article 3 de l'IEC 60947-1:2020 ainsi que les termes, définitions, symboles et abréviations suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.2 Index alphabétique des termes

Référence

A

accessoire d'accrochage.....	3.5.35
accessoire de câblage dédié.....	3.5.34
appareil de connexion de protection des moteurs (abréviation: ACPM).....	3.5.32
appareil de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs (abréviation:ACPIM).....	3.5.33
appareil de connexion protégé.....	3.5.26
autotransformateur	3.5.4.3

B

bobine d'électroaimant commandée électroniquement	3.3.8

C

caractéristique I^2t d'un disjoncteur ou d'un ACPM	3.6.10
combiné d'appareils de connexion	3.5.27
combiné de démarrage	3.5.7
condition de premier défaut	3.7.8
conditions anormales de fonctionnement	3.7.1
contact miroir	3.7.11
contacteur à accrochage	3.3.5
contacteur électromagnétique	3.3.2
contacteur électropneumatique	3.3.4
contacteur (mécanique)	3.3.1
contacteur (ou démarreur) sous vide	3.3.6
contacteur pneumatique	3.3.3
courant assigné instantané de réglage de court-circuit (abréviation: I_i)	3.6.11
courant de réglage de surcharge (abréviation: I_r)	3.6.12
courant I_{cd}	3.6.5
courant présumé conventionnel " r "	3.6.9

D

démarreur	3.5.1
démarreur à deux étapes	3.5.14
démarreur à main	3.5.8
démarreur à n étapes	3.5.15
démarreur à résistances	3.5.5
démarreur à une étape	3.5.13
démarreur actionné par un moteur	3.5.10
démarreur direct	3.5.2
démarreur électromagnétique	3.5.9
démarreur électropneumatique	3.5.12
démarreur étoile-triangle	3.5.4.1
démarreur-inverseur	3.5.3
démarreur moteur	3.5.1
démarreur par autotransformateur	3.5.4.2
démarreur pneumatique	3.5.11
démarreur protégé	3.5.6
démarreur rotorique à résistances	3.5.5.2
démarreur sous tension réduite	3.5.4
démarreur statique à résistances	3.5.5.1
documentation du produit	3.6.1
durée de démarrage (d'un démarreur à résistances)	3.5.20
durée de démarrage (d'un démarreur par autotransformateur)	3.5.21
durée de réarmement	3.6.8

F

fonctionnement CO	3.6.3
fonctionnement O	3.6.4

I

impédance de protection	3.7.6
inversion de marche	3.5.25

M

marche par à-coups	3.5.24
mauvais usage raisonnablement prévisible	3.7.7
module d'entraînement principal (abréviation: MEP)	3.5.36

O

ouverture galvanique (d'un circuit)	3.6.13

P

partie accessible	3.7.2
partie active	3.7.3
partie active dangereuse	3.7.4
passage avec coupure du moteur (avec un démarreur étoile-triangle ou par autotransformateur)	3.5.22
passage sans coupure du moteur (avec un démarreur étoile-triangle ou par autotransformateur)	3.5.23
pente de la tension assignée d'une impulsion (abréviation: dV/dt)	3.6.16
position de repos (d'un contacteur)	3.3.7
puissance d'appel (d'un contacteur)	3.3.10
puissance de maintien (d'un contacteur)	3.3.9

R

relais de surcharge monté séparément	3.5.17
relais ou déclencheur à minimum de courant	3.5.19
relais (ou déclencheur) de blocage	3.5.29
relais (ou déclencheur) de calage	3.5.28
relais ou déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase	3.5.18

S

séparation électrique	3.6.14
source d'énergie limitée	3.7.5
surface fonctionnelle chaude	3.7.10
système de gestion de moteurs	3.5.31

T

temps d'inhibition	3.5.30
tension de crête répétitive	3.6.15
tension transitoire de rétablissement (abréviation: TTR)	3.6.2

3.3 Termes et définitions relatifs aux contacteurs

3.3.1

contacteur mécanique **contacteur**

appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos, commandé autrement qu'à la main, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service

Note 1 à l'article: Les contacteurs mécaniques peuvent être désignés suivant la façon dont est fourni l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux.

Note 2 à l'article: L'expression "commandé autrement qu'à la main" signifie que l'appareil est destiné à être commandé et maintenu en position de fonctionnement à partir d'une ou de plusieurs sources d'énergie extérieures.

Note 3 à l'article: Un contacteur dont les contacts principaux sont fermés dans la position de repos est généralement appelé en français "rupteur". Le mot "rupteur" n'a pas d'équivalent dans la langue anglaise.

Note 4 à l'article: Un contacteur est généralement prévu pour fonctionner fréquemment.

Note 5 à l'article: Un contacteur mécanique peut assurer une ouverture galvanique (3.6.13), mais il n'est pas adapté au sectionnement, sauf si les exigences supplémentaires définies en 8.1.7 sont respectées. Dans ce cas, le matériel peut porter le marquage IEC 60417-6169-1 "Sectionneur; isolateur" (2012-08).

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-33, modifié – Ajout du terme "contacteur" comme synonyme; ajout des Notes à l'article 2 à 5]

3.3.2**contacteur électromagnétique**

contacteur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux normalement ouverts ou à l'ouverture des contacts principaux normalement fermés est fourni par un électroaimant

Note 1 à l'article: L'électroaimant peut être commandé électroniquement.

3.3.3**contacteur pneumatique**

contacteur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux normalement ouverts ou à l'ouverture des contacts principaux normalement fermés est fourni par un dispositif qui utilise de l'air comprimé sans utilisation de moyens électriques

3.3.4**contacteur électropneumatique**

contacteur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux normalement ouverts ou à l'ouverture des contacts principaux normalement fermés est fourni par un dispositif qui utilise de l'air comprimé, la commande s'effectuant au moyen d'électrovalves

3.3.5**contacteur à accrochage**

contacteur muni d'un dispositif d'accrochage empêchant ses éléments mobiles de retourner à leur position de repos quand on cesse d'actionner le dispositif de commande

Note 1 à l'article: L'accrochage et le déclencheur d'accrochage peuvent être mécaniques, électromagnétiques, pneumatiques, etc.

Note 2 à l'article: Du fait de son accrochage, le contacteur à accrochage possède en fait une seconde position de repos et, d'après la définition du contacteur, il n'est pas à proprement parler un contacteur. Cependant, étant donné que le contacteur à accrochage, tant par son utilisation que par sa conception, se rapproche davantage d'un contacteur en général que de toute autre sorte d'appareil de connexion, on admet qu'il réponde aux spécifications des contacteurs dans la mesure du possible.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-34]

3.3.6**contacteur sous vide**

contacteur dont les contacts principaux s'ouvrent et se ferment dans une enceinte où règne un vide poussé

3.3.7**position de repos**

<contacteur> position que prennent les organes mobiles du contacteur quand son électroaimant ou son dispositif à air comprimé n'est pas alimenté

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-24]

3.3.8**bobine d'électroaimant commandée électroniquement**

électroaimant dont la bobine est commandée par un circuit qui comprend des éléments électroniques actifs

3.3.9**puissance de maintien**

<contacteur> puissance nécessaire pour maintenir le fonctionnement de l'électroaimant

3.3.10**puissance d'appel**

<contacteur> puissance nécessaire pour faire passer le contacteur de l'état non alimenté à l'état alimenté

3.4 Termes et définitions relatifs aux fonctions des démarreurs

3.4.1

commutation

<démarreur moteur> capacité à établir et à couper le courant d'un moteur en fonctionnement normal selon la catégorie d'emploi de moteur appropriée

3.4.2

protection contre les surcharges

<démarreur moteur> détection de la condition de surcharge d'un moteur destinée à commander mécaniquement ou électriquement l'ouverture de la fonction de commutation du démarreur

3.4.3

protection électromécanique contre les surcharges

protection d'une machine électrique tournante en cas de températures excessives qui résultent de certaines conditions de surcharge, au moyen d'une détection thermomécanique qui déclenche l'interruption du circuit de charge du moteur

Note 1 à l'article: La protection électromécanique contre les surcharges est en général procurée par des relais de surcharge thermique ou des appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM).

3.4.4

sectionnement

<démarreur moteur> aptitude à fournir, dans une position d'ouverture indiquée, une isolation adéquate entre les circuits du moteur et les circuits d'alimentation

3.4.5

relais électronique de surcharge avec fonctions de commande

relais électronique multipolaire avec manœuvres de commande de moteur par ses entrées et sorties

Note 1 à l'article: Exemple de fonctions de commande: commande d'inversion, commande à deux vitesses, commande étoile-triangle, etc.

3.4.6

relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension

relais électronique qui agit lorsque la tension appliquée au circuit principal ou au circuit de commande est réduite au-dessous d'une valeur prédéterminée et qui se réarme automatiquement (avec ou sans retard) lorsque la tension est rétablie

3.4.7

relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension du circuit principal

relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension qui agit uniquement sur le circuit principal

3.4.8

relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension du circuit de commande

relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension qui agit uniquement sur le circuit de commande

Note 1 à l'article: La fonction de redémarrage automatique peut être désactivée.

3.5 Termes et définitions relatifs aux démarreurs

3.5.1

démarreur moteur **démarreur**

combinaison de tous les moyens de mise sous et hors tension nécessaires pour provoquer le démarrage et l'arrêt d'un moteur tout en assurant une protection appropriée contre les surcharges

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-38, modifié – ajout de "démarreur moteur" comme premier terme et suppression de la Note 1 à l'article]

3.5.2

démarreur direct

démarreur qui applique la tension d'alimentation sur les bornes du moteur en une seule manœuvre

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-40]

3.5.3

démarreur-inverseur

démarreur destiné à provoquer l'inversion du sens de rotation d'un moteur par inversion des connexions principales lorsque celui-ci ne tourne pas

Note 1 à l'article: Une application dans laquelle les connexions principales du moteur sont inversées pendant que le moteur tourne est dite à inversion de marche (voir 3.5.25).

3.5.4

démarreur sous tension réduite

démarreur qui applique la tension d'alimentation aux bornes du moteur en plus d'une étape ou par élévation progressive de la tension aux bornes

3.5.4.1

démarreur étoile-triangle

démarreur pour un moteur à induction triphasé tel que les enroulements du stator soient connectés en étoile en position de démarrage et en triangle en position de marche

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-44]

3.5.4.2

démarreur par autotransformateur

démarreur pour moteur à induction qui utilise pour le démarrage une ou plusieurs tensions réduites prélevées sur un autotransformateur

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-45]

3.5.4.3

autotransformateur

transformateur dont au moins deux enroulements ont une partie commune

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-01-11]

3.5.5

démarreur à résistances

démarreur utilisant une ou plusieurs résistances pour obtenir au cours du démarrage des caractéristiques données de couple de démarrage et pour limiter le courant

Note 1 à l'article: Un démarreur à résistances est généralement composé de trois parties principales qui peuvent soit être fournies dans le même ensemble, soit être fournies séparément pour être raccordées entre elles sur le lieu d'utilisation:

- les appareils mécaniques de connexion pour alimentation du stator (généralement associés à un dispositif de protection contre les surcharges);
- la ou les résistances insérées dans le circuit du stator ou du rotor;
- les appareils mécaniques de connexion pour l'élimination successive de la ou des résistances.

Note 2 à l'article: Il s'applique également aux démarreurs à deux sens de rotation lorsque la permutation des connexions s'effectue à l'arrêt.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-42, modifié – Ajout des Notes à l'article]

3.5.5.1

démarreur statorique à résistances

démarreur à résistances pour moteur à cage d'écureuil qui, au cours de la période de démarrage, élimine successivement une ou plusieurs résistances préalablement insérées dans le circuit du stator

3.5.5.2

démarreur rotorique à résistances

démarreur à résistances pour moteur asynchrone à rotor bobiné qui, pendant la période de démarrage, élimine successivement une ou plusieurs résistances préalablement insérées dans le circuit du rotor

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-43]

3.5.6

démarreur protégé

matériel qui comprend un démarreur, un appareil de connexion à commande manuelle et un dispositif de protection contre les courts-circuits, caractérisé comme une unité par le fabricant

Note 1 à l'article: Le démarreur protégé peut être sous enveloppe.

Note 2 à l'article: Dans le contexte du présent document, le terme "fabricant" signifie toute personne, entreprise ou organisation qui a la responsabilité ultime:

- de vérifier la conformité à la norme appropriée;
- de fournir les informations sur le matériel selon l'Article 6.

Note 3 à l'article: Un démarreur protégé manuellement en tant qu'unité peut être un ACPM.

3.5.7

combiné de démarrage

matériel qui comprend un démarreur protégé qui incorpore une fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Également appelé "combiné contrôleur de moteur".

Note 2 à l'article: Voir Figure C.7.

3.5.8

démarreur à main

démarreur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux est fourni exclusivement par une énergie manuelle

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-39]

3.5.9**démarreur électromagnétique**

démarreur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux est fourni par un électroaimant

3.5.10**démarreur actionné par un moteur**

démarreur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux est fourni par un moteur électrique

3.5.11**démarreur pneumatique**

démarreur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux est fourni par de l'air comprimé, sans utilisation de moyens électriques

3.5.12**démarreur électropneumatique**

démarreur pour lequel l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux est fourni par de l'air comprimé, la commande s'effectuant au moyen d'électrovalves

3.5.13**démarreur à une étape**

démarreur pour lequel il n'existe pas de position intermédiaire d'accélération entre la position ARRÊT et la position MARCHE

Note 1 à l'article: Ce démarreur est un démarreur direct.

3.5.14**démarreur à deux étapes**

démarreur dans lequel il n'existe qu'une seule position intermédiaire d'accélération entre la position ARRÊT et la position MARCHE

EXEMPLE Un démarreur étoile-triangle est un démarreur à deux étapes.

3.5.15**démarreur à n étapes**

démarreur dans lequel il y a $(n-1)$ positions intermédiaires d'accélération entre la position ARRÊT et la position MARCHE

EXEMPLE Un démarreur à résistances à trois étapes possède deux sections de résistances utilisées pour le démarrage.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-41, modifié – "MARCHE" et "ARRÊT" en majuscules; ajout de l'exemple]

3.5.16**démarreur sous vide**

démarreur dont les contacts principaux s'ouvrent et se ferment dans une enceinte où règne un vide poussé

3.5.17**relais de surcharge monté séparément**

relais de surcharge qui n'est pas exclusivement dédié à un appareil de connexion

3.5.18**relais de surcharge sensible à une perte de phase****déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase**

relais ou déclencheur multipolaire de surcharge qui fonctionne en cas de surcharge et aussi dans le cas d'une perte de phase selon des exigences spécifiées

3.5.19

relais à minimum de courant

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

3.5.20

durée de démarrage

<démarreur à résistances> laps de temps pendant lequel les résistances de démarrage ou une partie d'entre elles sont parcourues par du courant

Note 1 à l'article: La durée de démarrage d'un démarreur est plus courte que la durée totale de démarrage du moteur qui tient compte aussi de la dernière période d'accélération qui suit la manœuvre de passage en position MARCHE.

3.5.21

durée de démarrage

<démarreur par autotransformateur> laps de temps pendant lequel l'autotransformateur est parcouru par du courant

Note 1 à l'article: La durée de démarrage d'un démarreur est plus courte que la durée totale de démarrage du moteur qui tient compte aussi de la dernière période d'accélération qui suit la manœuvre de passage en position MARCHE.

3.5.22

passage avec coupure du moteur

<avec un démarreur étoile-triangle ou par autotransformateur> disposition de circuits telle que le courant dans le moteur est interrompu et rétabli lors du passage d'une étape à une autre

Note 1 à l'article: L'état de passage n'est pas considéré comme une étape supplémentaire.

3.5.23

passage sans coupure du moteur

<avec un démarreur étoile-triangle ou par autotransformateur> disposition de circuits telle que le courant dans le moteur n'est pas interrompu (même momentanément) lors du passage d'une étape à une autre

Note 1 à l'article: L'état de passage n'est pas considéré comme une étape supplémentaire.

3.5.24

marche par à-coups

jogging

mise sous tension répétitive, durant de courts intervalles de temps, d'un moteur ou d'un solénoïde, afin de provoquer des mouvements de faible amplitude du mécanisme entraîné

3.5.25

inversion de marche

arrêt ou inversion rapide du sens de rotation d'un moteur par permutation des connexions principales du moteur pendant que celui-ci tourne

3.5.26**appareil de connexion protégé**

matériel (pour charges autres que des moteurs) qui comprend un contacteur ou un gradateur à semiconducteurs, une protection contre les surcharges, un appareil de connexion à commande manuelle et un dispositif de protection contre les courts-circuits, caractérisé comme une unité par le fabricant

Note 1 à l'article: L'appareil de connexion protégé peut être sous enveloppe.

Note 2 à l'article: Dans le contexte du présent document, le terme "fabricant" signifie toute personne, entreprise ou organisation qui a la responsabilité ultime:

- de vérifier la conformité à la norme appropriée;
- de fournir les informations sur le matériel selon l'Article 6.

Note 3 à l'article: L'appareil de connexion à commande manuelle et le dispositif de protection contre les courts-circuits peuvent être seulement un appareil et peuvent également incorporer la protection contre les surcharges.

3.5.27**combiné d'appareils de connexion**

matériel qui comprend un appareil de connexion protégé qui incorpore une fonction de sectionnement

3.5.28**relais de calage****déclencheur de calage**

relais ou déclencheur électronique de surcharge qui fonctionne lorsque le courant n'a pas diminué au-dessous d'une valeur prédéterminée pendant un laps de temps spécifique durant le démarrage ou lorsque le relais ou le déclencheur reçoit une information qui lui indique qu'il n'y a pas rotation du moteur après un temps prédéterminé, conformément aux exigences spécifiées

Note 1 à l'article: Explication de calage: rotor bloqué pendant le démarrage.

Note 2 à l'article: Avec le réglage approprié des valeurs de courant et de durée de démarrage, un tel relais ou déclencheur peut être utilisé pour détecter les démarrages qui exigent des durées supérieures à celles spécifiées.

3.5.29**relais de blocage****déclencheur de blocage**

relais ou déclencheur 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 un laps de temps spécifique durant le fonctionnement, conformément aux exigences spécifiées

Note 1 à l'article: Un blocage est une surcharge élevée qui survient après achèvement du démarrage qui provoque une augmentation du courant qui atteint la valeur qui correspond au rotor bloqué du moteur commandé.

3.5.30**temps d'inhibition**

temporisation pendant laquelle la fonction de déclenchement du relais est inhibée

3.5.31**système de gestion de moteurs**

démarrateur qui inclut des fonctions étendues avec possibilité de communication

Note 1 à l'article: Des profils d'appareils interopérables pour le système de gestion de moteurs sont définis dans l'IEC 61915-2:2011.

3.5.32

appareil de connexion de protection des moteurs

ACPM

démarreur moteur à commande manuelle qui procure en plus une protection réarmable contre les courts-circuits du moteur et du circuit

Note 1 à l'article: Un ACPM peut également être utilisé comme démarreur à main, démarreur protégé ou combiné de démarrage.

Note 2 à l'article: Un ACPM peut être utilisé comme DPCC dans la branche du moteur.

Note 3 à l'article: En Amérique du Nord, cet appareil peut être considéré comme un contrôleur de moteur manuel, apte à la protection du conducteur dérivé.

3.5.33

appareil de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs

ACPM

appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM) sans fonction de protection contre les surcharges

Note 1 à l'article: Ce type d'appareil est généralement utilisé dans un démarreur à 3 composants dont la fonction de protection contre les surcharges réside dans un relais de surcharge monté séparément.

3.5.34

accessoire de câblage dédié

système de câble à connexion préfabriquée spécifiquement destiné aux appareillages identifiés

Note 1 à l'article: Un accessoire de câblage dédié peut être intégré dans l'appareillage ou livré séparément.

Note 2 à l'article: Une barrette de couplage est un exemple type d'accessoire de câblage dédié.

3.5.35

accessoire d'accrochage

dispositif mécanique fixé à un contacteur dont les éléments mobiles sont dans l'impossibilité de retourner à leur position de repos quand on cesse d'actionner le dispositif de commande

Note 1 à l'article: L'accrochage et le déclencheur d'accrochage peuvent être mécaniques, électromagnétiques, pneumatiques, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-34, modifié – Adaptation aux accessoires, et suppression de la Note 2 à l'article]

3.5.36

module d'entraînement principal

MEP

convertisseur électronique de puissance et commande associée, connecté entre une source d'alimentation électrique et un moteur

Note 1 à l'article: Le MEP est capable de transmettre l'énergie de la source d'alimentation électrique au moteur et peut être également capable de transmettre l'énergie produite par le moteur à la source d'alimentation électrique.

Note 2 à l'article: Le MEP commande tout ou partie des paramètres suivants relatifs à l'énergie transmise au moteur et à celle fournie par celui-ci: courant, fréquence, tension, vitesse, couple, force.

[SOURCE: IEC 61800-5-1:2022, 3.6]

3.6 Termes et définitions relatifs aux grandeurs caractéristiques

3.6.1

documentation du produit

documentation du fabricant relative à l'installation et aux opérations qui accompagne le produit, informations relatives au produit fournies dans le catalogue du fabricant et autres informations de commercialisation du produit, et description, définitions, documentation et utilisation du produit présentées au format électronique sur le site web du fabricant (ou du fournisseur) sur Internet

[SOURCE: ISO/IEC 14762:2009, 3.1.13, modifié — Remplacement de deux ";" par "," et "et"]

3.6.2

tension transitoire de rétablissement

TTR

tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable

Note 1 à l'article: Pour un contacteur sous vide ou un démarreur sous vide, la tension transitoire de rétablissement la plus élevée peut apparaître sur un autre pôle que le premier pôle qui coupe.

[SOURCE: IEC 60947-1:2020, 3.7.34, modifiée — Modification de la Note 1 à l'article et suppression de la Note 2 à l'article]

3.6.3

fonctionnement CO

interruption du circuit par le DPCC qui résulte de la fermeture du circuit par le matériel à l'essai

3.6.4

fonctionnement O

interruption du circuit par le DPCC qui résulte de la fermeture du circuit par le matériel à l'essai qui est en position de fermeture

Note 1 à l'article: Le DPCC est normalement en position de fermeture avant de fermer le circuit; dans certains cas, le DPCC ferme le circuit (voir 9.3.4.2.2, point b)).

3.6.5

courant I_{cd}

courant qui représente un courant de défaut supérieur ou égal au courant qui correspond au point d'intersection de la valeur moyenne des courbes publiées qui représentent respectivement les caractéristiques temps-courant du relais de surcharge et du DPCC

3.6.6

courant d'intersection

I_{co}

courant qui correspond au point d'intersection des courbes moyennes ou publiées qui représentent respectivement les caractéristiques temps-courant du relais de surcharge et du DPCC

Note 1 à l'article: Les courbes moyennes sont les courbes qui correspondent aux valeurs moyennes calculées à partir des tolérances sur les caractéristiques temps-courant du relais de surcharge.

3.6.7

caractéristique de tenue temps-courant des contacteurs ou démarreurs

ensemble des courants qu'un contacteur ou démarreur peut supporter en fonction du temps

3.6.8

durée de réarmement

temps écoulé entre le déclenchement du disjoncteur provoqué par une surintensité et l'instant où les conditions sont atteintes pour qu'il puisse être refermé

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.19, modifié – Insertion de "ou du démarreur" dans la définition]

3.6.9

courant présumé conventionnel " I_r "

valeur spécifiée du courant présumé de court-circuit à laquelle l'appareil de connexion est soumis à l'essai dans des conditions spécifiées

3.6.10

caractéristique I^2t

<disjoncteur ou ACPIM> information (généralement une courbe) qui donne les valeurs maximales de I^2t liées à la durée de coupure en fonction du courant présumé (valeur efficace de la composante périodique en courant alternatif) jusqu'à la valeur maximale du courant présumé qui correspond au pouvoir assigné de coupure de service en court-circuit à la tension correspondante

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.18, modifié – Insertion de "ou ACPIM" dans le contexte, insertion de "de service" dans la définition]

3.6.11

courant assigné instantané de réglage de court-circuit

I_i

valeur assignée du courant provoquant le fonctionnement d'un déclencheur sans retard intentionnel

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.20]

3.6.12

courant de réglage de surcharge

I_r

courant de réglage pour un déclencheur de surcharge réglable

[SOURCE: IEC 60947-2:2016, 2.21, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article]

3.6.13

ouverture galvanique

<circuit> action ou moyen d'empêcher la conduction électrique dans un circuit électrique prévu pour fournir la puissance et/ou des signaux

Note 1 à l'article: Une ouverture galvanique peut être obtenue, par exemple, au moyen d'un commutateur ou d'un contacteur.

3.6.14

séparation électrique

séparation galvanique (terme déconseillé)

action ou moyen d'empêcher la conduction électrique entre deux circuits électriques prévus pour échanger de la puissance ou des signaux

Note 1 à l'article: Une séparation électrique peut être obtenue, par exemple, au moyen d'un transformateur de séparation (de circuits) ou d'un optocoupleur.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-26]

3.6.15**tension de crête répétitive**

valeur de crête maximale des excursions périodiques de la forme d'onde de tension résultant des déformations d'une tension en AC ou de composantes en AC superposées à la tension en DC

Note 1 à l'article: Les surtensions aléatoires dues par exemple à des manœuvres occasionnelles ne sont pas considérées comme des tensions de crête répétitive.

[SOURCE: IEC 60050-442:2014, 442-09-15]

3.6.16**pente de la tension assignée d'une impulsion**

dV/dt

valeur maximale admissible de la pente de la tension dV/dt d'une impulsion, à la température de l'air ambiant et à une fréquence de répétition qui n'entraîne pas d'augmentation importante de la température

Note 1 à l'article: La traduction française de "rated voltage pulse slope" est incorrecte, la traduction correcte est "pente de tension en impulsion assignée".

[SOURCE: IEC 60384-17:2019, 1.5.3.5, modifié — Remplacement de dU/dt par dV/dt et remplacement de "assignée" par "de l'air ambiant"]

3.6.17**courant critique de charge**

I_{crit}

valeur de courant coupé, dans le domaine des conditions de service, à laquelle la durée d'arc est notablement étendue

Note 1 à l'article: Ce phénomène, essentiel pour les applications PV, est dû au faible champ magnétique provenant du courant d'arc, créant un arc se déplaçant lentement.

[SOURCE: IEC 60947-1:2020, 3.7.16, modifié — Dans la Note 1 à l'article, remplacement de "essentiel pour les applications" en courant continu (par exemple les applications photovoltaïques)" par "essentiel pour les applications PV"]

3.6.18**courant de commutation conventionnel assigné**

I_{scl}

courant assigné d'un contacteur pour assurer la commutation du courant commandé à bas niveau par un semiconducteur, en tenant compte de la tension assignée d'emploi, de la fréquence assignée et du service assigné

Note 1 à l'article: En règle générale, ce courant est inférieur à I_e .

3.7 Termes et définitions relatifs aux aspects liés à la sécurité**3.7.1****conditions anormales de fonctionnement**

conditions temporaires de fonctionnement qui ne sont ni les conditions normales de fonctionnement ni les conditions de premier défaut du matériel proprement dit

Note 1 à l'article: Une condition anormale de fonctionnement est une condition temporaire qui peut être introduite par le matériel ou par une personne, et qui peut se traduire par la défaillance d'un composant, d'un appareil ou d'une protection.

Note 2 à l'article: Cette définition est utilisée dans le contexte d'une analyse des risques de défaillance d'un composant.

3.7.2

partie accessible

partie pouvant être touchée au moyen du doigt d'épreuve normalisé

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

3.7.3

partie active

partie sous tension

partie conductrice destinée à être sous tension dans des conditions normales, y compris un conducteur de neutre ou un conducteur de point milieu, à l'exception toutefois, par convention, du conducteur PEN, du conducteur PEM ou du conducteur PEL

Note 1 à l'article: Cette notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-19, modifié – Ajout d'une Note 1 à l'article]

3.7.4

partie active dangereuse

partie sous tension dangereuse

partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article]

3.7.5

source d'énergie limitée

source conçue et protégée de manière telle que, dans des conditions normales de fonctionnement et dans des conditions de premier défaut, le courant qui peut être délivré ne soit pas dangereux eu égard aux dangers d'incendie

3.7.6

impédance de protection

impédance connectée entre des parties actives dangereuses et des parties conductrices accessibles, de valeur telle que le courant, en utilisation normale et dans des conditions de défaut vraisemblables, soit limité à une valeur de sécurité, et qui est construite de façon telle que sa fiabilité soit maintenue au cours de la durée de vie du matériel

[SOURCE: IEC 62477-1:2022, 3.60, modifié – Remplacement de "PECS" par "matériel"]

3.7.7

mauvais usage raisonnablement prévisible

utilisation d'un produit ou d'un système dans des conditions ou à des fins non prévues par le fournisseur, mais qui peut provenir d'un comportement humain envisageable

[SOURCE: Guide 51:2014 de l'ISO/IEC, 3.7, modifié – Suppression des Notes à l'article]

3.7.8

condition de premier défaut

condition dans laquelle il existe un défaut d'une protection simple (mais pas d'une protection renforcée) d'un composant ou d'un appareil unique

Note 1 à l'article: Si une condition de premier défaut engendre une ou plusieurs autres conditions de défaut, toutes sont considérées comme une seule condition de premier défaut.

[SOURCE: Guide 104:2019 de l'IEC, 3.8, modifié – Suppression de la Note 2 à l'article]

3.7.9**courant de contact**

courant électrique passant dans le corps humain ou dans celui d'un animal lorsqu'il est en contact avec une ou plusieurs parties accessibles d'une installation électrique ou de matériels électriques

[SOURCE: IEC 60050-826:2022, 826-11-12, modifié – Ajout de l'adjectif "électrique" (2 occurrences)]

3.7.10**surface fonctionnelle chaude**

surface qui est volontairement chauffée par une source de chaleur interne et qui doit être chaude pour accomplir la fonction pour laquelle le matériel est destiné à être utilisé

[SOURCE: Guide 117:2010 de l'IEC, 3.5, modifié – Suppression de la NOTE 1 et de la NOTE 2]

3.7.11**contact miroir**

contact auxiliaire normalement fermé qui ne peut pas être dans la position de fermeture simultanément avec le contact principal normalement ouvert, dans les conditions définies à l'Article F.7

Note 1 à l'article: Un contacteur peut avoir plus d'un contact miroir.

3.7.12**état de sécurité**

état du dispositif de sécurité qui donne lieu à une condition de sécurité de l'EUC

Note 1 à l'article: Dans la présente annexe, l'état de sécurité est la condition d'interruption du circuit de charge du moteur.

3.7.13**tolérance au défaut du matériel****HFT**

capacité d'un dispositif de sécurité à continuer d'exécuter une fonction exigée en présence de défauts

Note 1 à l'article: L'abréviation "HFT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "hardware fault tolerance".

3.7.14**capacité SIL**

caractéristique des unités fonctionnelles conformes aux exigences de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-3, appropriées pour une utilisation dans des fonctions respectivement de niveau SIL 1, 2 ou 3 alloué

[SOURCE: IEC 60079-29-3:2014, 3.15]

3.7.15

défaillance systématique

défaillance liée de façon déterministe à une certaine cause, ne pouvant être éliminée que par une modification de la conception ou du processus de fabrication, des procédures d'exploitation, de la documentation ou d'autres facteurs appropriés

Note 1 à l'article: Une maintenance corrective sans modification n'élimine généralement pas la cause de la défaillance.

Note 2 à l'article: Une défaillance systématique peut être induite en simulant la cause de la défaillance.

Note 3 à l'article: Parmi les exemples de causes de défaillances systématiques figurent les erreurs humaines dans:

- la spécification des exigences de sécurité;
- la conception, fabrication, installation et exploitation du matériel.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.6.6, modifié – Suppression du troisième exemple de la Note 3 et de la Note 4]

3.7.16

niveau d'intégrité de sécurité

SIL

niveau discret (parmi quatre possibles) correspondant à une gamme de valeurs d'intégrité de sécurité où le niveau 4 d'intégrité de sécurité possède le plus haut degré d'intégrité et le niveau 1 possède le plus bas

Note 1 à l'article: L'abréviation "SIL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "safety integrity level".

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.8, modifié – Suppression des Notes à l'article]

3.7.17

nombre prioritaire de risque

RPN

une des méthodes de détermination quantitative de criticité

Note 1 à l'article: L'abréviation "RPN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "risk priority number".

[SOURCE: d'après l'IEC 60812:2018, Annexe B]

3.8 Termes et définitions relatifs aux caractéristiques des moteurs électriques

3.8.1

courant d'appel

première valeur maximale de crête de courant lors du démarrage du moteur (positive ou négative)

3.8.2

courant rotor bloqué

I_{LRC}

valeur efficace maximale du courant en régime établi relevée sur la ligne avec le moteur maintenu au repos, pour l'ensemble des positions angulaires de son rotor, à tension et fréquence assignées

Note 1 à l'article: Aux États-Unis, le courant DOL ILRC est appelé LRA (Locked Rotor Amps).

Note 2 à l'article: L'IEC 60034-1 prévoit une tolérance de 20 % sur le courant direct rotor bloqué.

3.8.3**facteur Kappa***K*

rapport de la valeur efficace du courant d'appel sur le courant direct

Note 1 à l'article: 1,8 est une valeur type pour les moteurs à haut rendement.

3.8.4**courant assigné du moteur**

courant assigné d'après la plaque signalétique du moteur

Note 1 à l'article: Aux États-Unis, le courant assigné du moteur est appelé FLA (Full Load Amps).

3.9 Symboles et abréviations

NQA	Niveau de qualité acceptable
CEM	Compatibilité électromagnétique
EUC (Equipment Under Control)	Équipement commandé
AMDE	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
FRU (Field Replaceable Unit)	Unité remplaçable par l'utilisateur
AAP	Analyse par arbre de panne
HFT (Hardware Fault Tolerance)	Tolérance au défaut du matériel
ACPM	Appareil de connexion de protection des moteurs
RPN (Risk Priority Number)	Nombre prioritaire de risque
DPCC	Dispositif de protection contre les courts-circuits
SIL (Safety Integrity Level)	Niveau d'intégrité de sécurité
$\hat{I}$	Valeur de crête maximale du courant d'attraction d'une bobine d'électroaimant commandée électroniquement
I_c	Courant établi et coupé (Tableau 7)
I_{cd}	Courant coupé d'intersection maximal (B.4.5)
I_{cs}	Pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné (5.3.6.2)
I_{cs}	Pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné (5.3.6.1)
I_e	Courant assigné d'emploi (5.3.2.5)
I_{er}	Courant assigné rotorique d'emploi (5.3.2.7)
I_{es}	Courant assigné statorique d'emploi (5.3.2.6)
I_i	Courant de réglage de court-circuit instantané
I_{IT}	Courant d'essai de court-circuit pour schéma de mise à la terre de type IT
I_q	Courant maximal d'essai de court-circuit conditionnel
I_r	Courant de réglage de surcharge
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_{thr}	Courant thermique conventionnel rotorique (5.3.2.4)
I_{ths}	Courant thermique conventionnel statorique (5.3.2.3)
I_u	Courant assigné ininterrompu (5.3.2.8)

P_c	Puissance nominale de maintien ou d'appel d'un électroaimant conventionnel commandé par un courant continu ou puissance de maintien d'un électroaimant commandé électroniquement par un courant continu
P_p	Puissance d'appel d'un contacteur commandé par un courant continu avec enroulements séparés d'appel et de maintien
"r"	Courant présumé conventionnel
S_h	Puissance de maintien d'un électroaimant commandé par un courant alternatif
S_p	Puissance d'appel d'un électroaimant commandé par un courant alternatif
T_p	Temps de déclenchement (Tableau 2)
U_c	Tension assignée du circuit de commande (5.5)
U_d	Chute de tension d'un pôle de contacteur
U_e	Tension assignée d'emploi (5.3.1.1)
U_{er}	Tension assignée rotorique d'emploi (5.3.1.1.3)
U_{es}	Tension assignée statorique d'emploi (5.3.1.1.2)
U_i	Tension assignée d'isolement (5.3.1.2)
U_{imp}	Tension assignée de tenue aux chocs (5.3.1.3)
U_{ir}	Tension assignée rotorique d'isolement (5.3.1.2.3)
U_{is}	Tension assignée statorique d'isolement (5.3.1.2.2)
U_r	Tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en courant continu (Tableau 7)
U_s	Tension d'alimentation assignée du circuit de commande (5.5)
U_v	Tension de fonctionnement continue maximale de la varistance
U_0	Tension d'alimentation assignée
Z	Impédance de pôle d'un contacteur (5.3.7)

4 Classification

Le 5.2 fournit toutes les données qui peuvent servir de critères de classification.

5 Caractéristiques des contacteurs et des démarreurs

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un contacteur ou d'un démarreur doivent être indiquées de la façon suivante, s'il y a lieu:

- type du matériel (5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux (5.3);

NOTE 1 Les valeurs assignées relatives à un démarreur rotorique à résistances sont indiquées conformément aux 5.3.1.1.2, 5.3.1.1.3, 5.3.1.2.2, 5.3.1.2.3, 5.3.2.3, 5.3.2.4, 5.3.2.6, 5.3.2.7 et 5.3.5.5, mais la spécification de toutes les valeurs énumérées est facultative.

- catégorie d'emploi (5.4);

- circuits de commande (5.5);
- circuits auxiliaires (5.6);
- types et caractéristiques des relais et des déclencheurs (5.7);
- coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (5.8);
- types et caractéristiques des appareils de commande automatique de commutation et des appareils de commande automatique d'accélération (5.10);
- types et caractéristiques des autotransformateurs des démarreurs par autotransformateur à deux étapes (5.11);
- types et caractéristiques des résistances de démarrage pour démarreurs rotoriques à résistances (5.12);
- points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur; voir Annexe D.

Pour les échanges d'informations au format électronique (catalogue électronique, par exemple), l'IEC 62683-1 donne le format de données des caractéristiques essentielles des démarreurs moteurs, des contacteurs et de leurs accessoires.

NOTE 2 Dans le cas d'un démarreur étoile-triangle, les courants se rapportent à la connexion en triangle et, dans le cas d'un démarreur par autotransformateur à deux étapes ou d'un démarreur rotorique à résistances, à la position MARCHE.

5.2 Type du matériel

5.2.1 Nature du matériel

Le présent document couvre deux types de matériels:

- contacteur (3.3.1);
- démarreur (3.5.1).

Les méthodes de démarrage suivantes sont décrites:

- démarreur direct (3.5.2);
- démarreur étoile-triangle (3.5.4.1);
- démarreur par autotransformateur à deux étapes (3.5.4.2);
- démarreur rotorique à résistances (3.5.5.2).

Les types de démarreurs suivants sont en particulier spécifiés:

- combiné de démarrage (3.5.7);
- démarreur protégé (3.5.6);
- démarreur-inverseur (3.5.3).
- système de gestion de moteurs (3.5.31);
- appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM) (3.5.32);
- appareil de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs (ACPIM) (3.5.33).

NOTE 1 Les appareils de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs (ACPIM) sont liés aux appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM) et partagent généralement la même plateforme.

Dans le présent document, les exigences relatives aux ACPM couvrent également les ACPIM, le cas échéant.

5.2.2 Nombre de pôles

5.2.3 Nature du courant (alternatif ou continu)

5.2.4 Milieu de coupure (air, huile, gaz, vide, etc.)

5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel

5.2.5.1 Méthode de fonctionnement

Les méthodes de fonctionnement décrites dans le présent documents sont les suivantes:

- commande manuelle;
- manœuvre à source d'énergie extérieure: commande électromagnétique, commande pneumatique, commande électropneumatique.

5.2.5.2 Mode de commande

Le mode de commande d'un démarreur peut être classé comme étant:

- automatique (par auxiliaire automatique de commande ou commande séquentielle);
- non automatique (telle que commande manuelle ou par boutons-poussoirs);
- semi-automatique (c'est-à-dire en partie automatique, en partie non automatique).

5.2.5.3 Mode de commutation pour des types particuliers de démarreurs

La commutation pour les démarreurs étoile-triangle, les démarreurs rotoriques à résistances ou les démarreurs par autotransformateur peut être automatique, non automatique ou semi-automatique (voir Figure C.12 et Figure C.14).

5.2.5.4 Mode de connexion d'un démarreur

Le mode de connexion type d'un démarreur couvert par le présent document correspond au démarreur avec coupure du moteur défini en 3.5.22 et représenté à l'Article C.4. Le démarreur sans coupure du moteur défini en 3.5.23 exige des adaptations particulières de la méthode de démarrage afin d'éviter les transitoires associés au passage avec coupure du moteur.

5.2.6 Méthodes de protection des moteurs contre les surcharges

5.2.6.1 Détection de surcharge moteur

La détection de l'état de surcharge moteur est effectuée par le relais ou déclencheur de surcharge moteur du démarreur en fonction de son courant de réglage (5.7.4) et de sa caractéristique temps-courant (5.7.5).

5.2.6.2 Commutation du moteur

L'élément de commutation doit être apte à couper le courant de surcharge moteur détecté par le relais ou déclencheur de surcharge du démarreur. Dans le cas d'un appareil de connexion associé, il doit être déclaré avec une catégorie d'emploi de moteur appropriée, conformément au 5.4.

La relation entre la fonction de protection contre les surcharges et fonction de commutation du démarreur est décrite à l'Article C.3.

Des associations types de composants et de formes d'onde de démarrage de moteur des démarreurs directs sont données à l'Article C.2 et à l'Article C.6.

Après réarmement manuel ou automatique, l'élément de commutation doit être en mesure d'établir le courant de démarrage du moteur selon les conditions de fermeture du Tableau 7.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux

5.3.1 Tensions assignées

5.3.1.1 Tension assignée d'emploi (U_e)

5.3.1.1.1 Généralités

Le 5.3.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

Lorsque le contacteur ou le démarreur est déclaré comme étant adapté à une utilisation en aval d'un module d'entraînement principal, la valeur de la tension de service comprend les valeurs de crête répétitives.

5.3.1.1.2 Tension assignée statorique d'emploi (U_{es})

Une tension assignée statorique d'emploi d'un démarreur rotorique à résistances est une valeur de tension qui, combinée avec un courant assigné statorique d'emploi, détermine l'emploi du circuit statorique, y compris ses appareils mécaniques de connexion, et à laquelle se rapportent les pouvoirs de fermeture et de coupure, le type de service et les caractéristiques de démarrage. En aucun cas la tension assignée statorique d'emploi maximale ne doit être supérieure à la tension assignée d'isolement correspondante.

NOTE La tension assignée statorique d'emploi s'exprime par la tension entre phases.

5.3.1.1.3 Tension assignée rotorique d'emploi (U_{er})

Pour les démarreurs rotoriques à résistances, la valeur de la tension assignée rotorique d'emploi est celle de la tension qui, combinée avec un courant assigné rotorique d'emploi, détermine l'emploi du circuit rotorique, y compris ses appareils mécaniques de connexion, et à laquelle se rapportent les pouvoirs de fermeture et de coupure, le type de service et les caractéristiques de démarrage.

Cette tension est prise égale à la tension mesurée entre bagues, le moteur étant arrêté et le circuit du rotor étant ouvert, le stator étant alimenté à sa tension assignée.

La tension assignée d'isolement des appareils de connexion insérés dans le circuit du rotor doit être au moins égale à 50 % de la tension la plus élevée entre bagues ouvertes.

NOTE Dans le rotor, les contraintes électriques sont plus faibles et plus courtes que dans le stator.

La tension assignée rotorique d'emploi n'est appliquée que pendant un court laps de temps durant la période de démarrage. C'est pourquoi il est admis que la tension assignée rotorique d'emploi excède de 100 % la tension assignée rotorique d'isolement.

La tension maximale entre les différentes parties actives (par exemple, les appareils de connexion, les résistances, les connexions, etc.) du circuit rotorique du démarreur varie, et ce fait peut être pris en considération lors du choix du matériel et de sa disposition.

5.3.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

5.3.1.2.1 Généralités

Le 5.3.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.1.2.2 Tension assignée statorique d'isolement (U_{is})

La tension assignée statorique d'isolement d'un démarreur rotorique à résistances est la valeur de la tension qui est prévue pour les appareils placés dans l'alimentation du stator et l'ensemble dont ils font partie, et à laquelle se rapportent les essais diélectriques et les lignes de fuite.

Sauf indication contraire, la tension assignée statorique d'isolement est la valeur de la tension assignée statorique d'emploi la plus élevée du démarreur.

5.3.1.2.3 Tension assignée rotorique d'isolement (U_{ir})

Pour les démarreurs rotoriques à résistances, la tension assignée rotorique d'isolement est la valeur de la tension qui sert à désigner les appareils placés dans le circuit du rotor et l'ensemble dont ils font partie (conducteurs de liaison, résistances, enveloppe) et à laquelle se rapportent les essais diélectriques et les lignes de fuite.

5.3.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le 5.3.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.1.4 Tension assignée de démarrage d'un démarreur par autotransformateur

La tension assignée de démarrage d'un démarreur par autotransformateur est la tension réduite prélevée sur le transformateur.

Les valeurs préférentielles de la tension assignée de démarrage sont 50 %, 65 % ou 80 % de la tension assignée d'emploi.

5.3.2 Courants ou puissances

5.3.2.1 Courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th})

Le 5.3.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.2.2 Courant thermique conventionnel sous enveloppe (I_{the})

Le 5.3.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.2.3 Courant thermique conventionnel statorique (I_{ths})

Le courant thermique conventionnel statorique d'un démarreur peut être soit un courant à l'air libre I_{ths} soit un courant sous enveloppe I_{thes} , conformément au 5.3.2.1 et au 5.3.2.2.

Pour un démarreur rotorique à résistances, le courant thermique statorique est le courant maximal qu'il peut supporter en service de 8 h (voir 5.3.4.1) sans que l'échauffement de ses différentes parties dépasse les limites spécifiées en 8.2.2 quand l'appareil est soumis à l'essai conformément au 9.3.3.3.

5.3.2.4 Courant thermique conventionnel rotorique (I_{thr})

Le courant thermique conventionnel rotorique d'un démarreur peut être soit un courant à l'air libre I_{thr} soit un courant sous enveloppe I_{ther} , conformément au 5.3.2.1 et au 5.3.2.2.

Le courant thermique rotorique d'un démarreur rotorique à résistances est le courant maximal que les éléments du démarreur parcourus par le courant rotorique en position MARCHE, c'est-à-dire après élimination des résistances, peuvent supporter en service de 8 h (voir 5.3.4.1) sans que l'échauffement de ces éléments dépasse les limites spécifiées en 8.2.2 quand l'appareil est soumis à l'essai conformément au 9.3.3.3.

NOTE 1 Pour les éléments (appareils de connexion, conducteurs de liaison, résistances) qui sont parcourus par un courant pratiquement nul en position MARCHE, il peut être vérifié que, pour les services assignés (voir 5.3.4) indiqués en 6.1.2 f), la valeur de l'intégrale

$$\int_0^t i^2 dt$$

ne conduit pas à des échauffements supérieurs à ceux prévus en 8.2.2.

NOTE 2 Lorsque les résistances sont incorporées au démarreur, l'échauffement peut être pris en compte.

5.3.2.5 Courants assignés d'emploi (I_e) ou puissances assignées d'emploi

Le courant assigné d'emploi d'un contacteur ou d'un démarreur est défini en 6.1.2 f) et tient compte de la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1), du courant thermique conventionnel à l'air libre ou sous enveloppe, du courant assigné du relais de surcharge, de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4), de la catégorie d'emploi (voir 5.4) et du type d'enveloppe de protection, s'il y a lieu.

Dans le cas de matériels pour commande directe d'un seul moteur, l'indication d'un courant assigné d'emploi peut être remplacée ou complétée par celle de la puissance assignée maximale disponible, à la tension assignée d'emploi prise en considération, du moteur pour lequel le matériel est prévu. La documentation du produit doit préciser la relation qui est admise entre le courant et la puissance.

NOTE L'Annexe G donne des valeurs concernant la relation entre les courants assignés d'emploi et les puissances assignées d'emploi.

Pour les démarreurs, le courant assigné d'emploi (I_e) est le courant des démarreurs en position MARCHE.

5.3.2.6 Courant assigné statorique d'emploi (I_{es}) ou puissance assignée statorique d'emploi

Le courant assigné statorique d'emploi d'un démarreur rotorique à résistances peut être défini dans la documentation du produit et tient compte du courant assigné du relais de surcharge installé dans ce démarreur, de la tension assignée statorique d'emploi (voir 5.3.1.1.1), du courant thermique conventionnel à l'air libre ou sous enveloppe, de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4), des caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5) et du type d'enveloppe de protection.

L'indication d'un courant assigné statorique d'emploi peut être remplacée par celle de la puissance assignée maximale disponible, à la tension assignée statorique d'emploi prise en considération, du moteur pour lequel les éléments statoriques du démarreur sont prévus. La documentation du produit doit être établie de manière à préciser la relation qui est admise entre la puissance du moteur et le courant statorique.

5.3.2.7 Courant assigné rotorique d'emploi (I_{er})

Le courant assigné rotorique d'emploi d'un démarreur rotorique à résistances peut être défini dans la documentation du produit et tient compte de la tension assignée rotorique d'emploi (voir 5.3.1.1.2), du courant thermique conventionnel rotorique à l'air libre ou sous enveloppe, de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4), des caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5) et du type d'enveloppe de protection.

Il est pris égal au courant qui parcourt les connexions au rotor quand ce dernier est court-circuité, que le moteur tourne à pleine charge et que le stator est alimenté à sa tension assignée et à sa fréquence assignée.

Si la partie rotorique d'un démarreur rotorique à résistances présente des caractéristiques assignées distinctes, l'indication d'un courant assigné rotorique d'emploi peut être complétée par celle de la puissance assignée maximale disponible, pour des moteurs de la tension assignée rotorique d'emploi prise en considération, du moteur pour lequel cette partie du démarreur (appareils de connexion, conducteurs de liaison, relais, résistances) est prévue. Cette puissance varie notamment en fonction du couple de démarrage prévu et tient compte en conséquence des caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5).

5.3.2.8 Courant assigné ininterrompu (I_U)

Le 5.3.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.3 Fréquence assignée

Le 5.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.4 Services assignés

5.3.4.1 Service de huit heures (service continu)

Le 5.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Pour un démarreur étoile-triangle, un démarreur par autotransformateur à deux étapes ou un démarreur rotorique à résistances, le service continu est le service dans lequel le démarreur est dans la position MARCHE et les contacts principaux des appareils de connexion qui le constituent, qui sont fermés dans cette position, demeurent fermés, chacun d'eux étant parcouru par un courant constant pendant une durée assez longue pour que le démarreur atteigne l'équilibre thermique, cette durée ne dépassant pas 8 h sans interruption.

5.3.4.2 Service ininterrompu

Le 5.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Pour un démarreur étoile-triangle, un démarreur par autotransformateur à deux étapes ou un démarreur rotorique à résistances, le service ininterrompu est le service dans lequel le démarreur est dans la position MARCHE et les contacts principaux des appareils de connexion qui le constituent, qui sont fermés dans cette position, demeurent fermés sans interruption, chacun d'eux étant parcouru par un courant constant pendant des durées supérieures à 8 h (des semaines, des mois ou même des années).

5.3.4.3 Service intermittent périodique ou service intermittent

Le 5.3.4.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Pour un démarreur sous tension réduite, le service intermittent est le service dans lequel le démarreur est dans la position MARCHE et les contacts principaux des appareils de connexion qui le constituent demeurent fermés pendant des durées qui ont une relation définie par rapport aux durées pendant lesquelles ils ne sont parcourus par aucun courant, chacune de ces durées étant trop courte pour permettre au démarreur d'atteindre l'équilibre thermique.

Les classes préférentielles de service intermittent sont:

- pour les contacteurs: 1, 3, 12, 30, 120, 300 et 1 200 (cycles de manœuvres par heure);
- pour les démarreurs: 1, 3, 12 et 30 (cycles de manœuvres par heure).

Il est rappelé qu'un cycle de manœuvres est un cycle complet de fonctionnement qui comprend une fermeture et une ouverture.

Pour les démarreurs, un cycle de manœuvres comprend le démarrage, le fonctionnement à pleine vitesse et la mise hors tension du moteur.

NOTE Dans le cas de démarreurs pour service intermittent, la différence entre la constante de temps thermique du relais de surcharge et celle du moteur peut rendre un relais thermique mal adapté à la protection contre les surcharges. Pour les installations prévues pour un service intermittent, la question de la protection contre les surcharges fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.3.4.4 Service temporaire

Le 5.3.4.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.4.5 Service périodique

Le 5.3.4.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge

5.3.5.1 Généralités

Le 5.3.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

5.3.5.2 Aptitude à supporter les courants de surcharge moteur

Les exigences qui visent à satisfaire à ces conditions pour les contacteurs ou les appareils de connexion de protection uniquement instantanée des moteurs (ACPIM) sont données en 8.2.4.4.

5.3.5.3 Aptitude à l'établissement et à la coupure des courants de charge

Les exigences concernant les différentes catégories d'emploi (voir 5.4) sont données en 8.2.4.1. Les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure ne sont valables que lorsque le contacteur ou le démarreur fonctionne suivant les exigences du 8.2.1.1 et du 8.2.1.2.

5.3.5.4 Fonctionnement conventionnel en service

Ce fonctionnement est spécifié en 8.2.4.2 comme étant une série de manœuvres d'établissement et de coupure.

5.3.5.5 Caractéristiques de démarrage et d'arrêt des démarreurs

5.3.5.5.1 Généralités

Les conditions représentatives de service des démarreurs selon l'Article C.6 sont:

- a) un sens de rotation avec coupure du moteur lancé en conditions normales de service (catégories d'emploi AC-2, AC-3 et AC-3e);
- b) deux sens de rotation, mais la marche dans le deuxième sens n'est réalisée qu'après la mise hors tension du démarreur et l'arrêt complet du moteur (catégories d'emploi AC-2, AC-3 et AC-3e);
- c) un sens de rotation ou deux sens de rotation comme au point b), mais avec la possibilité de marche par à-coups peu fréquente. Pour cette condition de service, des démarreurs directs sont généralement utilisés (catégorie d'emploi AC-3 et AC-3e);
- d) un sens de rotation avec de fréquentes marches par à-coups. Pour ce service, des démarreurs directs sont généralement utilisés (catégorie d'emploi AC-4);
- e) un ou deux sens de rotation, mais avec la possibilité d'inversions de marche peu fréquentes pour arrêter le moteur, l'inversion de marche étant accompagnée d'un freinage par résistance rotorique lorsque celle-ci existe (démarreur-inverseur avec freinage). Un démarreur rotorique à résistances est généralement utilisé pour cette condition de service (catégorie d'emploi AC-2);

- f) deux sens de rotation, mais avec la possibilité d'inversion des connexions d'alimentation du moteur pendant qu'il tourne dans le premier sens (marche par à-coups), afin d'assurer sa rotation dans l'autre sens, avec mise hors tension du moteur lancé en conditions normales de service. Pour cette condition de service, un démarreur-inverseur direct moteur en marche est généralement utilisé (catégorie d'emploi AC-4).

Sauf indication contraire, les démarreurs sont conçus en fonction des caractéristiques de démarrage des moteurs compatibles avec les pouvoirs de fermeture du Tableau 7. Ces pouvoirs de fermeture couvrent à la fois les courants de démarrage transitoires et en régime établi de la grande majorité des moteurs normaux. Cependant, les courants de démarrage pour quelques gros moteurs peuvent atteindre des valeurs de crête qui correspondent à des facteurs de puissance beaucoup plus bas que ceux spécifiés pour le circuit d'essai du Tableau 7. Dans de tels cas, il convient de réduire le courant d'emploi du contacteur ou du démarreur pour qu'il atteigne une valeur plus basse que sa valeur assignée et telle que le pouvoir de fermeture du contacteur ou du démarreur ne soit pas dépassé.

5.3.5.5.2 Caractéristiques de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances

Une distinction doit être établie entre les courants et tensions dans les circuits du stator et du rotor des moteurs à bagues. Cependant, les modifications des valeurs du courant dans les circuits du stator et du rotor, causées par les différentes étapes du démarrage, sont presque proportionnelles dans les conditions normales de fonctionnement.

Les définitions qui suivent traitent surtout des caractéristiques du circuit du rotor:

U_{er} est la tension assignée rotorique d'emploi;

I_{er} est le courant assigné rotorique d'emploi;

Z_r est l'impédance caractéristique du rotor d'un moteur à induction à bagues à courant alternatif;

où

$$Z_r = \frac{U_{er}}{\sqrt{3} \times I_{er}};$$

I_1 est le courant dans le circuit du rotor immédiatement avant la mise en court-circuit d'une section des résistances;

I_2 est le courant dans le circuit du rotor immédiatement après la mise en court-circuit d'une section des résistances;

$I_m = 1/2 (I_1 + I_2)$;

T_e est le couple assigné de fonctionnement du moteur;

t_s est la durée de démarrage;

k est la sévérité du démarrage $= \frac{I_m}{I_{er}}$.

Il est reconnu que, pour de nombreuses applications, les exigences de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances sont très spécifiques et peuvent se traduire non seulement par des nombres différents d'étapes de démarrage et des valeurs différentes de I_1 et I_2 , mais aussi par des valeurs de I_1 et I_2 différentes pour les sections de résistances elles-mêmes. Aucune tentative d'établissement des paramètres normaux n'a été réalisée, mais il convient de tenir compte des facteurs suivants:

- deux à six étapes de démarrage conviennent à la plupart des applications en fonction du couple de charge, de l'inertie et de la sévérité de démarrage exigés;

- il convient que les sections de résistances aient, de préférence, des caractéristiques thermiques assignées qui tiennent compte de la durée de démarrage de l'entraînement, qui dépend du couple et de l'inertie de la charge.

5.3.5.5.3 Conditions normales de fermeture et de coupure qui correspondent aux caractéristiques de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances

Ces conditions sont données en Tableau 7 et s'appliquent au démarrage à fort couple.

Les conditions de fermeture et de coupure données dans le Tableau 7 pour la catégorie d'emploi AC-2 sont considérées comme des conditions normales.

Le circuit du démarreur doit être conçu de façon à ouvrir tous les appareils de connexion des résistances du rotor avant ou à peu près en même temps que l'ouverture de l'appareil de connexion du stator. Sinon, l'appareil de connexion du stator doit satisfaire aux exigences de la catégorie d'emploi AC-3.

5.3.5.5.4 Caractéristiques de démarrage des démarreurs par autotransformateur à deux étapes

Sauf indication contraire, la conception des démarreurs par autotransformateur et plus particulièrement des autotransformateurs repose sur la condition d'une durée de démarrage pour toutes les classes de service (voir 5.3.4) qui ne doit pas dépasser 15 s. Par hypothèse, le nombre de cycles de démarrage par heure s'effectue à des intervalles de temps égaux entre les démarrages. Toutefois, dans le cas de deux cycles de manœuvres effectués très rapidement l'un après l'autre, le démarreur et l'autotransformateur doivent être en mesure de revenir à la température de l'air ambiant avant d'effectuer un autre démarrage.

Si une durée de démarrage supérieure à 15 s est exigée, cela doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.3.6 Caractéristiques de court-circuit

5.3.6.1 Pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné d'un ACPM (I_{cu})

Le pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné d'un ACPM est la valeur du pouvoir de coupure ultime en court-circuit assignée à cet ACPM en 6.1.2 m) pour la tension assignée d'emploi correspondante, dans les conditions spécifiées à l'Article P.3. Il s'agit de la valeur du courant coupé présumé, en kA (valeur efficace du composant en courant alternatif dans le cas du courant alternatif).

5.3.6.2 Pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné d'un ACPM (I_{cs})

Le pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné d'un ACPM est la valeur du pouvoir de coupure de service en court-circuit assignée à cet ACPM en 6.1.2 m) pour la tension assignée d'emploi correspondante U_e , dans les conditions spécifiées à l'Article P.2. Il s'agit d'une valeur du courant coupé présumé, en kA ou en % de I_{cu} (par exemple $I_{cs} = 25 \% \text{ de } I_{cu}$).

I_{cs} doit être au moins égal à 25 % de I_{cu} .

5.3.6.3 Courant assigné de court-circuit conditionnel

Le 5.3.6.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.7 Impédance de pôle d'un contacteur (Z) ou d'un démarreur

L'impédance de pôle peut être spécifiée en 6.1.2 h). Elle est déterminée en mesurant la chute de tension qui résulte du passage du courant à travers le pôle.

5.4 Catégorie d'emploi

5.4.1 Généralités

Le 5.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Pour les contacteurs et les démarreurs, les catégories d'emploi énumérées dans le Tableau 1 sont considérées comme normales. Tout autre type d'emploi doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, mais les renseignements donnés dans le catalogue ou l'offre du fabricant constituent un tel accord.

Chaque catégorie d'emploi est caractérisée par les valeurs des courants, des tensions, des facteurs de puissance ou des constantes de temps et des autres données du Tableau 7 et du Tableau 10, ainsi que par les conditions d'essai spécifiées dans le présent document.

Pour les contacteurs ou les démarreurs définis par leur catégorie d'emploi, il est donc inutile de spécifier séparément les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure puisque ces valeurs dépendent directement de la catégorie d'emploi (voir Tableau 7.).

Pour toutes les catégories d'emploi, la tension est la tension assignée d'emploi dans le cas d'un contacteur ou d'un démarreur autre qu'un démarreur rotorique à résistances, et la tension assignée statorique d'emploi dans le cas d'un démarreur rotorique à résistances.

Tous les démarreurs directs appartiennent à au moins l'une des catégories d'emploi suivantes: AC-3, AC-3e, AC-4, AC-7b, AC-8a et AC-8b.

Tous les démarreurs étoile-triangle et tous les démarreurs par autotransformateur à deux étapes appartiennent à la catégorie d'emploi AC-3.

Les démarreurs rotoriques à résistances appartiennent à la catégorie d'emploi AC-2.

5.4.2 Attribution des catégories d'emploi en fonction des résultats d'essais

- a) Un contacteur ou un démarreur qui a été soumis à l'essai pour une catégorie d'emploi ou à toute autre combinaison de paramètres (tels que tension et courant d'emploi maximaux, etc.) peut être assigné à d'autres catégories d'emploi sans essai complémentaire à condition que les grandeurs d'essai (courants, tensions, facteurs de puissance ou constantes de temps, nombre de cycles de manœuvres, durée à l'état passant et non passant) qui figurent dans le Tableau 7 et dans le Tableau 10 et que le circuit d'essai pour les catégories d'emploi attribuées ne soient pas plus sévères que ceux auxquels le contacteur ou le démarreur a été soumis à l'essai, et que l'échauffement ait été vérifié à un courant au moins égal à la valeur maximale du courant assigné d'emploi en service continu.

Par exemple, un contacteur soumis à l'essai pour la catégorie d'emploi AC-4 peut se voir attribuer la catégorie d'emploi AC-3 à condition que I_e pour AC-3 ne soit pas supérieur à $1,2 I_e$ pour AC-4 à la même tension assignée d'emploi.

- b) Les contacteurs de catégorie DC-3 et DC-5 sont par hypothèse en mesure d'ouvrir et de fermer des charges autres que celles qui ont été soumises à l'essai, à condition que:
- la tension et le courant ne dépassent pas les valeurs spécifiées pour U_e et I_e ;
 - l'énergie J emmagasinée dans la charge réelle soit inférieure ou égale à l'énergie J_c emmagasinée dans la charge avec laquelle ils ont été soumis à l'essai.

Les valeurs de l'énergie emmagasinée dans le circuit d'essai sont les suivantes:

Catégorie d'emploi	Énergie emmagasinée J_c
DC-3	$0,005\,25 \times U_e \times I_e$
DC-5	$0,031\,5 \times U_e \times I_e$

Les valeurs des constantes 0,005 25 et 0,031 5 sont déduites de la formule:

$$J_c = 1/2 LI^2$$

dans laquelle la constante de temps a été remplacée par:

$2,5 \times 10^{-3}$ s (DC-3) et:

15×10^{-3} s (DC-5)

et où $U = 1,05 U_e$, $I = 4 I_e$ et L est l'inductance du circuit d'essai (voir Tableau 7).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-4-1:2023

Tableau 1 – Catégories d'emploi

Nature du courant	Catégories d'emploi	Indication supplémentaire de catégorie	Charge type
Courant alternatif	AC-1	Usage général	Charges non inductives ou faiblement inductives
	AC-2		Moteurs à bagues ou combinaison de charges résistives et inductives, incluant de faibles surcharges
	AC-3		Moteurs à cage d'écureuil ^d : démarrage, coupure des moteurs lancés, inversion ^a
	AC-3e ^e		Moteurs à cage d'écureuil avec courant rotor bloqué plus élevé ^e : démarrage, coupure des moteurs lancés, inversion ^a
	AC-4		Moteurs à cage d'écureuil ^d : démarrage, inversion de marche, marche par à-coups
	AC-5a	Ballast Lampe à incandescence	Lampes à décharge
	AC-5b		Lampes à incandescence en courant alternatif
	AC-6a		Transformateurs
	AC-6b ou AC-7c ^c		Batteries de condensateurs ou lampes à décharge électrique avec compensation
	AC-7a ^c		Charges faiblement inductives pour appareils domestiques et applications analogues
	AC-7b ^c		Moteurs pour applications domestiques
	AC-7d ^c		Lampe à LED
	AC-8a		Commande de moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération ^b avec réarmement manuel des déclencheurs de surcharge
	AC-8b		Commande de moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération ^b avec réarmement automatique des déclencheurs de surcharge
Courant continu	DC-1	Lampe à incandescence	Charges non inductives ou faiblement inductives
	DC-3		Moteurs à excitation en dérivation: démarrage, inversion de marche, marche par à-coups, coupure dynamique de moteurs en courant continu
	DC-5		Moteurs série: démarrage, inversion de marche, marche par à-coups, coupure dynamique de moteurs en courant continu
	DC-6		Lampes à incandescence en courant continu

^a La catégorie AC-3 peut être utilisée pour des marches par à-coups ou des inversions de marche de manœuvres occasionnelles de durée limitée, telles que le montage d'une machine. Il convient que le nombre de ces manœuvres pendant ces durées limitées ne dépasse pas cinq manœuvres par minute ni plus de dix pour une durée de 10 min.

^b Un moteur de compresseur hermétique de réfrigération est un appareil combiné qui comprend un compresseur et un moteur, tous deux enfermés dans le même boîtier sans arbre ou joints d'arbre extérieurs, le moteur fonctionnant dans le réfrigérant.

^c L'IEC 61095 fournit les exigences et essais pour les catégories d'emploi.

^d Moteur asynchrone de conception N et H conformément à l'IEC 60034-12:2016.

^e Moteur asynchrone de conception NE et HE, conformément à l'IEC 60034-12:2016, qui présente une puissance apparente et un courant rotor bloqué étendus/supérieurs à ceux de la conception N et H respectivement, afin d'atteindre une classe de rendement supérieure conformément à l'IEC 60034-30-1:2014. Les modifications relatives aux moteurs à haut rendement sont expliquées à l'Article C.1.

5.5 Circuits de commande

Le 5.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

La liste des caractéristiques donnée en 5.5.1 de l'IEC 60947-1:2020 doit être complétée par:

- la plage de la tension d'alimentation assignée du circuit de commande U_s , le cas échéant, exprimée sous la forme: "valeur minimale" – "valeur maximale" V;
- l'énergie limitée (si la source est conforme au 8.1.14);
- l'alimentation TBTS (TBTP) (conformément à l'Annexe N de l'IEC 60947-1:2020);
- la consommation d'énergie de l'électroaimant d'un contacteur, nécessaire pour déterminer les caractéristiques de l'alimentation du circuit de commande, qui est donnée par:
 - la puissance de maintien;
 - la puissance d'appel.

NOTE Aux États-Unis et au Canada, les circuits de commande se caractérisent par des sources de Classe 2 telles que définies dans le NFPA 70, National Electrical Code et le CSA C22.1, Canadian Electrical Code (CE Code) en lieu et place ou en complément des sources TBTS (TBTP).

5.6 Circuits auxiliaires

Le 5.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

Les entrées et/ou sorties numériques contenues dans les contacteurs et les démarreurs de moteurs et conçues pour être compatibles avec les PLC doivent satisfaire aux exigences de l'Annexe S de l'IEC 60947-1:2020.

5.7 Caractéristiques du relais et du déclencheur des relais de surcharge et de l'appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM)

NOTE L'expression "relais de surcharge" est utilisée pour désigner, suivant le cas, aussi bien un relais de surcharge qu'un déclencheur de surcharge.

5.7.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques des relais et des déclencheurs doivent être indiquées de la façon suivante, 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);
- fonctions étendues, comme cela est indiqué à l'Annexe H;
- indicateurs de surveillance de charge, comme cela est indiqué à l'Annexe O.

5.7.2 Types du relais ou du déclencheur

- a) Déclencheur à bobine en dérivation (déclencheur shunt).
- b) Relais ou déclencheur d'ouverture à minimum de tension et à minimum de courant.
- c) Relais de surcharge à fonctionnement temporisé dont le retard est:
 - notablement indépendant de la charge préalable;
 - dépendant de la charge préalable;
 - dépendant de la charge préalable et du relais ou déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase.
- d) Relais ou déclencheur intégré au démarreur ou monté séparément.

- e) Relais ou déclencheur de surcharge à fonctionnement instantané.
- f) Relais ou déclencheurs instantanés de court-circuit.

NOTE Un ACPM comporte une combinaison de relais ou de déclencheurs de types c) et e) ci-dessus. Un ACPIM ne comporte aucun déclencheur de surcharge.

- g) Relais ou déclencheur de calage.
- h) Relais avec fonctions étendues (voir Annexe T de l'IEC 60947-1:2020).
- i) Autres relais ou déclencheurs (relais de commande associé à des dispositifs de protection thermique du moteur, par exemple).

5.7.3 Valeurs caractéristiques

- a) Déclencheur à bobine en dérivation, relais ou déclencheur d'ouverture à minimum de tension (minimum de courant), à maximum de tension (maximum de courant à fonctionnement instantané), à déséquilibre de courant ou de tension et à inversion de phase:
 - tension (ou courant) assigné(e);
 - fréquence assignée;
 - temps de fonctionnement (s'il y a lieu);
 - temps d'inhibition (s'il y a lieu).
- b) Relais et déclencheur de surcharge moteur d'un démarreur (y compris la fonction de protection contre les surcharges d'un ACPM):
 - désignation et courant de réglage (voir 5.7.4);
 - transformateurs de courant associés, le cas échéant;
 - fréquence assignée, si nécessaire (dans le cas d'un relais de surcharge commandé par un transformateur de courant, par exemple);
 - caractéristiques temps-courant (ou plage de caractéristiques), s'il y a lieu;
 - classe de déclenchement selon la classification du Tableau 2 ou valeur de la durée maximale de déclenchement, exprimée en secondes, dans les conditions spécifiées en 8.2.1.5.1, Tableau 3, colonne D, lorsque cette durée dépasse 40 s;
 - nature du relais: thermique, magnétique, électronique ou électronique sans mémoire thermique (les relais électroniques qui ne satisfont pas aux essais de vérification de mémoire thermique selon 8.2.1.5.1.2 doivent être marqués ~~Thm~~);
 - nature du réarmement: si manuel/automatique, le réglage doit être indiqué;
 - temps de déclenchement des relais de surcharge de classe 10A lorsque celui-ci est supérieur à 2 min à –5 °C ou à une température inférieure (voir 8.2.1.5.1.1, point c));
 - caractéristiques supplémentaires pour un relais de surcharge monté séparément:
 - courant de court-circuit conditionnel assigné (voir 5.3.6.3);
 - type de coordination selon 8.2.5.1 pour un relais électronique de surcharge ou type de coordination 1 pour un relais thermique de surcharge;
 - référence au type de DPCC éventuellement associé (ACPIM, par exemple), courant assigné et caractéristiques;
 - catégorie d'emploi et courants assignés d'emploi aux tensions assignées d'emploi du dispositif pour circuit de commande selon l'IEC 60947-5-1;
 - référence aux appareils de connexion éventuellement associés avec les caractéristiques assignées de courant appropriées, y compris les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure de charge du moteur selon le Tableau 7.

c) Déclencheur avec relais de détection de courant résiduel:

- courant assigné;
- courant de réglage de déclenchement par défaut à la terre;
- temps de fonctionnement ou caractéristiques temps-courant conformément au Tableau T.1 de l'IEC 60947-1:2020;
- temps d'inhibition (s'il y a lieu);
- désignation du type (voir Article T.4 de l'IEC 60947-1:2020).

d) Déclencheur de court-circuit d'un ACPM:

- courants assignés d'emploi (I_e) ou puissances assignées d'emploi;
- fréquence assignée;
- courant de réglage (ou plage de réglages), s'il y a lieu.

Tableau 2 – 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, Tableau 3, colonne D ^a	Temps de déclenchement T_p dans les conditions spécifiées en 8.2.1.5.1, Tableau 3, 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 Dans le cas d'un démarreur rotorique à résistances, le relais de surcharge est habituellement placé dans le circuit du stator. Par conséquent, il ne peut pas protéger efficacement le circuit du rotor et plus particulièrement les résistances (en général plus exposées que le rotor lui-même ou les appareils de connexion en cas de démarrage defectueux). La protection du circuit du rotor fait l'objet d'un accord particulier entre le fabricant et l'utilisateur (voir notamment 8.2.1.1.3).

NOTE 3 Dans le cas d'un démarreur par autotransformateur à deux étapes, l'autotransformateur de démarrage est normalement conçu pour n'être utilisé que pendant la période de démarrage. Par conséquent, il ne peut pas être efficacement protégé par le relais de surcharge en cas de démarrage defectueux. La protection de l'autotransformateur fait l'objet d'un accord particulier entre le fabricant et l'utilisateur (voir 8.2.1.1.4).

NOTE 4 Les valeurs limites les plus faibles de T_p sont choisies pour tenir compte des différentes caractéristiques de l'élément chauffant et des tolérances de fabrication.

^a La lettre E doit être ajoutée 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 de la plage de courants de réglage, le cas échéant) et leur classe de déclenchement.

Le courant de réglage (ou la plage de courants de réglage) doit être marqué sur les relais ou affiché.

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 (les éléments chauffants, les bobines de commande ou les transformateurs de courant, par exemple) doit porter un numéro ou un repère d'identification qui permet d'obtenir les renseignements correspondants dans la documentation du produit ou, de préférence, à partir d'indications fournies avec le démarreur.

Pour les relais de surcharge commandés par un transformateur de courant, le marquage ou le courant de réglage affiché doit se rapporter soit au courant 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 types doivent être données sous forme de courbes fournies avec le relais de surcharge. Ces courbes doivent indiquer dans quelle mesure 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 huit fois le courant de pleine charge du moteur avec lequel le relais est destiné à être utilisé. La documentation du produit doit indiquer, de façon appropriée, les tolérances générales relatives à ces courbes ainsi que les sections de conducteurs utilisées pour établir ces courbes (voir 9.3.3.2.2, point c)).

NOTE Le courant est porté en abscisses et le temps en ordonnées, en utilisant des échelles logarithmiques. Le courant est porté en multiples du courant de réglage I_r et le temps en secondes en utilisant les échelles normalisées décrites en 5.6.1 et à la Figure 1 de l'IEC 60269-1:2006, et à la Figure 104, à la Figure 503 et à la Figure 504 de l'IEC 60269-2:2013.

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 étant +20 °C ou +40 °C.

Les relais de surcharge doivent être en mesure de fonctionner dans la plage de températures de l'air ambiant comprises entre –5 °C et +40 °C. La documentation du produit doit 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

La coordination des contacteurs et des démarreurs est caractérisée par le type, les caractéristiques assignées et les caractéristiques des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) qui procurent une protection au contacteur et au démarreur contre les courants de court-circuit. Les exigences sont données en 8.2.5.1 et 8.2.5.2 du présent document et en 5.8 de l'IEC 60947-1:2020.

Les exigences relatives aux démarreurs assignés AC-3e avec une coordination de type 2 sont données en 8.2.5.3. Lorsqu'un ACPM est utilisé comme démarreur manuel sans contacteur associé, le présent paragraphe ne s'applique pas.

5.9 Vacant

5.10 Types et caractéristiques des appareils de commande automatique de commutation et des appareils de commande automatique d'accélération

5.10.1 Types

- a) Dispositifs à action différée, par exemple contacteurs auxiliaires temporisés (conformes à l'IEC 60947-5-1) applicables aux appareils pour circuits de commande ou relais de tout-ou-rien temporisés (conformes à l'IEC 61810-1).
- b) Dispositifs à minimum de courant (relais à minimum de courant).
- c) Autres dispositifs pour la commande automatique d'accélération:
 - dispositifs voltmétriques;
 - dispositifs wattmétriques;
 - dispositifs tachymétriques.

5.10.2 Caractéristiques

- a) Les caractéristiques des dispositifs à action différée sont:
 - le retard assigné ou sa plage, s'il est réglable;
 - pour les dispositifs à action différée qui comportent une bobine, la tension assignée, si elle diffère de la tension d'alimentation du démarreur.
- b) Les caractéristiques des dispositifs à minimum de courant sont:
 - le courant assigné (courant thermique et/ou courant assigné de courte durée admissible, suivant l'indication donnée dans la documentation du produit);
 - le courant de réglage ou sa plage, le cas échéant.
- c) Les caractéristiques des autres dispositifs doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.11 Types et caractéristiques des autotransformateurs des démarreurs par autotransformateur à deux étapes

Compte tenu des caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5.4), les autotransformateurs de démarrage doivent être caractérisés par:

- la tension assignée de l'autotransformateur;
- le nombre de prises disponibles pour régler le couple et le courant de démarrage;
- la tension de démarrage, c'est-à-dire la tension aux bornes des prises, en pourcentage de la tension assignée de l'autotransformateur;
- le courant qu'ils peuvent supporter pendant une durée spécifiée;
- le service assigné (voir 5.3.4);
- le mode de refroidissement { par air;
par huile.

Les autotransformateurs peuvent être:

- soit incorporés au démarreur, auquel cas l'échauffement qui en résulte doit être pris en considération lors de la détermination des caractéristiques assignées du démarreur;
- soit livrés séparément, auquel cas la nature et les dimensions des conducteurs de liaison doivent être spécifiées dans le cadre d'un accord entre le fabricant du transformateur et le fabricant du démarreur.

5.12 Types et caractéristiques des résistances de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances

Compte tenu des caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5.2), les résistances de démarrage doivent être caractérisées par:

- la tension assignée rotorique d'isolement (U_{ir});
- leur valeur ohmique;
- le courant thermique moyen, défini par la valeur du courant constant qu'elles peuvent supporter pendant une durée spécifiée;
- le service assigné (voir 5.3.4);
- le mode de refroidissement

{	convection;
	air forcé;
	immersion dans l'huile.

Elles peuvent être:

- soit incorporées au démarreur, auquel cas l'échauffement qui en résulte doit être limité pour ne pas endommager les autres organes du démarreur;
- soit livrées séparément, auquel cas la nature et les dimensions des conducteurs de liaison doivent être spécifiées dans le cadre d'un accord entre le fabricant des résistances et le fabricant du démarreur.

6 Informations sur le matériel

6.1 Nature des informations

6.1.1 Identification

- a) nom du fabricant ou marque commerciale;
- b) désignation du type ou numéro de série;
- c) numéro du présent document.

6.1.2 Caractéristiques, valeurs assignées fondamentales et utilisation

Caractéristiques:

- a) tensions assignées d'emploi (voir 5.3.1.1);
- b) polarité des bornes, le cas échéant;
- c) catégorie d'emploi et courants assignés d'emploi (ou puissances assignées), aux tensions assignées d'emploi du matériel (voir 5.3.2.5 et 5.4); et
 - pouvoirs assignés de fermeture et de coupure. Ces indications peuvent être remplacées, s'il y a lieu, par l'indication de la catégorie d'emploi du Tableau 7 et du Tableau M.2 et
 - service assigné avec indication de la classe de service intermittent, s'il y a lieu (voir 5.3.4) et la durée à l'état non passant, comme cela est spécifié dans la note de bas de tableau d) du Tableau 10, si nécessaire;
- d) soit la valeur de la fréquence assignée 50 Hz/60 Hz soit le symbole **==** (IEC 60417-5031:2002-10) ou d.c. ou DC, soit d'autres fréquences assignées (par exemple 16 2/3 Hz, 400 Hz);
- e) impédance des pôles de l'appareil de connexion (Z) (voir 5.3.7), si elle est déclarée;
- f) informations relatives à l'environnement (voir 6.4).

Sécurité et installation:

- g) tension assignée d'isolement (voir 5.3.1.2) et
 - tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.1.3);
- h) code IP selon l'Annexe C de l'IEC 60947-1:2020;
- i) degré de pollution (voir Article 7);
- j) caractéristiques assignées en court-circuit:
 - pour les contacteurs ou démarreurs: courant assigné de court-circuit conditionnel (voir 5.3.6.3) et type de coordination (voir 8.2.5.1) ainsi que type, courant assigné et caractéristiques du DPCC associé;
 - pour les combinés de démarrage, combinés d'appareils de connexion, démarreurs protégés ou appareils de connexion protégés: courant assigné de court-circuit conditionnel (voir 5.3.6) et type de coordination (voir 8.2.5.1);
 - pour les ACPM: pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné (I_{cu}) et pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné (I_{cs}) (voir 8.2.4.7), valeur du courant instantané de réglage de court-circuit I_t pour les déclencheurs non réglables et aptitude à l'utilisation avec un schéma de mise à la terre de type IT (voir P.4.5);
- k) altitude maximale admissible du site d'installation, si elle est supérieure à 2 000 m;
- l) raccordement de conducteur sur borne:
 - longueur d'isolant à enlever avant d'insérer le conducteur dans la borne;
 - nombre maximal de conducteurs qui peuvent être serrés.Pour les bornes non universelles sans vis:
 - "s" ou "sol" pour les bornes déclarées pour conducteurs rigides-massifs;
 - "r" pour les bornes déclarées pour conducteurs rigides (massifs et câblés);
 - "f" pour les bornes déclarées pour les âmes souples;
- m) référence au différentes parties du démarreur à associer, y compris les accessoires de câblage dédiés qui peuvent être utilisés pour le câblage du démarreur ou du combiné de contacteurs.

Circuits de commande:

Les informations suivantes relatives aux circuits de commande doivent figurer soit sur la bobine soit sur le matériel:

- n) tension assignée du circuit de commande (U_c) ou sa plage, le cas échéant, nature du courant et fréquence assignée.

Dans le cas de bobines d'électroaimants commandées électroniquement, d'autres informations peuvent être ajoutées, par exemple la configuration du circuit de commande (voir 5.5 du présent document et Annexe U de l'IEC 60947-1:2020);

- o) si elle est déclarée, la consommation d'énergie du circuit de commande, par exemple puissance de maintien, puissance d'appel selon 8.2.4.5.

Dispositifs d'alimentation en air comprimé pour les démarreurs ou les contacteurs commandés par air comprimé:

- p) pression assignée d'alimentation en air comprimé et limites de variation de cette pression, si elles sont différentes de celles spécifiées en 8.2.1.2.

Circuits auxiliaires:

- q) caractéristiques assignées des circuits auxiliaires (voir 5.6).

Relais et déclencheurs à maximum de courant:

- r) caractéristiques selon 5.7.2, 5.7.5 et 5.7.6;
- s) caractéristiques selon 5.7.3 et 5.7.4.

Informations supplémentaires pour certains types de contacteurs et de démarreurs:

Démarreurs rotoriques à résistances:

- t) schéma du circuit et
 - sévérité du démarrage (voir 5.3.5.5.2) et
 - durée de démarrage (voir 5.3.5.5.2).

Démarreurs par autotransformateur:

- u) la ou les tensions assignées de démarrage, c'est-à-dire la ou les tensions aux bornes des prises.

NOTE 1 Cette valeur peut être exprimée en pourcentage de la tension assignée d'emploi du démarreur.

CEM:

- v) lorsqu'il est différent de l'environnement industriel standard E-III, informations relatives à l'environnement électromagnétique applicable, E-II industrie légère ou E-IV distribution de puissance (voir 8.3.1) et
 - matériel de classe A ou B selon la CISPR 11 et
 - exigences spéciales, le cas échéant (conducteurs blindés ou torsadés, par exemple).

NOTE 2 Les conducteurs non blindés ou non torsadés sont considérés comme étant des conditions normales d'installation.

Aptitude à l'utilisation aval d'un MEC:

- w) soit le type et la désignation du module d'entraînement principal (MEP) associé, en aval du MEP, conforme à l'IEC 61800-5-1, avec les limites de réglages appropriées et la longueur maximale du câblage au démarreur
soit, en variante:
 - la tension maximale assignée;
 - la tension de crête répétitive maximale;
 - la fréquence maximale impulsionnelle; et
 - la pente de la tension assignée d'une impulsion;
 obtenues dans les conditions du 9.3.3.3.10.

6.2 Marquage

Le 6.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique aux contacteurs, aux démarreurs et aux relais de surcharge montés séparément avec les ajouts suivants. Cela couvre également les indications des points a) et b) du 6.1.1.

Les indications des points a) à w) du 6.1.2 et des points applicables de l'Annexe D doivent être incluses sur le matériel ou dans la documentation du produit.

Les indications des points c) du 6.1.1, b), h) (si le degré de protection est différent de IP00) et s) du 6.1.2 doivent être marquées sur le matériel; les caractéristiques temps-courant (ou la plage de caractéristiques) peuvent être indiquées dans la documentation du produit.

La documentation du produit peut être fournie sous forme numérique, par exemple au moyen d'un identifiant lisible électroniquement sur le matériel ou sur son emballage (voir l'IEC 63365).

NOTE Aux États-Unis et au Canada, sur de nombreux matériels, l'indication supplémentaire de catégorie indiquée dans le Tableau 1 est marquée sur le matériel.

De plus, l'ACPM doit être marqué à un endroit visible et lisible lorsqu'il est installé, en ce qui concerne:

- l'aptitude au sectionnement, si applicable, avec le symbole  (IEC 60617-S00287:2001-07 "Disjoncteur" combiné au marquage IEC 60417-6169-1:2012-08 "Sectionneur; isolateur");
- indication des positions d'ouverture et de fermeture, avec  (IEC 60417-5008:2002-10 "ARRÊT" (alimentation)) et  (IEC 60417-5007:2002-10 "MARCHE" (alimentation)) respectivement, si les symboles sont utilisés (voir 8.1.6.1 de l'IEC 60947-1:2020).

Les données suivantes doivent être marquées à l'extérieur de l'ACPM de sorte qu'il convient qu'elles soient visibles et lisibles lorsque l'ACPM est installé:

- plage des courants assignés instantanés de réglage de court-circuit I_i pour les déclencheurs réglables.

Pour les accessoires dédiés utilisés pour le câblage du démarreur ou du combiné de contacteurs, les données en 6.1.1 c), 6.1.2 g) et le courant I_{th} le cas échéant, doivent être indiqués dans la documentation du produit.

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage

Le 6.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Les instructions, dans la documentation du produit, doivent également couvrir les accessoires de câblage dédiés.

Dans le cas des démarreurs protégés, les instructions nécessaires pour le montage et le câblage doivent également être fournies.

Un démarreur qui incorpore un relais de surcharge à réarmement automatique capable d'être connecté pour permettre un redémarrage automatique doit être accompagné, avec le démarreur, des informations nécessaires pour alerter l'utilisateur de la possibilité de redémarrage automatique.

Dans le cas d'un relais de surcharge monté séparément, les instructions doivent indiquer:

- la méthode de détermination de la protection contre les courts-circuits du démarreur complet: choix du plus petit DPCC en fonction du plus faible courant I_q de ses composants. Seuls des composants avec le même type de DPCC peuvent être coordonnés;
- les sections de câbles du circuit de puissance;
- le courant d'intersection maximal I_{cd} selon B.4.5;
- les valeurs maximales assignées du circuit de commande du contacteur à associer selon 6.1.2 n).

Lorsque le contacteur ou le démarreur est déclaré comme étant adapté à une utilisation en aval d'un module d'entraînement principal, les instructions appropriées doivent être fournies pour évaluer les conditions d'utilisation en fonction des conditions indiquées en 6.1.2 w) et pour vérifier que la longueur du raccordement au moteur est inférieure aux limites données dans le manuel d'instructions du MEP afin de limiter les phénomènes de réflexion d'onde.

Pour les combinés de démarrage sous enveloppe équipés d'un mécanisme de déverrouillage de la porte ou du couvercle comme cela est décrit en 8.1.11.1, les instructions doivent inclure des informations concernant la méthode de déverrouillage associée.

Si la construction exige la mise sous tension par une source d'énergie externe qui n'est pas une source d'énergie limitée telle que définie en 8.1.14, les informations appropriées relatives à la protection des accès contre les courts-circuits et contre les surintensités doivent être données.

Pour chaque danger potentiel applicable, des signaux de sécurité, des symboles graphiques ou des notes de sécurité concernant le danger doivent être fournis dans les instructions, en utilisant par exemple le marquage IEC 60417-5036:2002-10. Des mots indicateurs doivent être définis conformément à l'ISO 3864-2.

Les substances dangereuses volontairement utilisées dans le matériel doivent être déclarées dans la documentation du matériel. Voir également 8.1.1.

NOTE L'ISO/IEEE 82079-1 donne des recommandations pour l'élaboration des instructions de sécurité.

6.4 Informations relatives à l'environnement

Le cas échéant, les déclarations des matériaux doivent être fournies conformément à l'IEC TS 63058.

Les substances dangereuses utilisées par conception dans le matériel doivent être déclarées dans la documentation du produit. Voir également 8.1.1.

L'IEC TS 63058 remplace l'Annexe O de l'IEC 60947-1:2020. Il convient de bien la prendre en compte, en particulier pour remplacer les substances dangereuses ou réduire leur utilisation ou, si cela s'avère impossible, pour prévoir des mesures qui visent à empêcher leur émission ou leur contact.

NOTE L'IEC TS 63058 fournit des méthodes d'évaluation de l'impact environnemental de l'appareillage, des recommandations relatives à l'écoconception et aux informations nécessaires concernant les traitements en fin de vie.

6.5 Instructions relatives au matériel en mesure d'être réutilisé, réparé et mis à niveau

Il convient que les matériels déclarés comme étant en mesure d'être réutilisés, réparés ou mis à niveau soient accompagnés des instructions appropriées.

EXEMPLE Un contacteur qui atteint son nombre maximal de manœuvres peut être réutilisé après remplacement de ses contacts principaux conformément aux instructions du fabricant.

NOTE Ces aspects sont définis dans le CLC/TR 45550 et précisés dans l'EN 45556.

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'Article 7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Sauf indication contraire dans la documentation du produit, un contacteur ou un démarreur est destiné à être utilisé dans les conditions d'environnement du degré de pollution 3, définies en 7.1.3.2 de l'IEC 60947-1:2020. Toutefois, d'autres degrés de pollution peuvent s'appliquer en fonction du microenvironnement.

Le montage sur rail doit être spécifié conformément à l'IEC 60715:2017, le cas échéant.

Les conditions normales de vibrations sont définies dans la note de bas de page ^b du Tableau Q.1 de l'IEC 60947-1:2020.

D'autres conditions d'environnement, comme celles de l'IEC 60721-3-3 ou d'autres environnements agressifs d'un point de vue biologique et chimique, font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

8 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement

8.1 Exigences relatives à la construction

8.1.1 Généralités

Le 8.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Des mesures doivent être prévues pour réduire la probabilité de blessure ou de dommages matériels dans les conditions d'installation, de maintenance, de fonctionnement normal, de fonctionnement anormal et en cas de mauvais usages raisonnablement prévisibles. Les exigences du présent document précisent en général ces mesures.

La protection contre les dangers provoqués par les circuits électroniques doit être maintenue dans les conditions normales et les conditions de premier défaut, comme cela est spécifié dans le présent document.

La méthode d'appréciation du risque de la fonction de protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité est donnée à l'Annexe L.

Les composants utilisés pour la construction du matériel, conformes à la norme de produit IEC correspondante, n'exigent pas d'évaluation distincte s'ils ont été soumis à l'essai dans des conditions conformes à celles du présent document. Les composants ou assemblages de composants pour lesquels il n'existe aucune norme de produit correspondante doivent être soumis à l'essai selon les exigences du présent document.

Lorsque des relais, des transformateurs, des condensateurs Y (phase-terre), des dispositifs de protection contre les surintensités, des dispositifs de sectionnement sont utilisés, ils doivent satisfaire aux exigences de leur propre norme de produit IEC. Pour les transformateurs, lorsque la charge fait partie intégrante du matériel, il n'est pas exigé que le transformateur soit conforme à une norme de transformateur, mais celui-ci doit satisfaire aux exigences du présent document.

NOTE Les transformateurs dont la charge fait partie intégrante du matériel comprennent les transformateurs d'alimentation à découpage (y compris ceux qui alimentent des circuits de communication), les transformateurs d'impulsions et les transformateurs de courant.

Si le matériel est destiné à être utilisé avec un matériel auxiliaire particulier et des accessoires de câblage dédiés, l'évaluation de la sécurité et les essais doivent inclure ce matériel auxiliaire et les accessoires, sauf s'il peut être démontré qu'ils n'ont aucun impact sur la sécurité du matériel.

8.1.2 Matériaux

8.1.2.1 Exigences générales pour les matériaux

Le 8.1.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

NOTE Les aspects liés aux dangers d'incendie sont décrits dans l'IEC TR 63054.

La conformité des pièces de matériau isolant situées dans les circuits électriques alimentés par des sources d'énergie limitée (voir 8.1.14) aux exigences du présent paragraphe n'est pas exigée.

8.1.2.2 Essai au fil incandescent

Le 8.1.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Lorsque les essais sur le matériel ou sur des parties issues du matériel sont réalisés, les pièces de matériau isolant nécessaires au maintien en position des parties conductrices doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent du 8.1.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 à une température d'essai de 850 °C.

8.1.2.3 Essai selon la catégorie d'inflammabilité

Le 8.1.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.3 Parties conductrices et leurs connexions

Le 8.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le câblage soumis à un mouvement ou à une flexion lors de son usage prévu ou lors de la maintenance, tel que le câblage entre une partie fixe et une partie montée sur une porte ou un couvercle à charnières, doit être acheminé et fixé de sorte que le câble ne soit pas endommagé lors de l'ouverture et de la fermeture de la porte ou du couvercle.

L'isolement de tous les câbles internes du matériel doit être adapté aux conditions de tension et de température d'utilisation. Il n'est pas exigé d'isoler les câbles internes utilisés pour la mise à la terre ou la liaison équipotentielle.

8.1.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Le 8.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

La conformité des distances d'isolement et lignes de fuite à l'intérieur des circuits électriques et des circuits TBTP reliés à la terre alimentés par des sources d'énergie limitée telles que définies en 8.1.14 aux exigences du présent paragraphe n'est pas exigée.

Les distances d'isolement et lignes de fuite sur les cartes à câblage imprimé (PWB, *Printed Wiring Boards*), y compris les composants montés sur PWB, pour l'isolation principale, supplémentaire et renforcée, conçues selon 8.1.14, sont réputées satisfaire aux exigences et une investigation approfondie ne s'avère donc pas nécessaire.

Si les circuits TBTS et TBTP sont accessibles, ils doivent être séparés des autres parties actives dangereuses conformément aux exigences de l'Annexe N relative à l'impédance de protection, en plus de l'Annexe N de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Les parties accessibles peuvent être identifiées à l'aide de calibres d'essai selon l'IEC 61032.

Les contacteurs ou démarreurs déclarés comme étant adaptés à une utilisation en aval de modules d'entraînement principaux avec une isolation solide dans la double isolation ou l'isolation renforcée (pour les circuits TBTS/TBTP, par exemple) doivent être soumis à l'essai selon 9.3.3.4.5 si:

- la tension de service de crête répétitive à travers l'isolation est supérieure à 750 V; et
- la contrainte de tension sur l'isolation est supérieure à 1 kV/mm.

8.1.5 Organe de commande

8.1.5.1 Isolement

Le 8.1.5.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.5.2 Sens du mouvement

Le 8.1.5.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.5.3 Montage

Les organes de commande montés sur des panneaux démontables ou des portes doivent être conçus pour être dans la position convenable par rapport au mécanisme associé lors du remplacement du panneau ou de la fermeture de la porte.

8.1.5.4 Protection

Aucun chemin ni aucune ouverture ne doit permettre à des particules incandescentes de quitter la zone des organes de manœuvre manuels.

8.1.6 Indication de la position des contacts

8.1.6.1 Dispositifs indicateurs

Le 8.1.6.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique aux démarreurs à commande manuelle.

8.1.6.2 Indication par l'organe de commande

Le 8.1.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.7 Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement

Le 8.1.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Si la position déclenchée de l'ACPM n'est pas la position d'ouverture indiquée, il convient que cela soit clairement visible. La vérification de la position du contact principal d'un démarreur à main et d'un ACPM apte au sectionnement doit être soumise à l'essai selon 9.3.3.2.3.

Les ACPM et les démarreurs moteurs à main aptes au sectionnement doivent être équipés de moyens de verrouillage en position ouverte. Lorsque le moyen de verrouillage est fourni en tant qu'accessoire, il doit être mentionné dans le manuel d'instructions du matériel que cette aptitude n'est assurée qu'en utilisant cet accessoire et que celui-ci doit être utilisé lors de l'essai du 9.3.3.2.3.

NOTE Cette exigence est conforme à l'IEC 60204-1.

8.1.8 Bornes

8.1.8.1 Généralités

Le 8.1.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

8.1.8.2 Identification et marquage des bornes

Le 8.1.8.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les exigences supplémentaires de l'Annexe A.

8.1.9 Exigences supplémentaires pour les matériels équipés d'un pôle neutre

Le 8.1.9 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.10 Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection

Le 8.1.10 et le 9.2.9 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent.

8.1.11 Enveloppes pour le matériel

8.1.11.1 Conception

Le 8.1.11.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les résistances de démarrage montées à l'intérieur d'une enveloppe doivent être disposées ou protégées de telle manière que la chaleur dégagée ne cause aucun dommage aux autres appareils et matériaux situés dans l'enveloppe.

Dans le cas particulier des combinés de démarrage, le couvercle ou la porte doit être verrouillé de façon à ne pas pouvoir être ouvert sans que l'appareil de connexion à commande manuelle soit en position d'ouverture.

Cependant, à des fins de maintenance, l'ouverture de la porte ou du couvercle à l'aide d'un outil de déverrouillage peut être prévue, l'appareil de connexion à commande manuelle étant en position MARCHE. Ce mécanisme doit être à rappel automatique lorsque l'outil de déverrouillage est retiré, et que la porte est fermée.

8.1.11.2 Isolement

Le 8.1.11.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.12 Degrés de protection du matériel sous enveloppe

Le 8.1.12 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.13 Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques

Le 8.1.13 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.14 Source d'énergie limitée

8.1.14.1 Généralités

Une source d'énergie limitée peut être mise en œuvre comme circuit secondaire dérivé des circuits connectés à la partie active dangereuse avec les moyens de séparation suivants:

- a) séparation électrique;
- b) impédance de limitation de courant.

NOTE Les sources de Classe 2 définies par le NFPA 70, National Electrical Code et le CSA C22.1, Canadian Electrical Code (CE Code) présentent les mêmes caractéristiques de sortie électrique que les sources d'énergie limitée à séparation électrique.

8.1.14.2 Source d'énergie limitée à séparation électrique

Une source d'énergie limitée à séparation électrique intègre un composant d'isolation, par exemple un transformateur entre le circuit primaire et la sortie d'énergie limitée. Elle doit satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- a) la sortie est par nature limitée, conformément au Tableau 19; ou
- b) une impédance linéaire ou non linéaire limite la sortie, conformément au Tableau 19. Si un dispositif à coefficient de température positif (CTP, par exemple) est utilisé, il doit satisfaire aux essais applicables de l'IEC 60730-1; ou
- c) un réseau de régulation limite la sortie conformément au Tableau 19, avec et sans premier défaut dans ledit réseau; ou
- d) un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé et la sortie est limitée conformément au Tableau 20.

Si un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé, il doit s'agir d'un fusible ou d'un dispositif électromécanique non réglable.

La conformité pour déterminer la puissance admise maximale est vérifiée par l'essai du 9.2.4.

Dans le cas de l'alimentation électrique externe sans dispositif de protection contre les surintensités, les valeurs indiquées dans le Tableau 19 ne doivent pas être dépassées. Dans le cas de l'alimentation électrique externe avec dispositifs de protection contre les surintensités, les valeurs indiquées dans le Tableau 20 ne doivent pas être dépassées.

Tableau 19¹ – Limites pour les sources d'énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
V courant alternatif	V courant continu	A	VA
≤ 30 valeur efficace	≤ 30 V	≤ 8	100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$ ^e	$\leq \frac{150}{U_{oc}}$	100

^a U_{oc} : tension de sortie mesurée avec tous les circuits de charge déconnectés. Il s'agit de tensions alternatives sensiblement sinusoïdales et de tensions continues sans ondulation. Pour les tensions alternatives et continues non sinusoïdales dont l'ondulation est supérieure à 10 % de la valeur de crête, la tension de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : courant de sortie maximal avec une charge non capacitive, y compris un court-circuit.

^c S (VA): puissance apparente de sortie maximale en VA avec une charge non capacitive telle que déterminée en 9.2.4.

^d Le mesurage de I_{sc} est réalisé 5 s après l'application de la charge si la protection est procurée par un circuit électronique ou un dispositif à coefficient de température positif (CTP, par exemple), et 60 s dans les autres cas.

^e Aux États-Unis, la limite est 60 V en courant continu avec commutation en courant permanent ou continu hors de la plage de 10 Hz à 200 Hz, 24,8 V en courant continu avec commutation de 10 Hz à 200 Hz.

¹ Le Tableau 19, le Tableau 20, le Tableau 21 et le Tableau 15 seront déplacés dans la révision future de l'IEC 60947-1, il sont donc numérotés différemment des autres tableaux du présent document.

Tableau 20 – Limites pour les sources d'énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^{c, d}	Courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités ^e
U_{oc}		I_{sc}	S	
V courant alternatif	V courant continu	A	VA	A
≤ 20	≤ 20	$\leq \frac{1000}{U_{oc}}$	250	$\leq 5,0$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30^f$			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$
-	$30 < U_{oc} \leq 60^f$			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$

NOTE La raison qui justifie les mesurages en contournant les dispositifs de protection contre les surintensités est qu'il s'agit de déterminer la quantité d'énergie disponible pour provoquer une éventuelle surchauffe pendant la durée de fonctionnement des dispositifs de protection contre les surintensités.

^a U_{oc} : tension de sortie mesurée avec tous les circuits de charge déconnectés. Il s'agit de tensions alternatives sensiblement sinusoïdales et de tensions continues sans ondulation. Pour les tensions alternatives et continues non sinusoïdales dont l'ondulation est supérieure à 10 % de la valeur de crête, la tension de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : courant de sortie maximal avec une charge non capacitive, y compris un court-circuit, mesuré 60 s après l'application de la charge.

^c S (VA): puissance de sortie maximale en VA avec une charge non capacitive mesurée 60 s après l'application de la charge telle que déterminée en 9.2.4.

^d L'impédance de limitation de courant reste dans le circuit pendant le mesurage, mais les dispositifs de protection contre les surintensités sont contournés.

^e Les courants assignés des dispositifs de protection contre les surintensités qui coupent le circuit dans les 120 s qui suivent avec un courant égal à 210 % du courant assigné indiqué dans le tableau.

^f Aux États-Unis, la limite est 60 V en courant continu avec commutation en courant permanent ou continu hors de la plage 10 Hz à 200 Hz, 24,8 V en courant continu avec commutation de 10 Hz à 200 Hz.

8.1.14.3 Source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant

Une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant présente les caractéristiques suivantes:

- la tension de sortie est limitée, conformément au Tableau 21; et
- une impédance linéaire ou non linéaire limite la sortie, conformément au Tableau 21, et ce en cas de premier défaut ou non.

Une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant doit être dérivée du réseau ou d'un circuit à séparation galvanique (le secondaire d'un transformateur, par exemple).

**Tableau 21 – Limites pour la source d'énergie limitée
avec impédance de limitation de courant**

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
V courant alternatif	V courant continu	A	VA
≤ 30 V valeur efficace	≤ 30 V	0,5	15
^a U_{oc} : tension de sortie mesurée avec tous les circuits de charge déconnectés. Il s'agit de tensions alternatives sensiblement sinusoïdales et de tensions continues sans ondulation. Pour les tensions alternatives et continues non sinusoïdales dont l'ondulation est supérieure à 10 % de la valeur de crête, la tension de crête ne doit pas dépasser 42,4 V. ^b I_{sc} : courant de sortie maximal mesuré à la sortie de la source d'énergie limitée. ^c S (VA): puissance apparente de sortie maximale en VA telle que déterminée en 9.2.4. ^d Le mesurage de I_{sc} est réalisé 5 s après l'application du court-circuit.			

8.1.15 Circuit d'énergie de charge emmagasinée

Les parties qui contiennent une charge emmagasinée (condensateurs) et qui sont amovibles pour l'entretien (le remplacement d'une bobine, par exemple), l'installation ou la déconnexion ne doivent présenter aucun risque de danger électrique après déconnexion.

Les condensateurs connectés à des parties actives dangereuses accessibles doivent être déchargés à un niveau d'énergie inférieur à 0,5 mJ dans les 5 s qui suivent la coupure d'alimentation. Sinon, une note de mise en garde aisément visible doit être placée sur le matériel, indiquant le temps de décharge jusqu'aux valeurs limites ou une méthode préférentielle de déchargement du condensateur avant de toucher les parties de connexion.

8.1.16 Conditions de défaut et conditions anormales

Le matériel doit être conçu pour éviter les modes ou séquences de fonctionnement qui peuvent être à l'origine d'une condition de défaut ou d'une défaillance du composant et donner lieu à un danger, sauf si d'autres mesures qui permettent d'éviter le danger sont fournies par l'installation et sont décrites dans les informations relatives à l'installation fournies avec le matériel. Le cas échéant, ces exigences s'appliquent aux conditions anormales de fonctionnement.

Le circuit doit faire l'objet d'analyses ou d'essais pour déterminer si la défaillance d'un composant particulier (y compris les systèmes d'isolation) provoque ou non un danger.

Ces analyses doivent inclure les situations dans lesquelles une défaillance du composant ou de l'isolation (principale et supplémentaire):

- a un impact sur le risque de choc électrique;
- crée un risque de dégradation conduisant à l'émission de flammes, de particules brûlantes ou de métal en fusion.

Les analyses ou essais doivent inclure les effets des conditions de court-circuit et de circuit ouvert du composant. Les essais sont nécessaires, sauf si les analyses peuvent permettre de conclure que, dans des conditions de court-circuit et de circuit ouvert, aucun danger lié aux chocs ou au feu ne résulte de la défaillance du composant. La conformité doit être vérifiée par l'essai du 9.2.5.

Les composants évalués quant à leur fiabilité conformément aux normes de produits applicables sont considérés comme satisfaisant à ces exigences et peuvent ne pas faire l'objet d'examen approfondis, si les essais se déroulent dans des conditions qui correspondent à celles pour lesquelles le matériel a été conçu.

8.1.17 Protection des accès contre les courts-circuits et les surcharges

Lorsque la source d'alimentation d'un accès de signalisation ou de puissance externe à l'appareil ne satisfait pas aux exigences relatives aux sources d'énergie limitée du 8.1.14, le matériel ne doit présenter aucun danger dans les conditions de court-circuit ou de surcharge. Des instructions relatives à l'installation d'une protection externe contre les surintensités doivent être fournies conformément au 6.3.

Si nécessaire, la conformité doit être vérifiée, par simulation des conditions de premier défaut ou par essai selon 9.2.5.

8.1.18 Utilisation d'un dispositif de limitation des transitoires de tension

L'utilisation d'un dispositif de limitation des transitoires de tension tel que des varistances à oxyde métallique, des diodes Zener ou un dispositif de limitation de tension est recommandée comme parasurtenseur afin de limiter les défaillances des circuits électroniques qui peuvent entraîner un danger d'incendie et d'assurer leur durée de vie prévue.

Une varistance doit être conforme à l'IEC 61051-2 ou l'IEC 61643-331, compte tenu des catégories climatiques appropriées et d'une tension continue maximale au moins égale à 1,25 fois la tension assignée du circuit.

NOTE Il est avéré que si la tension de fonctionnement continue maximale de la varistance, U_V , est choisie supérieure ou égale à $1,45 U_0$ (tension d'alimentation assignée) pour les schémas de mise à la terre de type TN et supérieure à $\sqrt{3} U_0$ pour les schémas de mise à la terre de type TT, un risque tolérable de défaillance de la varistance et entraînant la perte de la protection contre les surtensions est atteint dans la plupart des situations. Une varistance choisie avec une valeur élevée de U_V assure l'immunité à la plupart des surtensions temporaires (mais au prix d'une protection réduite contre les surtensions transitoires). Une faible valeur de U_V est choisie pour procurer une protection contre les surtensions à basse tension de limitation pour les charges considérées comme nécessitant cette basse tension de limitation, mais avec un risque accru de destruction en conditions de surtensions temporaires.

Les performances des dispositifs de limitation des transitoires de tension sont couvertes par la réalisation de l'essai du 9.4.2.7.

8.2 Exigences de fonctionnement

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Généralités

8.2.1.1.1 Conditions générales

Le 8.2.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les exigences relatives au dispositif de protection contre les courts-circuits d'un combiné de démarrage ou d'un démarreur protégé sont données dans l'IEC 60947-2 pour les disjoncteurs, dans l'IEC 60947-3 pour les combinés-fusibles et dans le présent document pour les ACPM et les ACPIM.

Les exigences relatives aux caractéristiques normales de charge et de surcharge conformes au 5.3.5 sont données en 8.2.4.1, 8.2.4.2 et 8.2.4.4.

Les exigences s'appliquent au matériel et aux accessoires de câblage dédiés.

S'il n'y a pas de distinction entre U_s et U_c , les exigences s'appliquent à U_c .

8.2.1.1.2 Conditions générales A

Les démarreurs doivent être construits de façon à:

- a) être à déclenchement libre;
- b) pouvoir ouvrir leurs contacts par les moyens prévus lorsqu'ils sont en fonctionnement et à tout instant durant la séquence de démarrage;
- c) ne pas fonctionner dans des séquences autres que leur séquence correcte de démarrage.

8.2.1.1.3 Conditions générales B

Les démarreurs qui utilisent des contacteurs ne doivent pas être déclenchés par les chocs causés par la manœuvre des contacteurs lorsqu'ils sont soumis à l'essai conformément au 9.3.3.1, lorsque le démarreur a été parcouru par son courant assigné de pleine charge à la température ambiante de référence (c'est-à-dire +20 °C) et qu'il a atteint son équilibre thermique, au réglage minimal et au réglage maximal du relais de surcharge, si celui-ci est réglable.

8.2.1.1.4 Conditions générales C

Pour les démarreurs à résistances, le relais de surcharge doit être relié au circuit du stator. Des dispositions spéciales peuvent être réalisées pour protéger les contacteurs et les résistances du circuit du rotor contre un échauffement excessif, sur demande de l'utilisateur.

8.2.1.1.5 Conditions générales D

Si les démarreurs sont utilisés dans des conditions telles qu'un échauffement excessif des résistances de démarrage ou des transformateurs présente un danger particulier, il est recommandé de prévoir un dispositif approprié pour mettre le démarreur hors tension automatiquement avant qu'il atteigne une température dangereuse.

8.2.1.1.6 Conditions générales E

Les contacts mobiles des matériels multipolaires destinés à assurer simultanément la fermeture et la coupure doivent être accouplés de manière telle que tous les pôles soient fermés ou coupés pratiquement en même temps, que la manœuvre soit manuelle ou à source d'énergie extérieure.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement des contacteurs et des démarreurs à manœuvre à source d'énergie extérieure

Le 8.2.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

pour les contacteurs à accrochage, les appareils doivent relâcher leurs contacts et s'ouvrir complètement lorsqu'une tension de décrochage comprise entre 85 % et 110 % de la tension de décrochage assignée est appliquée;

les ACPM doivent être à déclenchement libre (voir 3.6.24 de l'IEC 60947-1:2020) et l'énergie nécessaire à leur déclenchement doit être emmagasinée automatiquement avant l'achèvement de la manœuvre de fermeture.

8.2.1.3 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de tension

Le 8.2.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant: les essais sont spécifiés en 9.3.3.2.2 du présent document.

8.2.1.4 Limites de fonctionnement des déclencheurs à bobine en dérivation (déclencheur shunt)

Le 8.2.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant: les essais sont spécifiés en 9.3.3.2.2 du présent document.

8.2.1.5 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à détection de courant

8.2.1.5.1 Limites de fonctionnement des relais de surcharge à fonctionnement différé quand tous leurs pôles sont alimentés

8.2.1.5.1.1 Exigences générales de déclenchement des relais de surcharge

Les relais doivent satisfaire aux exigences du Tableau 3, lorsqu'ils sont soumis à l'essai comme suit:

- a) 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 4 fois le courant de réglage, à partir de l'état froid, à la température de référence de l'air ambiant indiquée dans le Tableau 3. Cependant, lorsque les bornes du relais de surcharge ont atteint l'équilibre thermique, au courant d'essai, en moins de 2 h, la durée de l'essai peut être le temps nécessaire pour atteindre cet équilibre thermique;
- b) lorsque le courant est ensuite porté à B fois la valeur du courant de réglage, le déclenchement doit se produire en moins de 2 h;
- c) pour les relais de surcharge de classes 2, 3, 5 et 10A chargés 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 l'IEC 60034-1:2022. Pour les relais de surcharge de classe 10A, à une température de l'air ambiant inférieure ou égale à -5 °C , un temps de déclenchement plus long peut être déclaré dans la documentation du produit, mais sans dépasser 4 min;

NOTE 1 Le 9.3.3 de l'IEC 60034-1:2022 indique: "Les moteurs polyphasés dont la puissance (utile) 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".

- d) 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 respectivement en moins de 4 min, 8 min, 12 min ou 16 min, à partir de l'équilibre thermique, au courant de réglage;
- e) à D fois le courant de réglage, le déclenchement doit se produire dans les limites fixées dans le Tableau 2, pour la classe de déclenchement et la bande de tolérance appropriées, à partir de l'état froid.

Dans le cas de relais de surcharge avec une plage de courants de réglage, les limites de fonctionnement doivent s'appliquer aussi bien lorsque le relais est parcouru par le courant qui correspond au réglage maximal que lorsqu'il est parcouru par le courant qui correspond au réglage minimal.

Pour les relais de surcharge non compensés, la caractéristique multiple du courant/température ambiante ne doit pas dépasser 1,2 %/K.

NOTE 2 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 applicables du Tableau 3 à $+20\text{ °C}$ et s'il se trouve dans les limites du Tableau 3 à d'autres températures (voir Figure 1).

Tableau 3 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge à fonctionnement différé alimentés sur tous leurs pôles

Type du 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	–	–	inférieure à -5 °C ^d
	1,05	1,3 ^e	1,5	–	-5 °C
	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	+20 °C
	1,0	1,2 ^b	1,5	–	+40 °C
	c	c	–	–	supérieure à +40 °C ^d
Type électronique ^a	1,05	1,2 ^b	1,5	7,2	0 °C, +20 °C et +40 °C

^a Cet essai doit être réalisé uniquement à 20 °C pour les multiples D du courant de réglage.

^b Si cela est spécifié dans la documentation du produit, le courant de déclenchement peut 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 et cette dernière doit être marquée sur le matériel.

^c Il convient que les multiples du courant de réglage soient déclarés dans la documentation du produit.

^d Voir 9.3.3.2.2 pour les essais en dehors de la plage -5 °C +40 °C.

^e Si cela est spécifié dans la documentation du produit, le courant de déclenchement peut ne pas être égal à 130 %, mais il ne doit pas dépasser 135 %. Dans ce cas, la valeur du courant d'essai doit être égale à la valeur du courant de déclenchement et cette dernière doit être marquée sur l'appareil.

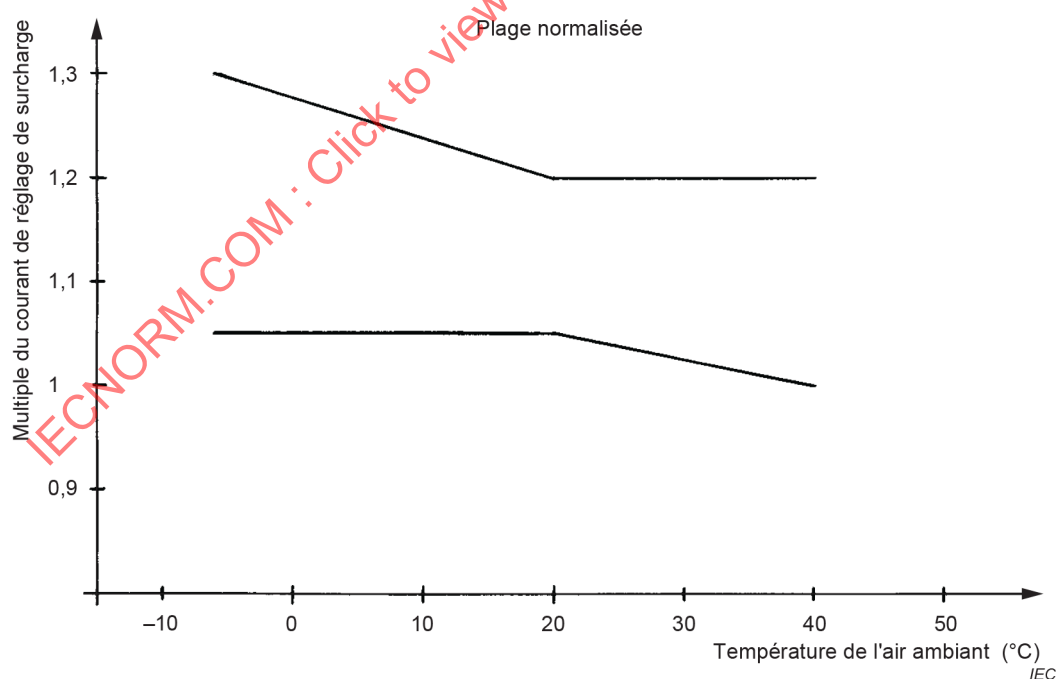


Figure 1 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge à fonctionnement différé compensés pour la température de l'air ambiant

8.2.1.5.1.2 Essai de vérification de la mémoire thermique

Sauf si la documentation du produit spécifie que l'appareil ne comporte pas de mémoire thermique, les relais électroniques de surcharge doivent satisfaire aux exigences suivantes (voir Figure 2):

- appliquer un courant égal à I_e jusqu'à ce que l'appareil ait atteint l'équilibre thermique;
- interrompre le courant pendant une durée de $2 \times T_p$ (voir Tableau 2) avec une tolérance relative de $\pm 10\%$ (où T_p est le temps mesuré au courant D selon le Tableau 3);
- appliquer un courant égal à $7,2 \times I_e$;
- le relais doit déclencher dans les 50 % du temps T_p .

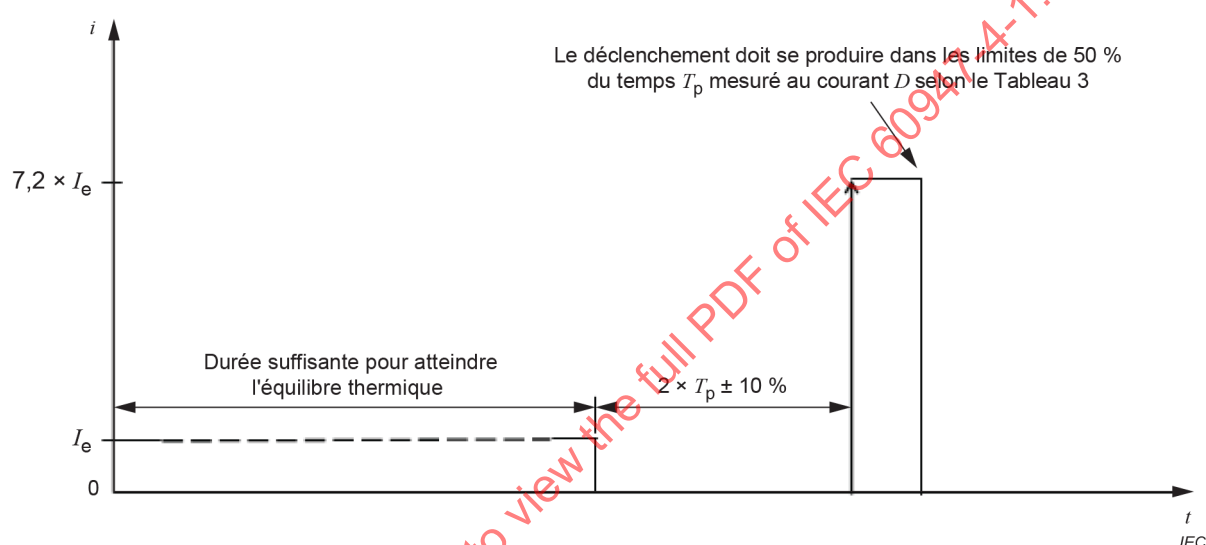


Figure 2 – Essai de mémoire thermique

8.2.1.5.2 Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires à fonctionnement différé alimentés sur deux pôles

En se reportant au Tableau 4:

le relais de surcharge ou le démarreur doit être soumis à l'essai 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 indiquée dans le Tableau 4;

en outre, lorsque la valeur du courant qui circule dans deux pôles (ceux qui sont parcourus par le courant le plus élevé, dans le cas d'un relais ou déclencheur de surcharge sensible à une perte de phase) est portée à B fois la valeur du courant de réglage et que le troisième pôle est mis hors tension, le déclenchement doit se produire en moins de 2 h.

ces valeurs doivent s'appliquer à toutes les combinaisons de pôles;

dans le cas des relais de surcharge qui ont un courant de réglage ajustable, les caractéristiques doivent s'appliquer aussi bien lorsque le relais est parcouru par le courant qui correspond au réglage maximal que lorsqu'il est parcouru par le courant qui correspond au réglage minimal.

Tableau 4 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires à fonctionnement différé alimentés sur deux pôles seulement

Type du 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
Thermique, compensé pour les variations de température de l'air ambiant ou électronique Sensible à une perte de phase	2 pôles 1,0 1 pôle 0,9	2 pôles 1,15 1 pôle 0	+20 °C

8.2.1.5.3 Limites de fonctionnement des relais de surcharge magnétiques instantanés

Pour toutes les valeurs du courant de réglage, les relais de surcharge magnétiques instantanés doivent déclencher avec une exactitude égale à ± 10 % de la valeur publiée du courant qui correspond au courant de réglage.

NOTE Les relais de surcharge magnétiques à fonctionnement instantané qui font l'objet du présent document ne sont pas prévus pour procurer la protection contre les courts-circuits.

8.2.1.5.4 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de courant pour la commutation automatique

8.2.1.5.4.1 Limites de fonctionnement des relais à minimum de courant

Lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, un relais ou un déclencheur à minimum de courant doit provoquer l'ouverture de celui-ci dans un intervalle de temps compris entre 80 % et 120 % de la valeur de réglage du temps lorsque le courant est inférieur à 0,9 fois le réglage du minimum de courant dans tous les pôles pendant le fonctionnement. Lorsque le temps de fonctionnement est inférieur à 1 s, une tolérance différente peut être donnée dans la documentation du produit, mais la valeur supérieure ne doit pas dépasser 1,2 s.

NOTE La tolérance dépend de la technologie de détection.

8.2.1.5.4.2 Limites de fonctionnement de commutation automatique par relais à minimum de courant

Le présent paragraphe s'applique:

- aux démarreurs étoile-triangle, d'étoile en triangle; et
- aux démarreurs par autotransformateur, de la position de démarrage à la position MARCHE.

Le courant de retombée minimal d'un relais à minimum de courant ne doit pas être supérieur à 1,5 fois le courant de réglage réel du relais de surcharge qui est actif dans la position de démarrage ou la position en étoile. Le relais à minimum de courant doit être capable de supporter n'importe quelle valeur de courant, depuis le courant de réglage minimal jusqu'au courant de calage dans la position de démarrage ou la position en étoile, pendant le temps de déclenchement déterminé par le relais de surcharge à son courant de réglage maximal.

8.2.1.5.5 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 selon l'exactitude spécifiée dans la documentation du produit, lorsque:

- a) 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; exactitude: ± 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) relais de détection de rotation: un signal d'entrée indique l'absence de rotation du moteur.

8.2.1.5.6 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 selon l'exactitude spécifiée dans la documentation du produit, 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.

8.2.1.5.7 Limites de fonctionnement du déclencheur de court-circuit d'un ACPM

Le fonctionnement du déclencheur de court-circuit d'un ACPM doit provoquer son déclenchement avec une exactitude de ± 20 % de la valeur du courant de déclenchement du courant de réglage pour toutes les valeurs du courant de réglage du déclencheur de court-circuit, s'il est réglable.

8.2.2 Échauffement

8.2.2.1 Généralités

Les exigences du 8.2.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent aux contacteurs et aux démarreurs à l'état neuf et propre.

NOTE 1 La résistance de contact due à l'oxydation peut avoir un impact sur l'essai d'échauffement à des tensions inférieures à 100 V. Si l'essai est réalisé à une tension inférieure à 100 V, les contacts de ces appareils peuvent être nettoyés soit par une méthode non abrasive soit en réalisant 10 cycles de manœuvres dans les conditions du Tableau 10 pour toutes les catégories d'emploi applicables, quelle que soit la tension.

Les échauffements des différents organes du contacteur ou du démarreur, mesurés au cours d'un essai effectué dans les conditions spécifiées en 9.3.3, ne doivent pas dépasser les valeurs limites indiquées dans le Tableau 5 du présent document et en 8.2.2.2 et 8.2.2.3 de l'IEC 60947-1:2020.

Dans le cas d'un électroaimant commandé électroniquement, le mesurage de la température des bobines par variation de résistance peut être irréalisable, auquel cas d'autres méthodes sont admises (couples thermoélectriques ou autres méthodes appropriées, par exemple).

Tableau 5 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile

Classe du matériau isolant (selon l'IEC 60085:2007)	Limite d'échauffement (mesurages effectués 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	–

Étant donné que, dans le cas d'un démarreur par autotransformateur, l'autotransformateur n'est parcouru par du courant que de façon intermittente, un échauffement maximal qui dépasse de 15 K les valeurs du Tableau 5 est admis pour les enroulements du transformateur lorsque le démarreur est actionné selon les exigences du 5.3.4 et du 5.3.5.5.4.

NOTE 2 Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 5 du présent document et en 8.2.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 ne s'appliquent que si la température de l'air ambiant reste comprise entre -5°C et $+40^{\circ}\text{C}$.

Les contacteurs ou démarreurs déclarés comme étant adaptés à une utilisation en aval de modules d'entraînement principaux doivent être soumis à l'essai selon 9.3.3.3.10 en utilisant un module d'entraînement principal (MEP) conforme au 6.1.2 w).

NOTE 3 Dans le cas d'un ACPM ou d'un contacteur en amont du MEP, cette exigence peut être ignorée.

8.2.2.2 Bornes

Le 8.2.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

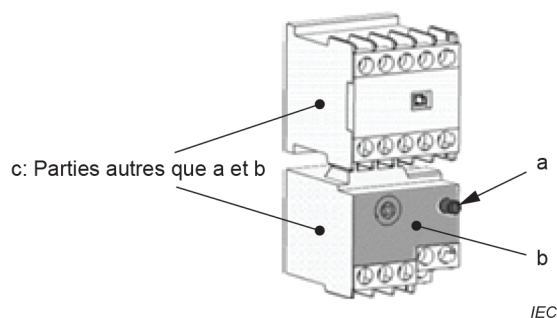
8.2.2.3 Parties accessibles

Le 8.2.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les parties définies dans le Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent comme suit:

- les "organes de manœuvre manuels" incluent les commutateurs, boutons, leviers et toute autre partie prévue pour être actionnée, et donc volontairement touchée, par des opérateurs qualifiés lors du fonctionnement normal de l'appareil;
- les "parties destinées à être touchées, mais pas à être tenues à la main" incluent les parties adjacentes aux organes de manœuvre manuels, qui peuvent être involontairement touchées lorsque ceux-ci sont actionnés, ou les parties destinées à être touchées très brièvement;
- les "parties qu'il n'est pas nécessaire de toucher en service normal" incluent les parties qui n'entrent pas dans les catégories précédentes, qui ne sont pas supposées être touchées en fonctionnement normal, telles que les parois latérales, les couvre-bornes, etc.

Un exemple est donné à la Figure 3.



Légende

- a organes de manœuvre manuels
- b parties destinées à être touchées, mais pas à être tenues à la main
- c parties qu'il n'est pas nécessaire de toucher en service normal

Figure 3 – Exemple de différentes parties

Lorsqu'un matériel comporte des surfaces fonctionnelles chaudes accessibles ou des surfaces adjacentes chaudes sur lesquelles l'échauffement dépasse les limites du Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020, le matériel doit:

- porter sur ces surfaces chaudes le marquage du symbole ISO 7010-W017 (2011-05) "Attention; surface chaude" et



- comprendre les informations pertinentes dans la documentation du matériel.

Lorsque le boîtier ne permet pas le marquage du fait de ses dimensions et/ou de sa forme, seule une référence dans la documentation du matériel peut être fournie.

8.2.2.4 Température de l'air ambiant

Le 8.2.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.2.5 Circuit principal

Le circuit principal d'un contacteur ou d'un démarreur parcouru par du courant en position MARCHE, y compris les déclencheurs à maximum de courant qui peuvent lui être associés, doit être en mesure de supporter, sans dépasser les limites d'échauffement spécifiées en 8.2.2.2 de l'IEC 60947-1:2020, lorsqu'il est soumis à l'essai conformément au 9.3.3.3.4:

- pour un contacteur ou un démarreur prévu pour un service continu: son courant thermique conventionnel (voir 5.3.2.1 et/ou 5.3.2.2);
- pour un contacteur ou un démarreur prévu pour un service ininterrompu, un service intermittent ou un service temporaire: son courant assigné d'emploi applicable (voir 5.3.2.5).

8.2.2.6 Circuits de commande

Le 8.2.2.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.2.7 Enroulements des bobines et des électroaimants

8.2.2.7.1 Enroulements pour service ininterrompu et service de huit heures

Le circuit principal étant parcouru par un courant égal à la valeur maximale du courant selon 8.2.2.5, 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 d'alimentation maximale assignée du circuit de commande, sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées dans le Tableau 5 du présent document et en 8.2.2.7 de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Selon la technologie (pour certaines bobines d'électroaimants commandées électroniquement, par exemple), la tension d'alimentation de commande ne peut pas être appliquée directement sur les enroulements de la bobine raccordée comme en service normal.

8.2.2.7.2 Enroulements pour service intermittent

Le circuit principal n'étant parcouru par aucun courant, les enroulements des bobines doivent supporter, à la fréquence assignée, s'il y a lieu, la tension d'alimentation maximale assignée du circuit de commande indiquée dans le Tableau 6, suivant leur classe de service intermittent, sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées dans le Tableau 5 du présent document et en 8.2.2.3 de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Selon la technologie (pour certaines bobines d'électroaimants commandées électroniquement, par exemple), la tension d'alimentation de commande ne peut pas être appliquée directement sur les enroulements de la bobine raccordée comme en service normal.

Tableau 6 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent

Classe de service intermittent		Un cycle de manœuvres 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 "MARCHE" corresponde au facteur de marche spécifié dans la documentation du produit
3	3	1 200 s	
12	12	300 s	
30	30	120 s	
120		30 s	
300		12 s	
1 200		3 s	

8.2.2.7.3 Enroulements assignés spéciaux (pour service temporaire ou périodique)

Les enroulements assignés spéciaux doivent être soumis à l'essai dans les conditions de fonctionnement qui correspondent au service le plus sévère auquel ils sont destinés et leurs caractéristiques assignées doivent être indiquées dans la documentation du produit.

NOTE Les enroulements assignés 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.

8.2.2.8 Circuits auxiliaires

Le 8.2.2.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.3 Propriétés diélectriques

8.2.3.1 Généralités

Le 8.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

8.2.3.2 Dispositifs de limitation des transitoires de tension entre circuits

Les exigences générales concernant les appareils qui incluent des dispositifs de limitation des transitoires de tension insérés entre les circuits qui ne sont pas connectés à la masse ou à la terre et à soumettre à l'essai diélectrique sont décrites comme suit.

Ces dispositifs de limitation des transitoires de tension, appelés varistances, utilisés pour protéger les éléments électroniques des surtensions transitoires dans l'appareil doivent satisfaire à l'IEC 61051-2. Dans le présent article, l'objectif n'est pas de diminuer les distances d'isolement. Pour l'essai de type du matériel, les dispositifs de limitation des transitoires de tension peuvent être déconnectés.

L'IEC 61051-2 s'applique comme suit:

a) catégories climatiques préférentielles de la varistance:

- température inférieure maximale: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- température supérieure minimale: $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Le fabricant du matériel doit vérifier que la varistance est appropriée à l'utilisation à la température ambiante étendue le cas échéant.

- b) La tension assignée minimale de la varistance doit être égale à 1,2 fois la tension de crête maximale lorsque la varistance est connectée.
- c) Lorsqu'elles sont connectées au réseau électrique, les varistances doivent résister à l'essai de surtension conformément au 9.4.2.6.

NOTE 1 Avec la vérification des varistances ci-dessus, il est admis par hypothèse qu'un fusible de protection de la varistance n'est pas nécessaire.

NOTE 2 La possibilité donnée en 9.3.3.4.1, point 1) de l'IEC 60947-1:2020 de déconnecter les circuits entre pôles peut ne pas être appropriée pour l'essai individuel de série, car les matériels sont finis et il n'est pas approprié de les ouvrir et de les manipuler. L'objectif principal de cet essai est d'identifier le bon fonctionnement du composant de limitation de tension transitoire.

8.2.4 Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et de surcharge

8.2.4.1 Pouvoirs de fermeture et de coupure

Les contacteurs ou les démarreurs doivent être en mesure d'établir et de couper les courants sans défaillance dans les conditions spécifiées dans le Tableau 7 pour les catégories d'emploi exigées et le nombre de manœuvres indiqué (voir 9.3.3.5).

Les valeurs de durée à l'état passant et de durée à l'état non passant données dans le Tableau 7 et dans le Tableau 8 ne doivent pas être dépassées.

Ces pouvoirs correspondent aux caractéristiques de charge normale données en 5.3.5.3.

L'ACPM doit être soumis à l'essai dans les conditions indiquées dans le Tableau 7 avec les exceptions suivantes:

- si le déclencheur de surcharge se déclenche pendant l'essai, la durée à l'état non passant peut être rallongée jusqu'au point auquel aucun déclenchement ne se produit;
- si le déclencheur de court-circuit se déclenche pendant l'essai, le déclencheur instantané de court-circuit doit être inhibé. Si la caractéristique assignée du courant instantané de court-circuit est inférieure au courant d'essai, ce dernier peut être réduit à la valeur du courant assigné instantané de réglage de court-circuit (I_t) plus 20 % si la documentation du produit ne précise pas de tolérance inférieure. Dans le cas d'une unité de déclenchement instantané réglable, le déclenchement doit être établi au réglage maximal.

- ^a $\cos \phi = 0,45$ pour $I_e \leq 100$ A; $0,35$ pour $I_e > 100$ A.
- ^b La durée peut être inférieure à $0,05$ s, à condition que les contacts soient en mesure d'être convenablement positionnés avant réouverture. Pour des raisons de praticité des essais, une durée à l'état passant plus longue peut être déterminée, si cela est faisable.
- NOTE La faisabilité peut être analysée par le fabricant.
- ^c Essais à effectuer avec une charge constituée par des lampes à incandescence.
- ^d Si la polarité n'est pas marquée sur l'appareil, 25 cycles de manœuvres à une polarité et 25 cycles de manœuvres à la polarité inverse.
- ^e La charge doit être constituée de combinaisons de condensateurs disponibles dans le commerce qui permettent d'obtenir un courant réactif en régime établi I_e calculé selon 9.3.3.3.4. D'autres valeurs capacitives assignées peuvent être déterminées par des essais de commutation de condensateurs ou attribuées en se fondant sur la pratique et l'expérience courantes. En tant que guide, il peut être fait référence à la formule donnée dans le Tableau 9, qui ne tient pas compte des effets thermiques dus aux courants harmoniques. La capacité de courant disponible aux bornes d'essai doit être supérieure ou égale au courant présumé conventionnel "r". Elle peut être déterminée par une évaluation analytique.
- ^f Durée maximale à l'état non passant donnée dans le Tableau 8 qui peut être réduite en accord avec le fabricant.
- ^g Pour U / U_e , une tolérance de ± 20 % est acceptée.
- ^h Les valeurs indiquées concernent les contacteurs de stator. Pour les contacteurs de rotor, l'essai doit être effectué avec un courant égal à quatre fois le courant assigné rotorique d'emploi et un facteur de puissance de $0,95$.
- ⁱ Les conditions d'établissement pour les catégories d'emploi AC-3, AC-3e et AC-4 doivent également être vérifiées. Cette vérification peut être effectuée au cours de l'essai d'établissement et de coupure, sous réserve de l'accord du fabricant. Dans ce cas, les multiples du courant établi doivent être ceux qui sont indiqués pour I / I_e et ceux du courant coupé doivent être ceux qui sont indiqués pour I_c / I_e . 25 cycles de manœuvres doivent être exécutés avec une tension d'alimentation de commande égale à 110 % de la tension d'alimentation assignée du circuit de commande U_s et 25 cycles de manœuvres à 85 % de U_s ou de la valeur minimale de sa plage.
- ^j Les caractéristiques assignées AC-6a doivent être vérifiées par un essai avec un transformateur ou peuvent être déduites à partir des valeurs pour AC-3 selon le Tableau 9.
- ^k La durée à l'état passant doit être suffisamment longue pour atteindre le courant stabilisé.
- ^m Durée à l'état non passant selon le Tableau 8. La valeur d'une résistance de décharge doit être déterminée afin d'atteindre moins de 50 V à la fin de la durée à l'état non passant.
- ^m En variante, le facteur I / I_e peut être choisi entre 12 et 13 et indiqué dans la documentation du produit. Dans ce cas, le facteur de puissance est donné par les formules suivantes:
- $I_e \leq 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times I / I_e - 0,85$
- $I_e > 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times I / I_e - 0,95$
- For $I / I_e = 12$, $\cos \phi = 0,35$ pour $I_e \leq 100$ A; $\cos \phi = 0,25$ pour $I_e > 100$ A

Tableau 8 – Relation entre le courant d'essai et la durée à l'état non passant pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure

Courant d'essai I A	Durée à l'état non passant s
$I \leq 100$	10
$100 < I \leq 200$	20
$200 < I \leq 300$	30
$300 < I \leq 400$	40
$400 < I \leq 600$	60
$600 < I \leq 800$	80
$800 < I \leq 1\,000$	100
$1\,000 < I \leq 1\,300$	140
$1\,300 < I \leq 1\,600$	180
$1\,600 < I \leq 2\,500$	240
$2\,500 < I$	accord entre l'utilisateur et le fabricant

Afin de réduire la durée des essais, les durées à l'état non passant peuvent être réduites, si cela est faisable.

NOTE La faisabilité peut être analysée par le fabricant.

Tableau 9 – Détermination du courant d'emploi pour les catégories d'emploi AC-6a et AC-6b à partir des caractéristiques assignées pour AC-3

Courant assigné d'emploi	Détermination à partir du courant établi pour la catégorie d'emploi AC-3
I_e (AC-6a) pour la connexion des transformateurs dont les valeurs de crête du courant d'appel ne dépassent pas 30 fois la valeur de crête du courant assigné	$0,45 I_e$ (AC-3)
I_e (AC-6b) pour la connexion de batteries de condensateurs uniques dans des circuits qui ont un courant présumé de court-circuit i_k à l'emplacement de la batterie de condensateurs	$\frac{x^2}{i_k (x-1)^2}$ avec $x = 13,3 \times \frac{I_e \text{ (AC-3)}}{i_k}$ et pour $i_k > 205 I_e \text{ (AC-3)}$
L'expression du courant d'emploi I_e (AC-6b) provient de la formule qui donne la valeur de crête maximale du courant d'appel: $I_{pmax} = \frac{U_e \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + \sqrt{\frac{X_c}{X_L}}}{X_L - X_c}$ où U_e est la tension assignée d'emploi; X_L est l'impédance en court-circuit du circuit; X_c est la réactance de la batterie de condensateurs. Cette formule est valable à condition que la capacité côté alimentation du contacteur ou du démarreur puisse être négligée et que le condensateur n'ait pas de charge initiale.	

8.2.4.2 Fonctionnement conventionnel en service

Le 8.2.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Les contacteurs ou les démarreurs doivent être en mesure d'établir et de couper, sans défaillance, les courants dans les conditions conventionnelles définies dans le Tableau 10 pour les catégories d'emploi exigées et le nombre de cycles de manœuvres indiqué en 9.3.3.6. L'ACPM doit être soumis à l'essai dans les mêmes conditions que celles indiquées dans le Tableau 10 avec les exceptions suivantes:

Si le déclencheur de surcharge se déclenche pendant l'essai, la durée à l'état non passant peut être rallongée jusqu'au point auquel aucun déclenchement ne se produit.

Tableau 10 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure en fonction de la catégorie d'emploi

Catégorie d'emploi	Conditions d'essai de fermeture et de coupure					
	I_c / I_e	U_r / U_e	$\cos \phi$	Durée à l'état passant	Durée à l'état non passant	Nombre de cycles de manœuvres
AC-1	1,0	1,05	0,80	0,05 ^b	c	6 000 ⁱ
AC-2	2,0	1,05	0,65	0,05 ^b	c	6 000 ⁱ
AC-3, AC-3e	2,0	1,05	a	0,05 ^b	c	6 000 ⁱ
AC-4	6,0	1,05	a	0,05 ^b	c	6 000 ⁱ
AC-5a	2,0	1,05	0,45	0,05 ^b	c	6 000 ⁱ
AC-5b	1,0 ^e	1,05	e	0,05 ^b	60	6 000 ⁱ
AC-6a	g	g	g	g	g	g
AC-6b	1 ^j	1,05		k	l	6 000
AC-8a	1,0	1,05	0,80	0,05 ^b	c	30 000
AC-8b ^h	6,0	1,05	a	1 10	9 90 ^d	5 900 100
Catégorie d'emploi	I_c / I_e	U_r / U_e	L / R ms	Durée à l'état passant s	Durée à l'état non passant s	Nombre de cycles de manœuvres
DC-1	1,0	1,05	1,0	0,05 ^b	c	6 000 ^f
DC-3	2,5	1,05	2,0	0,05 ^b	c	6 000 ^f
DC-5	2,5	1,05	7,5	0,05 ^b	c	6 000 ^f
DC-6	1,0 ^e	1,05	e	0,05 ^b	60	6 000 ^f

I_c = courant établi ou coupé. Sauf pour les catégories AC-5b, AC-6 ou DC-6, le courant établi est exprimé en courant continu ou en courant alternatif comme la valeur efficace des composantes symétriques, étant entendu qu'en courant alternatif, la valeur réelle de crête au cours de la manœuvre de fermeture peut avoir une valeur plus élevée que la valeur de crête de la composante symétrique.

I_e = courant assigné d'emploi

U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en courant continu

U_e = tension assignée d'emploi

$\cos \phi$ = facteur de puissance du circuit d'essai

L / R = constante de temps du circuit d'essai

^a $\cos \phi = 0,45$ pour $I_e \leq 100$ A; $0,35$ pour $I_e > 100$ A.

- ^b La durée peut être inférieure à 0,05 s, à condition que les contacts soient en mesure d'être convenablement positionnés avant réouverture. Pour des raisons liées à la faisabilité de l'essai, et dans le cadre d'un accord avec le fabricant, une durée à l'état passant plus longue peut être définie.
- ^c Ces durées à l'état non passant ne doivent pas être supérieures aux valeurs du Tableau 8.
- ^d La durée à l'état non passant peut être portée à 200 s, comme cela est indiqué dans la documentation du produit.
- ^e Essais à effectuer avec une charge constituée par des lampes à incandescence.
- ^f Si la polarité n'est pas marquée sur l'appareil, 3 000 cycles de manœuvres à une polarité et 3 000 cycles de manœuvres à la polarité inverse.
- ^g Les caractéristiques assignées AC-6a doivent être vérifiées par un essai avec un transformateur ou peuvent être déduites à partir des valeurs pour AC-3 selon le Tableau 9.
- ^h Les essais pour la catégorie AC-8b doivent être complétés par des essais pour la catégorie AC-8a. Ces essais peuvent être réalisés sur des échantillons différents.
- ⁱ Pour les appareils de connexion à commande manuelle, le nombre de cycles de manœuvres doit être de 1 000 en charge, suivis de 5 000 à vide.
- ^j La charge doit être constituée de combinaisons de condensateurs disponibles dans le commerce qui permettent d'obtenir un courant réactif en régime établi I_e calculé selon 9.3.3.3.4. D'autres valeurs capacitives assignées peuvent être déterminées par des essais de commutation de condensateurs ou attribuées en se fondant sur la pratique et l'expérience courantes. En tant que guide, il peut être fait référence à la formule donnée dans le Tableau 9, qui ne tient pas compte des effets thermiques dus aux courants harmoniques. La capacité de courant disponible aux bornes d'essai doit être supérieure ou égale au courant présumé conventionnel " r ". Elle peut être déterminée par une évaluation analytique.
- ^k La durée à l'état passant doit être suffisamment longue pour atteindre le courant stabilisé.
- ^m Durée à l'état non passant selon le Tableau 8. La valeur d'une résistance de décharge doit être déterminée afin d'atteindre moins de 50 V à la fin de la durée à l'état non passant.

8.2.4.3 Durabilité

8.2.4.3.1 Durabilité mécanique

Le 8.2.4.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

La durabilité mécanique d'un contacteur ou d'un démarreur est vérifiée par un essai spécial spécifié à l'Annexe B.

8.2.4.3.2 Durabilité électrique

Le 8.2.4.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

La durabilité électrique d'un contacteur ou d'un démarreur est vérifiée par un essai spécial spécifié à l'Annexe B.

8.2.4.4 Capacité de tenue des contacteurs et des ACPIM aux courants de surcharge

Les contacteurs et les ACPIM des catégories d'emploi AC-3, AC-3e ou AC-4 doivent supporter les courants de surcharge du Tableau 11, comme cela est spécifié en 9.3.5.

Tableau 11 – Exigences de tenue aux courants de surcharge

Courant assigné d'emploi	Courant d'essai ^c	Durée de l'essai ^a
≤ 630 A	$8 \times I_e \text{ max/AC-3}$ $8 \times I_e \text{ max/AC-3e}$	10 s
> 630 A	$6 \times I_e \text{ max/AC-3}^b$ $6 \times I_e \text{ max/AC-3e}^b$	10 s
^a Pour les démarreurs qui appartiennent au moins à la classe 20 de protection contre les surcharges, le choix du contacteur ou de l'ACPM fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. ^b Avec une valeur minimale de 5 040 A. ^c Cet essai s'applique également aux cas de services pour lesquels la valeur du courant est inférieure et la durée de l'essai est supérieure, à condition que la valeur d'essai de I^2t ne soit pas dépassée.		

NOTE Pour les besoins de la coordination, et plus particulièrement pour AC-3e, un facteur plus élevé de I_e peut être utilisé (voir Article B.4).

8.2.4.5 Consommation de puissance de la bobine

La consommation de puissance de l'électroaimant d'un contacteur caractérise l'alimentation électrique de sa bobine nécessaire aux manœuvres de maintien et d'appel.

Si la consommation de puissance de l'électroaimant est donnée, elle doit être soumise à l'essai selon 9.3.3.2.1.2.

8.2.4.6 Impédance des pôles

Lorsque l'impédance des pôles est indiquée dans la documentation du produit, elle doit être soumise à l'essai conformément au 9.3.3.8 de l'IEC 60947-1:2020.

8.2.4.7 Aptitude d'un ACPM à établir et couper le courant dans des conditions de court-circuit

Le 8.2.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

L'aptitude de l'ACPM à établir, transporter et couper les courants de court-circuit est définie de la façon suivante:

- pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné I_{cu} (voir 5.3.6.1);
- pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné I_{cs} (voir 5.3.6.2).

Les essais de court-circuit doivent être conformes à l'Annexe P.

NOTE Un ACPM seul ne peut pas être coordonné avec lui-même. Par conséquent, aucun essai de courant de court-circuit conditionnel assigné ni aucun courant d'essai " r " ne sont réalisés.

8.2.5 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits

8.2.5.1 Fonctionnement en condition de court-circuit (courant assigné de court-circuit conditionnel)

Le courant assigné de court-circuit conditionnel des contacteurs et des démarreurs protégés par un ou plusieurs dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC ou ACPM), des combinés de démarrage, des combinés d'appareils de connexion, des démarreurs protégés et des appareils de connexion protégés doit être vérifié par des essais de court-circuit (voir 9.3.4).

Les essais suivants doivent être réalisés:

- a) à la valeur appropriée du courant présumé conventionnel indiquée dans le Tableau 14 ou le Tableau 13 (courant d'essai " I_r "); et
- b) au courant assigné de court-circuit conditionnel I_q , s'il est supérieur au courant d'essai " I_r ".

Les caractéristiques assignées du DPCC doivent convenir à toutes les valeurs données du courant assigné d'emploi, de la tension assignée d'emploi et à la catégorie d'emploi correspondante.

Deux types de coordinations sont admis, le type "1" ou le type "2". Les conditions d'essai pour ces deux types sont données en 9.3.4.2.1 et 9.3.4.2.2.

La coordination de type "1" implique l'exigence suivante: en condition de court-circuit, le contacteur ou le démarreur ne doit en aucun cas mettre en danger les personnes ou les installations et peut ne pas être en mesure de fonctionner ensuite sans réparation ou remplacement de pièces.

La coordination de type "2" implique l'exigence suivante: en condition de court-circuit, le contacteur ou le démarreur ne doit en aucun cas mettre en danger les personnes ou les installations et doit être en mesure de fonctionner ensuite. Le risque de soudure des contacts est admis, auquel cas la documentation du produit doit indiquer les mesures à prendre en ce qui concerne la maintenance du matériel.

NOTE L'emploi d'un DPCC non conforme aux recommandations du fabricant peut annuler la coordination.

8.2.5.2 Coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC associé

La coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC correspond à un essai spécial. La manière de la vérifier est décrite à l'Article B.4.

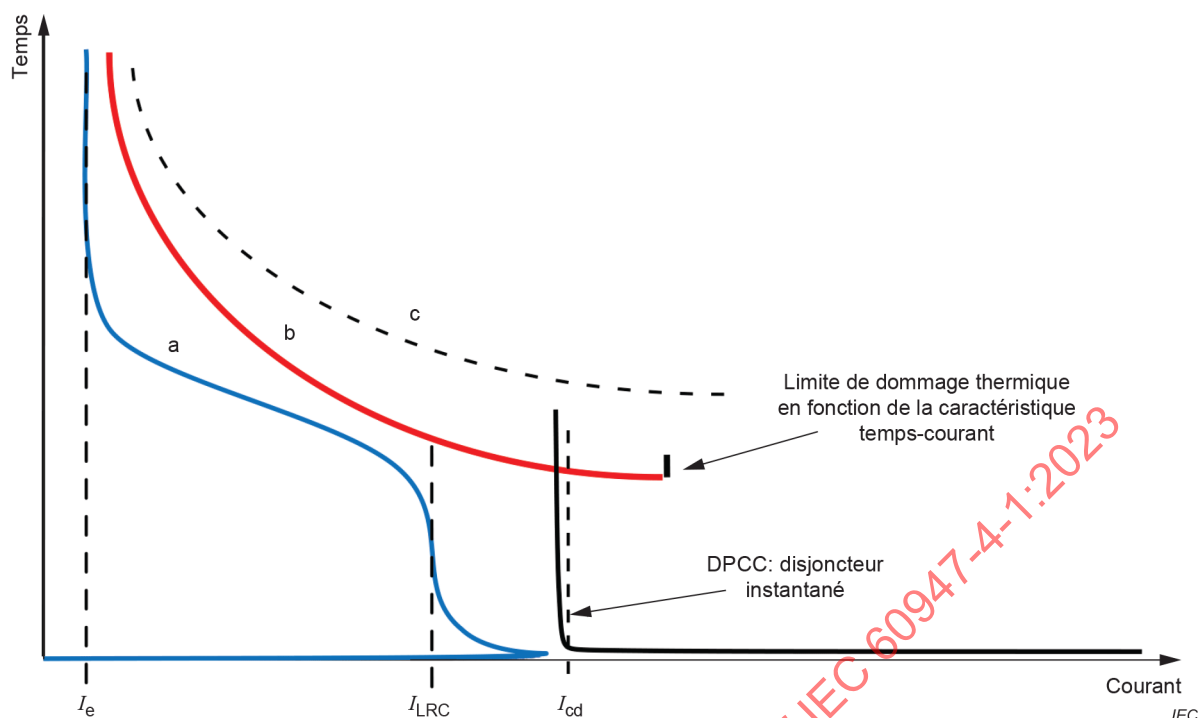
8.2.5.3 Essai de coordination entre un démarreur assigné AC-3e et le disjoncteur instantané ou l'ACPIM associé

Pour les démarreurs assignés AC-3e avec coordination de type 2, l'essai de coordination du 9.3.4.3 doit être réalisé.

Cet essai vise à vérifier la coordination entre le démarreur assigné AC-3e et le DPCC associé (disjoncteur instantané ou ACPIM), où la protection contre les surcharges du démarreur déclenche le contacteur en cas de court-circuit des courants de défaut inférieurs au courant de déclenchement du DPCC (disjoncteur instantané ou ACPIM). L'essai est réalisé à un courant de défaut simulé I_{cd} juste au-dessus du courant de déclenchement du DPCC.

Le courant I_{cd} est déterminé en fonction des caractéristiques du DPCC associé données au point j) du 6.1.2, afin d'assurer la coordination décrite à la Figure 4 avec un facteur de puissance donné dans le Tableau 16 de l'IEC 60947-1:2020. Cet essai n'est pas nécessaire si le courant de défaut déterminé I_{cd} est inférieur ou égal au courant de fermeture et de coupure soumis à l'essai pour AC-3e.

NOTE Un moteur asynchrone de conception NE ou HE peut présenter un courant d'appel plus élevé, ce qui implique un réglage supérieur du courant de déclenchement du DPCC. Par conséquent, le pouvoir de coupure du contacteur est vérifié à une valeur supérieure au pouvoir de fermeture et de coupure du Tableau 7.



Légende

- a courant de démarrage type du moteur
- b caractéristique temps-courant moyenne du relais de surcharge à partir de l'état froid
- c capacité de tenue temps-courant du contacteur selon 9.3.5

Figure 4 – Exemples de caractéristiques de coordination d'un démarreur

8.2.5.4 Coordination entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits

Pour la coordination entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits, l'Annexe X de l'IEC 60947-1:2020 s'applique à un ACPM utilisé comme disjoncteur C_1 avec les ajouts suivants.

Les dispositions du X.3.2 et de l'Article X.6 de l'IEC 60947-1:2020 ne s'appliquent pas.

En plus de l'exigence du X.3.3, ce qui suit s'applique:

L'association doit satisfaire aux exigences du 8.2.1.5.7. Si les essais sur les combinaisons des dispositifs de protection contre les courts-circuits pour la coordination de surintensité ne sont pas réalisés (3.7.22 de l'IEC 60947-1:2020), le rapport d'essai doit contenir des informations (en général des courbes) qui indiquent:

- le courant de crête coupé limité maximal (3.7.19 de l'IEC 60947-1:2020) en fonction du courant présumé (valeur efficace de la composante symétrique);
- les caractéristiques I^2t .

La conformité à ces informations peut être vérifiée pendant l'essai correspondant de l'Annexe P.

8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.3.1 Généralités

Le 8.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Les environnements A et B de l'IEC 60947-1:2020 sont mis en œuvre dans le présent document en 8.3.3 par les matériels de classe A et de classe B selon la CISPR 11.

L'environnement électromagnétique général du matériel couvert par le présent document est l'environnement E-III industriel selon l'IEC TR 63216.

Cependant, d'autres environnements définis dans l'IEC TR 63216 peuvent être choisis. L'environnement E-IV est pertinent pour le matériel destiné à être installé à l'intérieur des centrales électriques et des postes à haute tension. L'environnement E-II est pertinent pour les accessoires tels que les dispositifs de commande ou les interfaces numériques qui ne sont pas directement alimentés par le réseau (voir l'IEC TR 63216).

NOTE L'intégration d'un dispositif de radiocommunication à un matériel est traitée dans l'IEC 63404².

8.3.2 Immunité

Le 8.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les résultats d'essai sont spécifiés en utilisant les critères d'acceptation donnés dans le Tableau 12.

² En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC FDIS 63404:2023.

Tableau 12 – Critères d'acceptation spécifiques pour les essais d'immunité

Point	Critères d'acceptation		
	A	B	C
Généralités	Comportement normal dans les limites spécifiées	Dégradation temporaire ou perte de fonction ou du comportement qui est autorécupérable	Dégradation temporaire ou perte de fonction ou du comportement qui exige l'intervention d'un opérateur ou un réarmement du système. Aucun composant ne doit être endommagé
Fonctionnement des circuits de puissance et de commande	Aucun fonctionnement indésirable – le contacteur doit rester dans la position prévue – le relais de surcharge ne doit pas déclencher	Fonctionnement indésirable temporaire qui ne peut pas provoquer de déclenchement L'ouverture ou la fermeture non intentionnelle des contacts n'est pas acceptée Autorécupérable	Déclenchement du relais de surcharge Ouverture ou fermeture non intentionnelle des contacts Non autorécupérable
Fonctionnement des panneaux d'affichage et des circuits auxiliaires	Aucun changement de l'information affichée Seulement une légère fluctuation de l'intensité lumineuse des diodes électroluminescentes ou un léger mouvement des caractères Aucun fonctionnement indésirable des contacts auxiliaires	Changements temporaires visibles, par exemple illumination non souhaitée de la diode électroluminescente L'ouverture ou la fermeture non intentionnelle des contacts auxiliaires n'est pas acceptée	Perte permanente de l'information affichée L'ouverture ou la fermeture non intentionnelle des contacts auxiliaires n'est pas acceptée
Fonctions de traitement de l'information et de détection	Communication et échange de données vers les dispositifs extérieurs sans action indésirable ni information erronée	Communication temporairement perturbée avec impacts extérieurs possibles, mais autorécupérable	Traitement erroné de l'information Perte de données et/ou d'informations Non autorécupérable

8.3.3 Émission

Le 8.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les limites de la CISPR 11 s'appliquent pour les matériels de classe B destinés à être utilisés dans les zones résidentielles reliées aux réseaux publics de distribution à basse tension et pour les matériels de classe A destinés à être utilisés à tout emplacement autre que ceux situés dans les zones résidentielles.

8.4 Logiciels intégrés

Le développement et les essais des logiciels intégrés doivent être gérés.

Des recommandations pour le développement des logiciels intégrés destinés à l'appareillage, notamment en matière de codage sécurisé, sont fournies dans l'IEC TR 63201 en vue d'établir plus spécifiquement:

- un plan de gestion des logiciels conformément à l'Article 5 de l'IEC TR 63201:2019;
- une gestion du cycle de conception conformément à l'Article 7 de l'IEC TR 63201:2019.

8.5 Sécurité

L'intégrité et la disponibilité des fonctions principales de l'appareillage peuvent dépendre des aspects relatifs à la sécurité physique et à la cybersécurité. À partir d'une appréciation du risque en ce qui concerne la sécurité, des mesures de sécurité doivent être mises en œuvre conformément à l'IEC TS 63208.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le 9.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique à l'exception du 6^e alinéa (avant-dernier alinéa) et avec les ajouts suivants.

S'il n'y a pas de distinction entre U_s et U_c , les exigences s'appliquent à U_c .

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité au présent document de la conception des contacteurs et des démarreurs de tous types et de leurs accessoires de câblage dédiés. Ils comprennent les vérifications suivantes:

- a) limites d'échauffement (voir 9.3.3.3);
- b) propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4);
- c) pouvoirs assignés de fermeture et de coupure 9.3.3.5);
- d) aptitude à la commutation et à l'inversion du sens de marche, le cas échéant (voir 9.3.3.5);
- e) fonctionnement conventionnel en service 9.3.3.6);
- f) manœuvre et limites de fonctionnement (voir 9.3.3.1 et 9.3.3.2);
- g) capacité de tenue des contacteurs aux courants de surcharge (voir 9.3.5);
- h) fonctionnement en condition de court-circuit (voir 9.3.4);
- i) propriétés mécaniques des bornes (voir 9.2.5 de l'IEC 60947-1:2020);
- j) degrés de protection du matériel (voir Annexe C de l'IEC 60947-1:2020);
- k) essais CEM, s'il y a lieu (voir 9.4).

9.1.3 Essais individuels de série

Le 9.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique lorsque les essais sur prélèvement (voir 9.1.4) ne sont pas réalisés.

Les essais individuels de série des contacteurs et des démarreurs comprennent:

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (voir 9.3.6.2);
- les essais diélectriques (voir 9.3.6.3).

Pour les accessoires de câblage dédiés livrés séparément, seul l'essai diélectrique s'applique.

9.1.4 Essais sur prélèvement

Les essais sur prélèvement des contacteurs et des démarreurs comprennent:

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (voir 9.3.6.2);
- les essais diélectriques (voir 9.3.6.3).

Le 9.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Des essais sur prélèvement peuvent être effectués en lieu et place des essais individuels de série. Le prélèvement doit au moins satisfaire aux exigences suivantes spécifiées dans le Tableau 2-A: Plans d'échantillonnage simple en contrôle normal de l'ISO 2859-1:1999:

- prélèvement fondé sur un $NQA \leq 1$;
- critère d'acceptation $Ac = 0$ (aucun défaut accepté);
- critère de rejet $Re = 1$ (pour 1 défaut, tout le lot doit être soumis à l'essai).

Le prélèvement doit être effectué à intervalles réguliers pour chaque lot spécifique.

D'autres méthodes statistiques qui satisfont aux exigences de l'ISO 2859-1:1999 ci-dessus peuvent être utilisées (des méthodes statistiques qui assurent la maîtrise de la fabrication en continu ou la maîtrise de procédés avec des calculs de capacité, par exemple).

Les essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement doivent être effectués selon 9.3.3.4.3 de l'IEC 60947-1:2020.

9.1.5 Essais spéciaux

9.1.5.1 Généralités

La réalisation d'un essai spécial est facultative.

Les essais spéciaux incluent:

- les essais d'environnement selon 9.1.5.2;
- les essais de durabilité mécanique et électrique selon les Articles B.2 et B.3. Les résultats d'essai peuvent être utilisés pour obtenir des données nécessaires aux applications de sécurité fonctionnelle (voir Annexe K);
- la vérification de la coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC selon l'Article B.4.

9.1.5.2 Essais d'environnement

Pour ces essais spéciaux, l'Annexe Q de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Si le Tableau Q.1 de l'IEC 60947-1:2020 indique de vérifier l'aptitude opérationnelle, cette vérification doit être réalisée conformément au 9.3.6.2.

Les essais de vibrations doivent être réalisés sur le matériel en position d'ouverture et de fermeture. Le relais de surcharge ne doit pas déclencher au cours de l'essai. Pour vérifier le comportement des contacts principaux et auxiliaires, des essais peuvent être réalisés avec toute valeur de courant/tension.

L'essai de choc sur le matériel doit être réalisé en position d'ouverture.

Pour l'essai de chaleur sèche, le matériel doit être en position de fermeture pendant la période de conditionnement (voir 5.3.3 de l'IEC 60068-2-2:2007). Pour les catégories A, B et C, l'essai peut être réalisé sans courant aux pôles et pour les catégories D, E et F, l'essai doit être réalisé avec le courant assigné maximal AC-3, mais il peut être limité à 100 A pour des raisons pratiques. Au cours de la dernière heure, le contacteur doit être manœuvré 5 fois. Le relais de surcharge peut déclencher pendant toute la durée de l'essai.

Pour l'essai à basse température, l'essai Ad doit être choisi à la place de l'essai Ab, et le matériel doit être en position d'ouverture au cours de la période de refroidissement. Il doit ensuite être alimenté pendant la dernière heure. Pour les catégories A, B et C, l'essai peut être réalisé sans courant aux pôles et pour les catégories D, E et F, l'essai est réalisé avec le courant assigné maximal AC-3 qui peut être limité à 100 A pour des raisons pratiques. Au cours de la dernière heure, le contacteur doit être manœuvré 5 fois. Le relais de surcharge ne doit pas déclencher pendant toute la durée de l'essai.

Pour l'essai de chaleur humide, pour les catégories A, B et C, l'essai peut être réalisé sans courant aux pôles. Pour les catégories D, E et F le matériel doit être alimenté par le courant assigné maximal AC-3 pendant le premier cycle, puis mis hors tension pendant le deuxième cycle. Le courant peut être limité à 100 A pour des raisons pratiques. Après stabilisation de la température, pendant les 2 premières heures du premier cycle et pendant les 2 dernières heures du deuxième cycle, le contacteur doit être manœuvré 5 fois. Le relais de surcharge peut déclencher uniquement si ses caractéristiques de température le permettent.

Afin de réduire la durée de l'essai et sous réserve de l'accord du fabricant, la durée des périodes de reprise peut être réduite.

Afin de réduire le nombre d'échantillons et après la réalisation de l'essai au brouillard salin, le matériel peut être nettoyé, sous réserve de l'accord du fabricant.

9.2 Conformité aux exigences de construction

9.2.1 Généralités

Le 9.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

9.2.2 Performance électrique des organes de serrage sans vis

Le 9.2.5.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les modifications suivantes:

Le nombre d'organes de serrage soumis à l'essai doit être supérieur ou égal à 10.

L'insertion et la déconnexion des conducteurs doivent être effectuées conformément à la documentation du produit.

La Figure 5 représente un dispositif d'essai approprié. Si les points de mesure ne peuvent pas être positionnés à moins de 10 mm du point de contact, la différence de tension entre les points de mesure idéaux et réels doit être déduite de la chute de tension mesurée. Cette différence de tension dans la partie du conducteur doit être déterminée avec une méthode de mesure convenable sur une éprouvette à une température stabilisée. Les méthodes et les résultats de mesure doivent être documentés dans le rapport d'essai. Le courant d'essai est fixé à I_{th} ou, pour un relais de surcharge monté séparément, au courant maximal de réglage.

Dimensions en millimètres

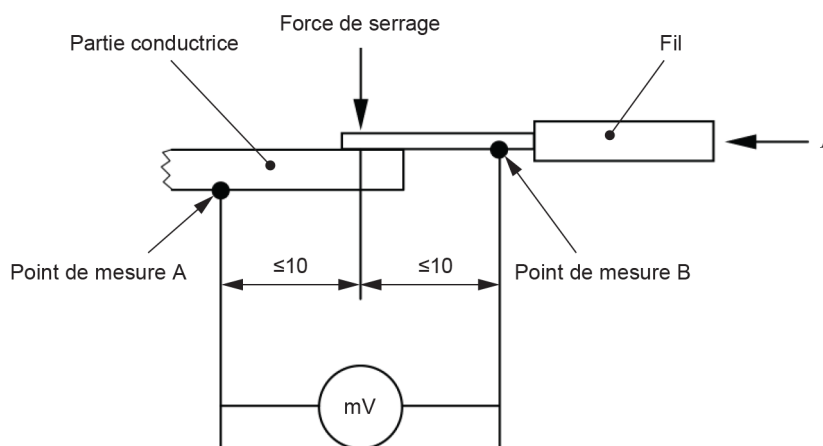


Figure 5 – Mesurage de chute de tension au point de contact de la borne de contact

NOTE 1 Il est généralement possible d'équiper un matériel de nombreux types de fils différents (à brins, massifs, souples etc.), ce qui donne lieu à un nombre d'essais suffisant pour la même borne.

NOTE 2 Une méthode d'essai particulière pour des sections de conducteurs supérieures à 10 mm² est à l'étude.

NOTE 3 L'échantillon d'appareil peut être équipé de trous ou de dispositions équivalentes, qui constituent des points d'accès de mesure pour la chute de tension sur la borne.

9.2.3 Essai de vieillissement pour organes de serrage sans vis

Le 9.2.5.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec la modification suivante:

L'essai doit être effectué sur l'appareil équipé des organes de serrage.

Le courant d'essai est fixé à I_{th} ou, pour un relais de surcharge monté séparément, au courant maximal de réglage.

NOTE L'échantillon d'appareil peut être équipé de trous ou de dispositions équivalentes, qui constituent des points d'accès de mesure pour la chute de tension sur la borne.

9.2.4 Essai de la source d'énergie limitée

Un circuit à source d'énergie limitée doit être soumis à l'essai comme suit, le matériel fonctionnant dans les conditions normales de fonctionnement.

Si les exigences relatives à la source d'énergie limitée dépendent du ou des dispositifs de protection contre les surintensités, ces dispositifs doivent être mis en court-circuit.

Le matériel fonctionnant dans les conditions normales de fonctionnement, une charge résistive variable est raccordée aux parties à l'étude et réglée afin d'obtenir un niveau de puissance apparente limitée (VA) exigé. Des réglages supplémentaires sont réalisés, le cas échéant, pour maintenir la puissance apparente limitée (VA) pendant une durée spécifiée en 8.1.14.

Une charge résistive variable est raccordée au circuit à l'étude et réglée de manière à obtenir la limite de puissance apparente indiquée dans le Tableau 19, dans le Tableau 20 ou dans le Tableau 21, selon le cas. Des réglages supplémentaires sont réalisés, le cas échéant, pour maintenir la limite d'énergie apparente pendant la durée indiquée dans le Tableau 19, dans le Tableau 20 ou dans le Tableau 21, selon le cas.

L'essai est concluant si, à l'issue, la puissance apparente disponible ne dépasse pas les limites indiquées dans le Tableau 19, dans le Tableau 20 ou dans le Tableau 21, selon le cas.

Si les exigences relatives à la source d'énergie limitée dépendent du ou des dispositifs de protection contre les surintensités, la caractéristique assignée du courant de l'un au moins des dispositifs de protection dans le trajet de courant ne doit pas dépasser la limite du Tableau 20.

Ces essais doivent être réalisés dans la combinaison la plus défavorable et dans les limites des spécifications des paramètres indiquées par le fabricant et répertoriés en 5.5.

9.2.5 Défaillance de composants

9.2.5.1 Généralités

La défaillance d'un composant, identifiée par l'analyse du circuit (8.1.16), doit être soumise à l'essai, le matériel fonctionnant avec la charge qui crée la condition la plus sévère.

NOTE Une éventuelle perte de fonction principale est acceptable.

L'essai n'est pas exigé:

- si l'analyse du circuit indique qu'aucun autre composant ni aucune autre partie du circuit n'est surchargé après le passage en mode de défaillance en circuit ouvert ou de court-circuit d'un autre composant;
- pour les composants des circuits alimentés par une source d'énergie limitée conforme au 8.1.14;
- sur les semiconducteurs de puissance lorsque des essais équivalents sont réalisés pendant les essais de court-circuit;
- pour les composants qui ont été préalablement évalués avec succès étant donné leurs modes de défaillance et leurs conditions de mise en œuvre dans le dispositif.

9.2.5.2 Essai de défaillance de composants

Chaque composant identifié doit faire l'objet d'un essai de défaillance dans les modes de défaillance en circuit ouvert et/ou de court-circuit, si celui-ci est plus sévère.

NOTE 1 L'essai de claquage des composants peut être limité aux circuits de l'appareil qui peuvent influencer le résultat de l'essai en étant pleinement chargés et fonctionnels.

Cet essai ne doit s'accompagner d'aucune émission de flamme ou de métal en fusion ni d'aucune inflammation du coton. L'élément fusible ne doit pas s'ouvrir.

Les composants tels que les condensateurs ou les diodes font l'objet d'un court-circuit ou d'un circuit ouvert. Pour les appareils sans enveloppe dédiée, une enveloppe métallique extérieure ou une cage en treillis métallique (entourée de coton) dont la taille est égale à 1,5 fois celle de l'appareil (ou différente, selon la documentation du produit) doit être prévue pour simuler les éventuelles parties mises à la terre autour de l'appareil. Dans le cas d'une enveloppe dédiée, le coton doit être placé sur toutes les ouvertures. L'enveloppe dédiée extérieure ou la cage en treillis métallique (le cas échéant) et toutes les parties mises à la terre ou métalliques hors tension exposées doivent être reliées au circuit d'alimentation par l'intermédiaire d'un élément fusible F, conformément au 9.3.4.1.2 d) de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE 2 La définition du matériel sous enveloppe est donnée à l'Annexe C de l'IEC 60947-1:2020.

9.2.6 Essai de flexion de câble

Suivant les exigences du 8.1.3, le câblage des composants montés sur une porte ou un couvercle doit être soumis à l'essai en ouvrant la porte ou le couvercle autant que possible (les dispositifs de retenue tels qu'une chaîne doivent rester en place) et en refermant celle-ci ou celui-ci pendant 500 cycles de manœuvres. Après cet essai, le matériel doit être soumis à l'essai de tenue à la tension diélectrique décrit en 9.3.3.4.1, appliqué entre les conducteurs et entre les conducteurs et la terre.

9.3 Conformité aux exigences relatives au fonctionnement

9.3.1 Séquences d'essais

Chaque séquence d'essais est réalisée avec un échantillon neuf.

Pour les relais de surcharge montés séparément, seules les séquences d'essais 1, 3 et 5 s'appliquent.

NOTE 1 Sous réserve de l'accord du fabricant, plusieurs séquences d'essais ou toutes les séquences d'essais peuvent être effectuées sur un seul échantillon. Cependant, les essais sont réalisés conformément à la séquence décrite pour chaque échantillon.

NOTE 2 Certains essais sont inclus dans les séquences uniquement pour réduire le nombre d'échantillons exigés, les résultats n'ayant aucune signification pour les essais qui précèdent ou qui suivent dans la séquence. En conséquence, pour la commodité des essais et avec l'accord du fabricant, ces essais peuvent être effectués sur de nouveaux échantillons distincts et omis dans la séquence correspondante. Cela ne peut s'appliquer qu'aux essais suivants lorsqu'ils sont demandés:

- 9.3.3.4.1, point 7) de l'IEC 60947-1:2020, Vérification des lignes de fuite;
- 9.2.5 de l'IEC 60947-1:2020, Propriétés mécaniques et électriques des bornes;
- Annexe C de l'IEC 60947-1:2020, Degrés de protection du matériel sous enveloppe;
- 9.3.3.2.1.2, Consommation de puissance de la bobine.

Les séquences d'essais doivent être les suivantes:

a) séquence d'essais 1

- 1) vérification de l'échauffement (voir 9.3.3.3);
- 2) vérification de la manœuvre et des limites de fonctionnement (voir 9.3.3.1 et 9.3.3.2);
- 3) vérification des propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4);

b) séquence d'essais 2

- 1) vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure et de l'aptitude à la commutation et à l'inversion du sens de marche, s'il y a lieu (voir 9.3.3.5);
- 2) vérification du fonctionnement conventionnel en service (voir 9.3.3.6);

c) séquence d'essais 3

- 1) fonctionnement en condition de court-circuit (voir 9.3.4);
- 2) essai de coordination entre le démarreur assigné AC-3e et le DPCC associé (voir 8.2.5.3);

d) séquence d'essais 4 (applicable aux contacteurs et ACPIM);

vérification de la tenue aux courants de surcharge (voir 9.3.5);

e) séquence d'essais 5

- 1) vérification des propriétés mécaniques des bornes conformément au 9.2.5 de l'IEC 60947-1:2020, 9.2.2 et au 9.2.3;
- 2) vérification du degré de protection des contacteurs et des démarreurs sous enveloppe (voir Annexe C de l'IEC 60947-1:2020).

Aucun des essais ne doit provoquer de défaillance.

9.3.2 Conditions générales pour les essais

Le 9.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Le choix des échantillons à soumettre à l'essai pour une série d'appareils avec la même configuration de base et sans différence significative de construction doit être fondé sur une appréciation technique.

À l'exception des appareils de caractéristiques spécifiquement prévues pour une seule fréquence, les essais réalisés à 50 Hz sont considérés comme couvrant les applications à 60 Hz et inversement.

Sauf spécification contraire dans le paragraphe d'essai correspondant, le couple de serrage des connexions doit correspondre aux valeurs spécifiées dans la documentation du produit ou, en l'absence de spécification, au couple donné dans le Tableau 4 de l'IEC 60947-1:2020.

Un démarreur à main à manœuvre dépendante manuelle (voir 3.6.12 de l'IEC 60947-1:2020) doit être manœuvré à une vitesse de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$, cette vitesse étant mesurée à l'endroit où l'organe de manœuvre de l'appareillage d'essai touche l'organe de manœuvre du démarreur. Pour les poignées tournantes, la vitesse angulaire doit correspondre essentiellement aux conditions ci-dessus, en référence à la vitesse de l'organe de manœuvre (à ses extrémités) du démarreur.

Sauf spécification contraire, les essais d'ACPM doivent être réalisés avec le ou les courants assignés d'emploi maximaux pour une taille physique donnée et de construction similaire, et sont réputés couvrir tous les courants assignés de cette taille physique et de cette construction.

NOTE "Construction similaire" signifie que les modifications n'ont pas d'impact négatif sur les performances du matériel. Par exemple, aucune modification des parties qui transportent le courant, à l'exception des moyens de détection du courant (élément bimétallique, par exemple), de la chambre d'arc, etc.

L'ACPM pour des schémas (IT) non mis à la terre ou mis à la terre par une impédance doit être soumis à l'essai selon l'Article P.4.

9.3.3 Fonctionnement à vide et dans les conditions normales de charge et de surcharge

9.3.3.1 Manœuvre

La conformité aux exigences du 8.2.1.1.2 de la manœuvre des contacteurs, du relais de surcharge et des démarreurs doit être vérifiée.

Pour vérifier l'insensibilité du démarreur à la manœuvre du contacteur, le démarreur doit être mis sous tension pour atteindre une température de régime établi (voir 8.2.2) et le contacteur manœuvré trois fois suivant la séquence normale sans retard intentionnel entre les manœuvres. Le démarreur ne doit pas déclencher sous l'effet de la manœuvre du contacteur.

Si le relais de surcharge est équipé d'un mécanisme combiné d'arrêt et de réarmement, le mécanisme de réarmement doit être manœuvré, le contacteur étant en position de fermeture, ce qui doit provoquer l'ouverture du contacteur. Si le relais de surcharge possède soit un mécanisme de réarmement seul, soit des mécanismes distincts d'arrêt et de réarmement, le mécanisme de déclenchement doit être manœuvré, le contacteur étant en position de fermeture et le mécanisme de réarmement en position de réarmement, ce qui doit provoquer l'ouverture du contacteur. Ces essais doivent vérifier que le déclenchement en présence de surcharge ne peut être empêché en maintenant le mécanisme de réarmement en position de réarmement.

Dans le cas de démarreurs rotoriques à résistances, des essais doivent être effectués pour vérifier que la temporisation des relais à fonctionnement différé et l'étalonnage des autres appareils de commande utilisés pour contrôler la cadence de démarrage sont dans les limites de la documentation du produit.

Il doit être vérifié que la valeur des résistances de démarrage est, pour chaque section, égale aux valeurs indiquées, avec une tolérance de $\pm 10 \%$.

Il doit également être vérifié que les appareils de connexion du rotor mettent hors circuit les résistances qui correspondent à chaque section suivant la séquence convenable.

Il doit également être vérifié que les tensions en circuit ouvert aux bornes des prises de l'autotransformateur sont conformes aux valeurs indiquées et que l'ordre des phases aux bornes de moteur du démarreur par autotransformateur à deux étapes est correct aussi bien dans la position démarrage que dans la position MARCHE du démarreur.

9.3.3.2 Limites de fonctionnement

9.3.3.2.1 Matériels à manœuvre à source d'énergie extérieure

9.3.3.2.1.1 Généralités

Les contacteurs et les démarreurs doivent être soumis à l'essai, pour vérifier leur fonctionnement, conformément aux exigences du 8.2.1.2.

Les exigences d'essai de retombée du 9.3.3.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent.

9.3.3.2.1.2 Consommation de puissance de la bobine

9.3.3.2.1.2.1 Généralités

Les caractéristiques de l'alimentation électrique d'une bobine nécessaire pour l'électroaimant d'un contacteur doivent être déterminées tant pour la puissance de maintien que pour la puissance d'appel.

Pour une taille donnée de bâti, si des bobines différentes couvrent une plage de tensions, les n bobines, sans dépasser 5 bobines, qui portent la lettre i doivent être soumises à l'essai comme suit:

La bobine avec la tension d'alimentation assignée du circuit de commande la plus basse U_s , la bobine avec la tension d'alimentation assignée du circuit de commande la plus haute U_s , plus les autres bobines considérées comme représentatives des bobines avec la puissance de maintien calculée la plus haute.

L'essai doit être effectué à la température ambiante, $+23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. L'essai doit être effectué sans aucune charge dans les circuits principaux et auxiliaires. L'électroaimant doit être alimenté par la tension d'alimentation assignée du circuit de commande U_s avec une tolérance de $\pm 3\%$ et à la fréquence assignée. L'alimentation électrique doit provenir d'un transformateur à courant alternatif et doit présenter un taux de distorsion harmonique total de la tension inférieur à 5 %. La puissance de court-circuit de ce transformateur doit être supérieure à 5 fois la puissance d'appel de l'électroaimant à l'essai.

Pour une bobine donnée et une plage de tensions déclarée, l'essai doit être effectué à la tension la plus élevée à la fréquence respective.

Pour un électroaimant commandé par un courant alternatif, les valeurs mesurées doivent être obtenues avec une méthode de mesure de valeur efficace qui couvre au moins la bande passante comprise entre 0 Hz et 10 kHz pour la tension et le courant séparément.

Pour un électroaimant commandé par un courant continu, les valeurs mesurées doivent être obtenues avec une méthode de mesure de la valeur moyenne. L'alimentation électrique doit avoir:

- la capacité de fournir 5 fois la puissance d'appel maximale de l'électroaimant à l'essai; et
- une ondulation de tension inférieure à 10 % à pleine charge.

NOTE La valeur de 5 fois la puissance d'appel est destinée à assurer la bonne méthode de mesure.

Pour un électroaimant commandé par un courant alternatif ou par un courant continu, les valeurs de puissance obtenues doivent être données avec une incertitude de mesure inférieure à 5 %.

Pour les bobines d'électroaimants commandées électroniquement, la méthode de mesure doit couvrir une bande passante au moins comprise entre 0 Hz et 100 kHz (courant alternatif + courant continu), mais pas inférieure à dix fois la fréquence de commutation de la commande électronique.

La valeur déclarée en 6.1.2 o) doit être supérieure ou égale à la valeur moyenne des bobines soumises à l'essai. Lorsque l'écart type des valeurs mesurées est supérieur ou égal à 10 %, plusieurs valeurs doivent être déclarées.

9.3.3.2.1.2.2 Puissance de maintien pour les bobines d'électroaimants conventionnels et commandées électroniquement

Le mesurage du courant $I_{(i)}$ de la bobine doit être effectué après mise sous tension de l'électroaimant et établissement des conditions de régime établi (la variation en amplitude du courant mesuré est inférieure à 4 % sur les cinq dernières secondes ou la température est stable).

La consommation de puissance de maintien est définie comme suit:

$S_{h(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [VA] pour un électroaimant commandé par un courant alternatif;

$P_{c(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [W] pour un électroaimant commandé par un courant continu;

$S_h = \sum (U_{s(i)} \times I_{(i)}) / n$ [VA] ou $P_c = \sum (U_{s(i)} \times I_{(i)}) / n$ [W] où n est le nombre de bobines soumises à l'essai.

Pour les bobines d'électroaimants commandées électroniquement avec des courants assignés alternatif et continu, il convient d'effectuer le mesurage pour les deux caractéristiques assignées.

NOTE 1 La dissipation de puissance d'un électroaimant commandé par un courant alternatif peut également s'exprimer en [W], en tenant compte du facteur de puissance.

NOTE 2 Sauf indication contraire dans la documentation du produit, pour un électroaimant conventionnel commandé par un courant continu, la puissance d'appel P_c est égale à la puissance de maintien P_c .

9.3.3.2.1.2.3 Puissance d'appel d'un électroaimant commandé par un courant continu avec enroulements séparés d'appel et de maintien ou d'un électroaimant conventionnel commandé par un courant alternatif

Le mesurage de la puissance d'appel doit être effectué juste après le mesurage du courant de maintien (voir 9.3.3.2.1.2.2).

Le contacteur a été maintenu en position ARRÊT puis remis sous tension. Le mesurage du courant $I_{(i)}$ de chaque bobine doit être effectué après mise sous tension de l'électroaimant.

La consommation de puissance d'appel est définie comme suit:

$S_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}|$ [VA]

$S_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| / n$ [VA], où n est le nombre de bobines soumises à l'essai.

$P_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}|$ [W]

$P_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| / n$ [W], où n est le nombre de bobines soumises à l'essai.

Pour les électroaimants commandés par un courant continu, il convient d'exprimer la consommation de puissance en VA afin de représenter la puissance apparente totale, compte tenu de sa forme d'onde non linéaire. Toutefois, elle peut également être exprimée en W.

NOTE 1 Selon la conception du contacteur, en particulier avec enroulements séparés d'appel et de maintien, une attention particulière est portée afin de ne pas brûler la bobine en effectuant un mesurage court (électroaimant sous tension pendant moins de 1 s ou 2 fois le temps d'appel indiqué par le fabricant, s'il est supérieur à 1 s).

NOTE 2 En cas d'une quelconque dépendance au temps de la fonction de commande pour commuter du mode appel au mode maintien, cette fonction est désactivée, ou la période de mesurage s'arrête à ce moment.

9.3.3.2.1.2.4 Puissance d'appel pour une bobine d'électroaimant commandée électroniquement

Le mesurage de la puissance d'appel doit être effectué juste après le mesurage du courant de maintien selon 9.3.3.2.1.2.2.

Le contacteur a été maintenu en position ARRÊT puis remis sous tension pendant la durée nécessaire à la réalisation de l'ensemble de la procédure d'appel.

La valeur efficace du courant $I_{(i)}$ de chaque bobine doit être mesurée pendant toute la durée de mise sous tension de l'électroaimant à puissance maximale et d'établissement des conditions de régime établi, définies comme correspondant à une variation du courant mesuré inférieure à 4 % sur au moins trois ondes en courant alternatif et pendant au moins 30 ms en courant continu.

La consommation de puissance d'appel $S_{p(i)}$ d'une bobine est définie en valeur efficace.

NOTE 1 Selon la conception du contacteur, une attention particulière est portée afin de ne pas brûler la bobine en effectuant un mesurage court (électroaimant sous tension pendant moins de 1 s ou 2 fois le temps d'appel indiqué par le fabricant).

NOTE 2 En cas d'une quelconque dépendance au temps de la fonction de commande pour commuter du mode appel au mode maintien, cette fonction est désactivée, ou la période de mesurage s'arrête à ce moment.

NOTE 3 Si la commande électronique contient une quelconque intelligence qui influence la consommation de puissance en appel, le cas le plus défavorable est choisi pour ce mesurage.

La consommation de puissance d'appel S_p est définie comme suit:

$$S_{p(i)} = |U_s| \times |I_{(i)}| \text{ [VA]}$$

$$S_p = \sum |U_{s(i)}| \times |I_{(i)}| \text{ [VA]}, \text{ où } n \text{ est le nombre de bobines soumises à l'essai.}$$

NOTE 4 La tension de commande U_s est prise à l'état stable et en valeur efficace.

NOTE 5 Il est possible d'évaluer cette puissance d'appel par calcul d'une valeur efficace directement au moyen d'un oscilloscope ou par tout autre calcul numérique.

Pour une bobine donnée et une plage de tensions déclarée, l'essai doit être effectué à la valeur la plus élevée et à la valeur la plus basse de la plage de tensions. La valeur maximale de ces valeurs déterminées est admise comme la puissance d'appel S_p . Pour tout type de variante de commande (courant alternatif ou courant continu), la puissance d'appel est de préférence exprimée en VA afin de représenter la puissance apparente totale, compte tenu de sa forme d'onde non linéaire. Toutefois, elle peut également être exprimée en W.

Outre l'évaluation de la puissance d'appel, il doit être démontré que la valeur absolue des crêtes de courant possibles sur l'ensemble du processus d'appel est inférieure ou égale à la courbe enveloppe suivante du rapport de crête (rapport de la valeur de crête du courant sur la valeur efficace évaluée de S_p divisée par la tension d'alimentation U_s).

Plage de durées des valeurs de crête (ms)	Rapport de crête maximal
De 0 à 0,1 compris	7
Supérieure à 0,1	4
Supérieure à 1	2
Supérieure à 5	1,5

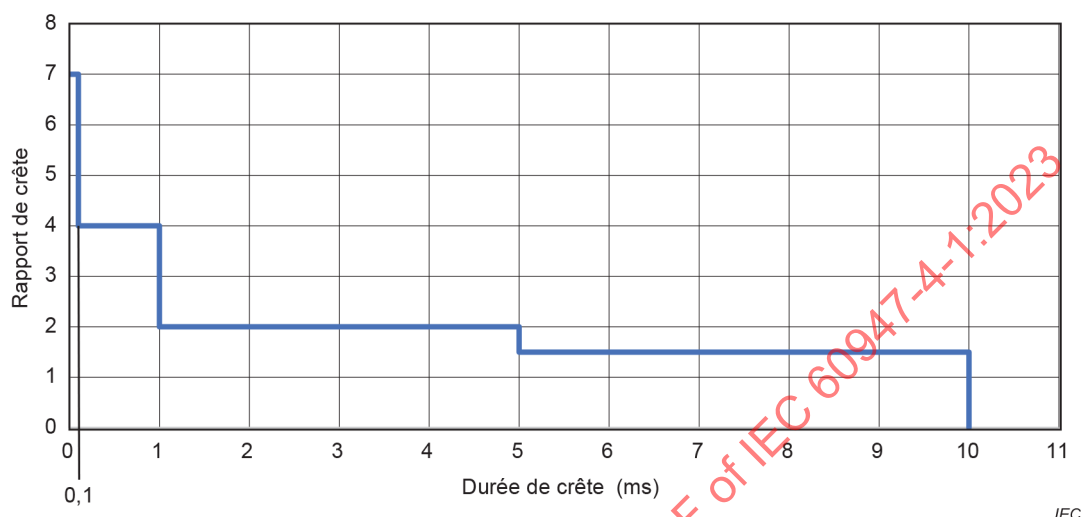


Figure 6 – Enveloppe du courant de crête

Si la courbe enveloppe représentée à la Figure 6 est dépassée, ces valeurs de crête doivent être indiquées dans la documentation du produit en plus de la puissance d'appel.

NOTE 6 Rapports maximaux fondés sur l'évaluation de plusieurs alimentations électroniques disponibles sur le marché.

9.3.3.2.1.3 Impédance des pôles

Le 9.3.3.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.2.2 Relais et déclencheurs

a) Fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de tension

Les relais ou déclencheurs à minimum de tension doivent être soumis à l'essai pour vérifier qu'ils satisfont aux exigences du 8.2.1.3. S'il est associé à un appareil de connexion, le déclencheur doit être adapté à l'appareil de connexion avec le courant maximal assigné pour lequel le déclencheur convient.

1) Tension de retombée

La tension doit être réduite à 0 V à partir de la tension d'alimentation assignée du circuit de commande en 30 s environ.

L'essai pour la limite inférieure est effectué sans préchauffage de la bobine du déclencheur. Pour un déclencheur avec une plage de tensions d'alimentation assignées du circuit de commande, cet essai s'applique à la tension maximale de la plage. S'il est associé à un appareil de connexion, l'essai pour la limite inférieure est réalisé sans courant dans le circuit principal.

L'essai pour la limite supérieure est réalisé en partant d'une température constante qui correspond à l'application de la tension d'alimentation assignée du circuit de commande au déclencheur et au courant assigné dans les pôles principaux. Cet essai peut être combiné avec l'essai d'échauffement du 9.3.3.3. Pour un déclencheur avec une plage de tensions d'alimentation assignées du circuit de commande, cet essai est réalisé à la tension d'alimentation assignée minimale du circuit de commande.

2) Essai pour les limites de fonctionnement en cas d'association avec un appareil de connexion

En partant du circuit principal ouvert, à la température de la salle d'essai et avec la tension d'alimentation égale à 35 % de la tension d'alimentation de commande maximale assignée, il doit être vérifié que l'appareil de connexion ne peut pas être fermé par suite de la manœuvre de son organe de commande. Lorsque la tension d'alimentation est augmentée jusqu'à 85 % de la tension minimale d'alimentation de commande, il doit être vérifié que l'appareil de connexion peut être fermé par la manœuvre de son organe de commande.

3) Fonctionnement dans des conditions de surtension

Lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, l'essai est réalisé sans courant dans le circuit principal. L'essai à 110 % de la tension d'alimentation assignée doit être effectué pendant 30 min ou jusqu'à ce que la température ait atteint un équilibre thermique et sans compromettre ses fonctions. La vérification doit être effectuée selon 2) ci-dessus.

b) Déclencheurs à bobine en dérivation

Les déclencheurs shunt doivent être soumis à l'essai pour vérifier qu'ils satisfont aux exigences du 8.2.1.4 à la température ambiante. S'il est associé à un appareil de connexion, le déclencheur doit être adapté à l'appareil de connexion avec le courant maximal assigné pour lequel le déclencheur convient.

Pour un déclencheur avec une plage de tensions d'alimentation assignées du circuit de commande, les tensions d'essai doivent être égales à 70 % de la tension d'alimentation minimale assignée du circuit de commande et à 110 % de la tension de commande maximale assignée.

c) Relais magnétiques de surcharge thermiques, électroniques et à fonctionnement différé

Les relais de surcharge et les démarreurs doivent être raccordés avec des conducteurs conformes au Tableau 9, avec une section minimale de 1 mm², au Tableau 10 et au Tableau 11 de l'IEC 60947-1:2020 pour des courants d'essai qui correspondent à:

- 100 % du courant de réglage du relais de surcharge pour les relais de surcharge de classes de déclenchement 2, 3, 5 et 10A pour tous les types de relais de surcharge (voir Tableau 2) et de classes de déclenchement 10, 20, 30 et 40 pour les types de relais de surcharge électroniques,
- 125 % du courant de réglage du relais de surcharge pour les relais de surcharge thermiques de classes de déclenchement 10, 20, 30 et 40 (voir Tableau 2) et pour les relais de surcharge pour lesquels un temps de déclenchement maximal supérieur à 40 s est spécifié (voir 5.7.3).

Il doit être vérifié que les relais et les déclencheurs fonctionnent conformément aux exigences du 8.2.1.5.1 avec tous les pôles chargés.

Les caractéristiques définies en 8.2.1.5.1 doivent être vérifiées à –5 °C, +20 °C et +40 °C. En outre, toute caractéristique temps-courant déclarée hors de la page comprise entre –5 °C et +40 °C doit être vérifiée aux températures minimale et maximale. Cependant, pour les relais ou déclencheurs déclarés compensés pour la température ambiante dont la plage de températures déclarée dans la documentation du produit est hors de celle donnée dans le Tableau 3, il n'est pas nécessaire de vérifier les caractéristiques à –5 °C et/ou +40 °C si, dans le cadre d'essais aux températures minimale et maximale déclarées, les valeurs correspondantes de courant de déclenchement sont à l'intérieur des limites spécifiées pour –5 °C et/ou +40 °C dans le Tableau 3.

Pour les relais de surcharge électroniques, l'essai de vérification de la mémoire thermique du 8.2.1.5.1.2 doit être effectué à +20 °C.

Les relais de surcharge thermiques ou électroniques tripolaires alimentés sur deux pôles seulement doivent être soumis à l'essai comme cela est indiqué en 8.2.1.5.2 sur toutes les combinaisons de pôles et, dans le cas des relais à courant de réglage ajustable, aux valeurs maximale et minimale du courant de réglage.

d) Relais de surcharge magnétiques instantanés

Chaque relais doit être soumis à l'essai séparément. Le courant qui traverse le relais doit être augmenté à une cadence qui permet une lecture précise. Les valeurs doivent être celles indiquées en 8.2.1.5.3.

e) Déclencheurs de court-circuit

Le 9.3.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

La température de l'air ambiant doit être mesurée comme pour les essais d'échauffement (voir 8.2.2). Un déclencheur séparé doit être monté comme dans les conditions normales de service. L'ensemble de l'ACPM doit être monté conformément au 8.2.2.

Pour les ACPM équipés de déclencheurs de court-circuit réglables, les essais doivent être réalisés:

- 1) au courant minimal de réglage; et
- 2) au courant maximal de réglage,

dans chaque cas avec des conducteurs qui correspondent au courant assigné d'emploi I_e .

En ce qui concerne les essais pour lesquels la caractéristique de déclenchement est indépendante de la température des bornes (déclencheurs électroniques de surcharge, déclencheurs magnétiques, par exemple), les données relatives au raccordement (type, section, longueur) peuvent être différentes de celles exigées en 9.3.3.3.4 de l'IEC 60947-1:2020.

Les essais peuvent être réalisés à toute tension convenable.

Le fonctionnement des déclencheurs de court-circuit doit être vérifié à 80 % et 120 % du courant de réglage de court-circuit du déclencheur. Les courants d'essai ne doivent pas présenter d'asymétrie.

À un courant d'essai dont la valeur est égale à 80 % du courant de réglage de court-circuit, le déclencheur ne doit pas fonctionner, le courant étant maintenu pendant 0,2 s.

À un courant d'essai dont la valeur est égale à 120 % du courant de réglage de court-circuit, le déclencheur doit fonctionner dans un délai de 0,2 s.

Pour les ACPM équipés d'un déclencheur électronique à maximum de courant, le fonctionnement des déclencheurs de court-circuit peut être vérifié par un seul essai sur chaque pôle individuellement.

Pour les ACPM équipés de déclencheurs électromagnétiques à maximum de courant, le fonctionnement des déclencheurs de court-circuit multipolaires doit être vérifié par un seul essai sur chaque combinaison de pôles biphasés en série. De plus, le fonctionnement des déclencheurs de court-circuit doit être vérifié une fois sur chaque pôle séparément, à 120 % soit de la valeur déclarée dans la documentation du produit pour les pôles individuels, soit du courant de réglage de court-circuit (si aucune valeur n'est déclarée pour les pôles individuels), valeur à laquelle ils doivent fonctionner dans un délai de 0,2 s.

f) Relais à minimum de courant

Les limites de fonctionnement doivent être vérifiées conformément au 8.2.1.5.4.1.

g) Relais à minimum de courant en commutation automatique

Les limites de fonctionnement doivent être vérifiées conformément au 8.2.1.5.4.2.

h) Relais de calage

Les limites de fonctionnement doivent être vérifiées conformément au 8.2.1.5.5.

Pour les relais de calage à détection de courant, la vérification doit être effectuée pour les valeurs minimale et maximale du courant de réglage et pour les temps d'inhibition de calage minimal et maximal (quatre réglages).

Pour les relais de calage qui fonctionnent conjointement avec un dispositif de détection de rotation, la vérification doit être effectuée pour les temps d'inhibition de calage minimal et maximal. Le capteur peut être simulé par un signal approprié sur l'entrée capteur du relais de calage.

i) Relais de blocage

Les limites de fonctionnement doivent être vérifiées conformément au 8.2.1.5.6.

La vérification doit être effectuée pour les valeurs minimale et maximale du courant de réglage et pour les temps d'inhibition de blocage minimal et maximal (quatre réglages).

Pour chacun des quatre réglages, l'essai doit être effectué dans les conditions suivantes:

- appliquer un courant d'essai égal à 95 % de la valeur du courant de réglage. Le relais de blocage ne doit pas déclencher;
- augmenter le courant d'essai à 120 % de la valeur du courant de réglage. Le relais de blocage doit déclencher conformément aux exigences indiquées en 8.2.1.5.6.

9.3.3.2.3 Vérification de la position du contact principal d'un démarreur à main et d'un ACPM apte au sectionnement

Pour un démarreur à main et un ACPM apte au sectionnement, un essai doit être réalisé pour vérifier l'efficacité de l'indication de la position du contact principal conformément au 9.2.6 de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Pour les démarreurs à main et ACPM conformes au présent document, dont la poignée de manœuvre tourne autour d'un axe, le terme "extrémité" employé en 9.2.6.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 correspond à la longueur maximale du bras de levier perpendiculaire à cet axe.

9.3.3.3 Échauffement

9.3.3.3.1 Température de l'air ambiant

Le 9.3.3.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.3.2 Mesurage de la température des organes

Le 9.3.3.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.3.3 Échauffement d'un organe

Le 9.3.3.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.3.4 Échauffement du circuit principal

Le 9.3.3.3.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec un conducteur d'essai en cuivre d'une section minimale de 1 mm^2 et avec les ajouts suivants.

Le circuit principal doit être chargé comme cela est indiqué en 8.2.2.5. Tous les circuits auxiliaires parcourus normalement par du courant doivent être alimentés au courant assigné d'emploi maximal (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 conforme au 5.7.4 et choisi comme suit:

- relais non réglable

Le courant de réglage doit être égal au courant d'emploi maximal 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 d'emploi maximal du démarreur, sans le dépasser;

L'essai doit être effectué avec le relais de surcharge dont le courant de réglage est le plus proche de la valeur maximale de son échelle.

NOTE 1 La méthode de sélection décrite ci-dessus est conçue pour assurer que l'échauffement des bornes pour câblage sur site du relais de surcharge et la puissance dissipée par le démarreur ne sont pas inférieurs à ceux qui se produisent avec une combinaison relais/contacteur quelconque. Si l'influence du relais de surcharge sur ces valeurs n'est pas significative (relais électroniques de surcharge), le courant d'essai peut toujours être le courant d'emploi maximal du démarreur.

Pour un matériel prévu pour la catégorie d'emploi AC-6b, le courant d'essai pour l'essai d'échauffement doit être égal à 1,35 fois I_e (courant capacitif assigné). I_e doit être calculé comme suit:

- $I_e = Q \text{ (var)} / U_e$ pour une valeur assignée monophasée, où U_e est la tension assignée minimale;
- $I_e = Q \text{ (var)} / (U_e \times \sqrt{3})$ pour une valeur assignée triphasée, où U_e est la tension assignée minimale.

NOTE 2 Ce calcul s'appuie sur un facteur thermique dû à la tolérance du condensateur (15 %) plus les effets d'harmonique.

L'essai doit être effectué avec une section de conducteur fondée sur 1,35 fois I_e (courant capacitif assigné).

9.3.3.3.5 Échauffement des circuits de commande

Le 9.3.3.3.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai du 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Échauffement des bobines et des électroaimants

Le 9.3.3.3.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

La bobine dont la consommation de puissance de maintien est la plus élevée à une fréquence donnée en courant alternatif ou en courant continu selon 9.3.3.2.1.2.2 est considérée comme représentative de toutes les bobines, pour le même contacteur, et doit être utilisée pour l'essai d'échauffement.

- a) Les électroaimants des contacteurs ou des démarreurs prévus pour un service ininterrompu ou un service de 8 h ne sont soumis qu'aux conditions spécifiées en 8.2.2.7.1, le circuit principal étant parcouru par le courant assigné correspondant pendant toute la durée de l'essai. L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai du 9.3.3.3.4.
- b) Les électroaimants des contacteurs ou des démarreurs prévus pour un service intermittent doivent être soumis à l'essai indiqué ci-dessus, ainsi qu'à l'essai spécifié en 8.2.2.7.2 pour leur classe de service, en l'absence de courant dans le circuit principal.
- c) Les enroulements spéciaux (pour service temporaire et périodique) doivent être soumis à l'essai comme cela est indiqué en 8.2.2.7.3, le circuit principal n'étant parcouru par aucun courant.

9.3.3.3.7 Échauffement des circuits auxiliaires

Le 9.3.3.3.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai du 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.8 Échauffement des résistances de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances

L'échauffement des résistances ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020, lorsque le démarreur fonctionne à son service assigné (voir 5.3.4) et selon ses caractéristiques de démarrage (voir 5.3.5.5.2).

Le courant qui traverse chaque section des résistances doit être équivalent d'un point de vue thermique au courant pendant la durée de démarrage quand le moteur commandé fonctionne avec le couple de démarrage maximal et la durée de démarrage qui correspond aux caractéristiques assignées du démarreur (voir 5.3.4 et 5.3.5.5.2). Dans la pratique, la valeur de courant I_m peut être utilisée.

Les manœuvres de démarrage doivent être espacées de façon égale dans le temps selon le nombre de démarrages par heure.

L'échauffement des enveloppes et de l'air à sa sortie ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Il est pratiquement impossible de soumettre à l'essai de performance des résistances de démarrage pour chaque combinaison de puissance de moteur et de tension et de courant rotoriques. Un nombre suffisant d'essais peut être réalisé pour démontrer, par interpolation ou par déduction, la conformité au présent document.

9.3.3.3.9 Échauffement de l'autotransformateur pour les démarreurs par autotransformateur à deux étapes

L'échauffement de l'autotransformateur ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 5 majorées de 15 K (voir 8.2.2) et celles spécifiées dans le Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020, lorsque le démarreur fonctionne à son service assigné (voir 5.3.4).

Le courant qui traverse chaque enroulement de l'autotransformateur doit être équivalent d'un point de vue thermique au courant transporté lorsque le moteur commandé fonctionne au courant maximal de démarrage et avec la durée de démarrage qui correspond aux caractéristiques assignées du démarreur (voir 5.3.5.5.4). Cette condition est par hypothèse remplie si le courant fourni par l'autotransformateur pendant la durée du démarrage est égal au courant maximal de démarrage spécifié en 5.3.5.5.3 multiplié par:

$$0,8 \times \frac{\text{tension de démarrage}}{U_e} \quad (\text{voir 5.3.1.4})$$

Les cycles de manœuvres doivent être espacés de façon égale dans le temps selon le nombre de démarrages par heure (voir 5.3.4.3).

En cas de deux cycles de manœuvres consécutifs (voir 5.3.4.3), l'échauffement de l'autotransformateur peut dépasser la valeur maximale fixée en 8.2.2, mais il ne doit en résulter aucun dommage pour l'autotransformateur.

Si l'autotransformateur possède plusieurs jeux de prises, l'essai doit être effectué sur les prises qui donnent lieu aux pertes de puissance les plus élevées dans le transformateur. Sa durée doit être suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante.

Afin de faciliter l'essai, des impédances connectées en étoile peuvent être utilisées à la place d'un moteur.

9.3.3.3.10 Échauffement des démarreurs déclarés comme étant adaptés à une utilisation en aval d'un module d'entraînement principal (MEP)

Pour les contacteurs ou démarreurs déclarés comme étant adaptés à une utilisation en aval d'un module d'entraînement principal (MEP), l'essai doit être effectué avec un module d'entraînement principal (MEP) conforme à l'IEC 61800-5-1 utilisé comme alimentation principale et selon les instructions d'installation du MEP pour limiter les ondes réfléchies. Le MEP doit fonctionner dans les conditions normales de fonctionnement, selon les conditions déclarées en 6.1.2 w). La pente de la tension assignée d'une impulsion est égale à la pente de la tension d'une impulsion avec la valeur dV/dt maximale mesurée de 10 % à 90 % de la tension de sortie du MEP. La méthode de mesure doit couvrir une bande passante au moins comprise entre 0 Hz et 100 kHz, mais pas inférieure à dix fois la fréquence maximale impulsionnelle de sortie du MEP.

9.3.3.4 Propriétés diélectriques

9.3.3.4.1 Essais de type

Le 9.3.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec ajout:

- des phrases suivantes, à la fin du point 1):
La feuille métallique doit être appliquée sur toutes les surfaces susceptibles d'être touchées par des personnes pendant le fonctionnement normal ou le réglage du matériel, et lorsque ces surfaces peuvent être aussi touchées avec le doigt d'épreuve normalisé.
La feuille métallique ne doit pas être appliquée pour la vérification de la tenue à fréquence industrielle après les essais de commutation et de court-circuit.
- de la phrase suivante, après le deuxième alinéa du point 2) b):
Les circuits d'un contacteur ou d'un démarreur qui comprennent des dispositifs qui ont été soumis à des tensions d'essai U_{imp} inférieures à celles spécifiées en 8.2.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 et en 9.3.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 peuvent être déconnectés pour l'essai, selon les instructions du fabricant.
- de la phrase suivante, après l'alinéa du point 2) c) ii):
Si le circuit de commande normalement raccordé au circuit principal est déconnecté (conformément au 9.3.3.4.1, point 2) b) de l'IEC 60947-1:2020), la méthode utilisée pour maintenir les contacts principaux fermés doit être indiquée dans le rapport d'essai.
- de la phrase suivante, à la fin de 9.3.3.4.1, point 8) de l'IEC 60947-1:2020:
Pour les appareils aptes au sectionnement, le courant de fuite doit être mesuré à travers chaque pôle, les contacts étant en position d'ouverture, à une tension d'essai de $1,1 U_e$ et ne doit pas dépasser 0,5 mA.

La vérification de la tension de tenue aux chocs entre les contacts ouverts n'est pas exigée pour les appareils non aptes au sectionnement (voir 9.3.3.4.1, point 2) c) iv) de l'IEC 60947-1:2020).

9.3.3.4.2 Vacant**9.3.3.4.3 Vacant****9.3.3.4.4 Vacant****9.3.3.4.5 Isolation solide soumise à une contrainte de tension de crête répétitive**

Si cela est applicable selon 8.1.4, un essai de décharge partielle doit être réalisé dans les conditions d'essai de l'essai de type exigé dans l'IEC 61800-5-1.

9.3.3.5 Pouvoirs de fermeture et de coupure**9.3.3.5.1 Conditions générales pour les essais**

Le 9.3.3.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les essais doivent être effectués dans les conditions de fonctionnement indiquées dans le Tableau 7, sans défaillance (voir 9.3.3.5.5 f).

Pour un contacteur, la tension d'alimentation de commande doit être égale à 100 % de U_s excepté que, pour l'essai d'établissement seul dans le cas des catégories d'emploi AC-3, AC-3e et AC-4, la tension d'alimentation de commande doit être égale à 110 % de U_s pour la moitié des cycles de manœuvres et à 85 % de U_s pour l'autre moitié.

Les connexions au circuit principal doivent être semblables à celles qu'il est prévu d'utiliser lorsque le contacteur ou le démarreur est en service avec la section indiquée dans le Tableau 9, avec une section minimale de 1 mm², dans le Tableau 10 et dans le Tableau 11 de l'IEC 60947-1:2020 pour une catégorie d'emploi. En cas de nécessité ou pour des raisons de commodité, les circuits de commande et les circuits auxiliaires, et en particulier la bobine du contacteur ou du démarreur, peuvent être alimentés par une source indépendante. Une telle source doit fournir le même type de courant et la même tension que ceux spécifiés pour les conditions de service.

Le relais de surcharge et le DPCC du démarreur peuvent être court-circuités pour les essais des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure.

9.3.3.5.2 Circuit d'essai

Le 9.3.3.5.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.5.3 Caractéristique de la tension transitoire de rétablissement

Le 9.3.3.5.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique aux catégories d'emploi AC-2, AC-3, AC-3e, AC-4, AC-8a et AC-8b (voir Tableau 7).

Il n'est pas nécessaire d'ajuster le facteur γ ni la fréquence d'oscillation pour les essais relatifs au seul pouvoir de fermeture (AC-3, AC-3e et AC-4).

9.3.3.5.4 Vacant

9.3.3.5.5 Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure

Si le contacteur d'un démarreur a satisfait séparément aux exigences du point a) ci-après pour la catégorie d'emploi du démarreur, il n'est pas nécessaire de soumettre le démarreur à l'essai.

a) Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure des contacteurs

Le contacteur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 7. Voir également le point d) ci-après pour les contacteurs-inverseurs.

Les contacteurs des catégories d'emploi AC-3, AC-3e et AC-4 doivent être soumis à 50 manœuvres de fermeture seule suivies de 50 manœuvres de fermeture et de coupure.

b) Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure des démarreurs directs, des démarreurs-inverseurs (AC-3 et AC-3e) et des appareils de connexion du stator des démarreurs rotoriques à résistances (AC-2)

Le démarreur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 7.

Les démarreurs des catégories d'emploi AC-3 et AC-3e doivent être soumis à 50 manœuvres de fermeture seule suivies de 50 manœuvres de fermeture et de coupure.

c) Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure et aptitude à la commutation des démarreurs étoile-triangle (AC-3 et AC-3e) et des démarreurs par autotransformateur à deux étapes (AC-3 et AC-3e)

Le démarreur doit établir et couper les courants qui correspondent à sa catégorie d'emploi indiqués dans le Tableau 7.

Les démarreurs doivent d'abord être soumis, en position de démarrage et en position MARCHE ou triangle, à 50 manœuvres de fermeture seule, le courant étant coupé par un appareil de connexion distinct.

Le démarreur doit être ensuite soumis à 50 manœuvres de fermeture et de coupure. Chaque cycle de manœuvres doit comprendre les séquences suivantes:

- établir le courant en position de démarrage ou en position étoile;
- couper le courant en position de démarrage ou en position étoile;
- établir le courant en position MARCHE ou en position triangle;
- couper le courant en position MARCHE ou en position triangle;
- période de repos.

Le circuit de charge doit être raccordé au démarreur de la même façon que les enroulements d'un moteur. Le courant assigné d'emploi du démarreur (I_e) est le courant en position MARCHE ou en position triangle.

NOTE Dans le cas des démarreurs étoile-triangle, il est important de mesurer les courants d'essai en étoile et en triangle, car l'impédance de l'alimentation a un effet significatif sur le rapport de transformation.

Lorsqu'un transformateur présente plusieurs tensions de sortie, il doit être connecté de manière à fournir la tension de démarrage la plus élevée.

La durée à l'état passant du courant en position de démarrage et en position MARCHE et la durée à l'état non passant doivent être celles indiquées dans le Tableau 7.

d) Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure du démarreur direct à inversion de marche ou fréquentes marches par à-coups (AC-4)

Les démarreurs doivent pouvoir établir et couper les courants donnés dans le Tableau 7.

En premier lieu, 50 manœuvres de fermeture seule doivent être réalisées, le courant étant coupé par un appareil de connexion distinct, suivies de 50 manœuvres de fermeture et d'ouverture.

Le circuit de charge doit être raccordé au démarreur de la même façon que les enroulements d'un moteur.

Pour les démarreurs qui comprennent deux contacteurs, deux contacteurs A et B doivent être utilisés et raccordés comme dans une application normale. Chaque séquence de 50 manœuvres doit être:

fermeture de A – ouverture de A – fermeture de B –
ouverture de B – période de repos

La commutation de l'ouverture de A à la fermeture de B doit être effectuée aussi vite que le permet le système normal de commande.

Les dispositifs de verrouillage mécanique ou électrique dont le démarreur est équipé ou qui sont prévus pour associer des contacteurs comme dispositifs inverseurs doivent être utilisés.

Si la disposition du circuit d'inversion de sens de marche est telle que les deux contacteurs peuvent être mis simultanément sous tension, dix séquences supplémentaires doivent être réalisées en mettant les deux contacteurs sous tension simultanément.

- e) Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure des appareils de connexion du rotor d'un démarreur rotorique à résistances

La vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure des appareils de connexion du rotor doit être effectuée comme cela est indiqué en 9.3.3.5.5 b) pour la catégorie AC-2 où $I_e = I_{er}$, valeur maximale du courant assigné rotorique pour lequel le démarreur est prévu. $U_e = U_{er}$ (tension assignée d'emploi du rotor), U/U_e devant être égal à 0,8. Le facteur de puissance doit être égal à 0,95. Les résistances de démarrage peuvent être déconnectées pour ces essais et, pour les démarreurs à plus de deux étapes, l'essai doit être effectué sur chaque appareil de connexion à tour de rôle. Étant donné que les appareils de connexion du rotor ne coupent ni n'établissent le courant à la pleine tension rotorique dans le cas des démarreurs à plus de deux étapes, la tension pour ces essais peut être réduite dans le rapport:

$$\frac{\text{Résistance de démarrage commutée}}{\text{Résistance de démarrage totale}}$$

Si un démarreur est connecté de telle sorte que l'interrupteur du stator ouvre le circuit avant l'ouverture des appareils de connexion du rotor, il n'est pas nécessaire de vérifier le pouvoir de coupure.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à un nouvel essai les appareils de connexion du rotor qui ont déjà satisfait aux exigences qui correspondent à celles indiquées ci-dessus.

- f) Comportement et état du contacteur ou du démarreur pendant et après les essais de pouvoir de fermeture et de coupure, de commutation et d'inversion de marche

Au cours des essais effectués dans les limites des pouvoirs spécifiés de coupure et de fermeture du 9.3.3.5 et pendant la vérification du fonctionnement conventionnel en service du 9.3.3.6.1 au 9.3.3.6.6, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre pôles, ni fusion de l'élément fusible inséré dans le circuit de terre (voir 9.3.3.5.2), ni soudure des contacts.

Les contacts doivent fonctionner lorsque le contacteur ou le démarreur est manœuvré selon le mode de commande applicable.

9.3.3.6 Aptitude au fonctionnement en service

9.3.3.6.1 Généralités

Le 9.3.3.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les essais relatifs à la vérification du fonctionnement conventionnel en service sont destinés à vérifier qu'un contacteur ou démarreur est en mesure de satisfaire aux exigences du Tableau 10.

Les connexions au circuit principal doivent être semblables à celles qu'il est prévu d'utiliser lorsque le contacteur ou le démarreur est en service avec la section indiquée dans le Tableau 9, avec une section minimale de 1 mm², dans le Tableau 10 et dans le Tableau 11 de l'IEC 60947-1:2020 pour une catégorie d'emploi.

Le relais de surcharge et le DPCC du démarreur peuvent être court-circuités pour les besoins de ces essais.

Le circuit d'essai mentionné en 9.3.3.5.2 est applicable et la charge doit être accordée conformément au 9.3.3.5.3.

La tension de commande doit être égale à 100 % de la tension d'alimentation assignée du circuit de commande.

Si le contacteur d'un démarreur a satisfait séparément aux exigences du 9.3.3.6.1 pour la catégorie d'emploi du démarreur, il n'est pas nécessaire de soumettre ce dernier à l'essai.

9.3.3.6.2 Fonctionnement conventionnel en service des contacteurs

Le contacteur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 10. Voir également 9.3.3.6.5.

9.3.3.6.3 Fonctionnement conventionnel en service des démarreurs directs, des démarreurs-inverseurs (AC-3, AC-3e) et des appareils de connexion du stator des démarreurs rotoriques à résistances (AC-2)

Le démarreur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 10.

9.3.3.6.4 Fonctionnement conventionnel en service des démarreurs étoile-triangle (AC-3, AC-3e) et des démarreurs par autotransformateur à deux étapes (AC-3, AC-3e)

Le démarreur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 10.

La procédure d'essai doit être celle établie en 9.3.3.5.5, point c), à l'exception des 50 manœuvres de fermeture seule qui ne sont pas réalisées.

9.3.3.6.5 Fonctionnement conventionnel en service du démarreur direct à inversion de marche ou fréquentes marches par à-coups (AC-4)

Le démarreur doit établir et couper le courant qui correspond à sa catégorie d'emploi pour le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans le Tableau 10.

La procédure d'essai doit être celle établie en 9.3.3.5.5, point d), à l'exception des 50 manœuvres de fermeture seule et des 10 séquences supplémentaires de mise simultanée sous tension qui ne sont pas réalisées.

9.3.3.6.6 Fonctionnement conventionnel en service des appareils de connexion du rotor d'un démarreur rotorique à résistances

Le fonctionnement conventionnel en service des appareils de connexion du rotor doit être vérifié conformément au 9.3.3.6.1 pour la catégorie AC-2 indiquée dans le Tableau 10.

La procédure d'essai doit être celle indiquée en 9.3.3.5.5, point e).

9.3.3.6.7 Comportement du contacteur ou du démarreur pendant les essais de fonctionnement conventionnel en service et état du contacteur ou du démarreur après les essais

Les exigences du 9.3.3.5.5, point f), doivent être respectées, puis la tenue à fréquence industrielle selon 9.3.3.4.1, point 4), de l'IEC 60947-1:2020 doit être vérifiée.

Pour le matériel apte au sectionnement, le courant de fuite doit être mesuré à travers chaque pôle, les contacts étant en position d'ouverture, à une tension d'essai de $1,1 U_e$ et ne doit pas dépasser 2 mA.

Pour le matériel équipé de contacts miroirs, l'essai supplémentaire du F.6.3 doit être effectué.

9.3.4 Fonctionnement en court-circuit

9.3.4.1 Conditions générales pour les essais de court-circuit

9.3.4.1.1 Exigences générales pour les essais de court-circuit

Le présent paragraphe spécifie les conditions d'essai pour vérifier la satisfaction aux exigences du 8.2.5.1. Les exigences particulières concernant la procédure d'essai, les séquences d'essais, l'état du matériel après les essais et les types de coordinations sont données en 9.3.4.1 et 9.3.4.2.

Les exigences d'essai de court-circuit d'un ACPM sont données en 8.2.4.7.

Le 9.3.4.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec la modification suivante.

Si les appareils soumis à l'essai à l'air libre peuvent aussi être utilisés dans des enveloppes individuelles, ils doivent également être soumis à l'essai dans la plus petite de ces enveloppes indiquée dans la documentation du produit. Pour les appareils qui sont soumis à l'essai seulement à l'air libre, des informations doivent être fournies pour indiquer qu'ils n'ont pas été évalués pour une utilisation dans une enveloppe individuelle.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue et dimensionnée pour contenir un seul appareil (démarreur, etc.).

L'enveloppe individuelle doit être conforme à la documentation du produit. Si plusieurs options d'enveloppes sont proposées, l'enveloppe individuelle dont le volume est le plus petit doit être utilisée.

NOTE 2 En Amérique du Nord, les appareils ouverts sont soumis à l'essai dans une enveloppe de dimensions égales à 150 % de celles de l'appareil lorsqu'aucune enveloppe n'est spécifiée dans la documentation du produit.

Les ensembles déplaçables et fixes sous enveloppe doivent être soumis à l'essai selon la partie applicable de la série IEC 61439.

9.3.4.1.2 Circuit d'essai pour la vérification des caractéristiques assignées en court-circuit

Le 9.3.4.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, à l'exception de la coordination de type "1", pour laquelle l'élément fusible F et la résistance R_L sont remplacés par un fil solide de 6 mm^2 de section et de 1,2 m à 1,8 m de longueur, raccordé au neutre ou, sous réserve de l'accord du fabricant, à l'un des pôles. En cas de raccordement polaire, le pôle doit être alterné pour les essais consécutifs de la séquence d'essais.

NOTE Cette section de fil plus élevée ne fait pas office de détecteur, mais sert à l'établissement d'une condition de "mise à la terre" qui permet d'évaluer les dommages.

9.3.4.1.3 Facteur de puissance du circuit d'essai

Le 9.3.4.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

Si le Tableau 14 est utilisé, le facteur de puissance y est indiqué.

9.3.4.1.4 Constante de temps du circuit d'essai

Le 9.3.4.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.4.1.5 Étalonnage du circuit d'essai

Le 9.3.4.1.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.4.1.6 Procédure d'essai

Le 9.3.4.1.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le contacteur ou le démarreur et son DPCC associé, ou le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé, doivent être montés et raccordés comme en utilisation normale avec la section indiquée dans le Tableau 9, avec une section minimale de 1 mm^2 , dans le Tableau 10 et dans le Tableau 11 de l'IEC 60947-1:2020 pour une catégorie d'emploi. Ils doivent être reliés au circuit d'essai par un câble qui correspond au courant d'emploi du démarreur d'une longueur maximale de 2,4 m pour chaque circuit principal.

Les essais triphasés sont considérés comme étant valables pour les applications monophasées.

9.3.4.1.7 Vacant

9.3.4.1.8 Interprétation des enregistrements

Le 9.3.4.1.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.4.2 Courant de court-circuit conditionnel des contacteurs, des démarreurs, des combinés de démarrage, des combinés d'appareils de connexion, des démarreurs protégés et des appareils de connexion protégés

9.3.4.2.1 Exigences générales pour les essais de courant de court-circuit conditionnel

Le contacteur ou le démarreur et le DPCC associé, ou le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé, doivent être soumis aux essais du 9.3.4.2.2 et du 9.3.4.2.3. Les essais doivent être réalisés de manière à couvrir les conditions du courant maximal du moteur I_e et de la tension maximale U_e .

Pour un contacteur ou un démarreur à commande électromagnétique, l'électroaimant doit être maintenu fermé par une alimentation électrique distincte, à la tension d'alimentation assignée du circuit de commande U_s . Le DPCC utilisé doit être conforme au 8.2.5.1. Si le DPCC est un disjoncteur ou un ACPM à courant de réglage ajustable, l'essai doit être effectué avec les valeurs de réglage maximales du disjoncteur ou de l'ACPM pour le type de coordination et la sélectivité déclarés.

Au cours de l'essai, toutes les ouvertures de l'enveloppe doivent être fermées comme en service normal et la porte ou le couvercle fermé par les moyens prévus.

Un démarreur qui couvre une plage de valeurs assignées de moteurs et équipé de relais de surcharge interchangeables doit être soumis à l'essai avec le relais de surcharge qui présente l'impédance la plus élevée et avec celui qui présente l'impédance la plus faible, avec les DPCC correspondants.

Pour la coordination de type "1", un nouvel échantillon d'essai peut être utilisé pour chacune des manœuvres prévues en 9.3.4.2.2 et 9.3.4.2.3.

Pour la coordination de type "2", un seul échantillon doit être utilisé pour les essais au courant présumé conventionnel " r " (voir 9.3.4.2.2) et un seul échantillon pour les essais au courant I_q (voir 9.3.4.2.3).

Avec l'accord du fabricant, les essais aux courants r et I_q peuvent être effectués sur le même échantillon.

9.3.4.2.2 Essai au courant présumé conventionnel " r "

Le circuit doit être réglé au courant d'essai présumé qui correspond au courant assigné d'emploi I_e conformément au Tableau 13 ou, de préférence, au Tableau 14, selon ce qui est déclaré dans la documentation du produit. Les deux tableaux sont considérés pour le matériel comme satisfaisant de manière équivalente au présent document.

Le contacteur ou le démarreur et le DPCC associé, ou le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé, doivent ensuite être reliés dans le circuit. La séquence de manœuvres suivante doit être effectuée:

- une manœuvre de coupure du DPCC doit être effectuée, tous les appareils de connexion étant fermés avant l'essai (fonctionnement "O");
- une manœuvre de coupure du DPCC doit être effectuée par la fermeture du contacteur ou du démarreur sur le court-circuit (fonctionnement "CO").

Tableau 13 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi

Courant assigné d'emploi I_e ^a	Courant présumé conventionnel " r "
A	kA
$I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\,000$	30
$1\,000 < I_e \leq 1\,600$	42
$1\,600 < I_e$	Points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur

^a Le courant assigné d'emploi correspond à la catégorie d'emploi de moteur, de préférence AC-3. Lorsqu'il n'est pas attribué de catégorie d'emploi de moteur AC-2, AC-3, AC-3e ou AC-4 au contacteur ou démarreur, le courant présumé conventionnel " r " doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Tableau 14 – Valeur du courant d'essai présumé conventionnel en fonction du courant assigné d'emploi (tableau harmonisé)

Courant assigné d'emploi $I_e^{a, e}$ A	Courant présumé conventionnel " r " kA ^f	Facteur de puissance
$I_e \leq 12$	1	0,7 à 0,8
$12 < I_e \leq 50^b$	3	0,7 à 0,8
$50 < I_e \leq 100^c$	5	0,7 à 0,8
$100 < I_e \leq 250^d$	10	0,5 à 0,7
$250 < I_e \leq 500$	18	0,2 à 0,3
$500 < I_e \leq 800$	30	0,2 à 0,3
$800 < I_e \leq 1\,300$	42	0,2 à 0,3
$1\,300 < I_e$	Points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.	0,2 à 0,3

NOTE Le Tableau 14 a été ajouté à des fins d'harmonisation avec l'UL 60947-4-1 et équivaut à l'UL 60947-4-1.

^a Le courant assigné d'emploi correspond à une catégorie d'emploi de moteur, de préférence AC-3. Lorsqu'il n'est pas attribué de catégorie d'emploi de moteur AC-2, AC-3, AC-3e ou AC-4 au contacteur ou démarreur, le courant présumé conventionnel " r " doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

^b à 690 V et au-dessus: $12 < I_e \leq 63$.

^c à 690 V et au-dessus: $63 < I_e \leq 125$.

^d à 690 V et au-dessus: $125 < I_e \leq 250$.

^e En Amérique du Nord, le courant assigné d'emploi peut être marqué "motor full load current" (courant à pleine charge du moteur).

^f En Amérique du Nord, le courant présumé conventionnel " r " est appelé "standard fault current" (courant de défaut normalisé).

9.3.4.2.3 Essai au courant assigné de court-circuit conditionnel I_q

NOTE Cet essai est réalisé si le courant I_q est supérieur au courant " r ".

Le circuit doit être réglé au courant présumé de court-circuit I_q égal au courant assigné de court-circuit conditionnel.

Si le DPCC est un fusible et si le courant d'essai se situe dans les limites de la plage de limitation de courant du fusible, le fusible doit alors être, si possible, choisi pour admettre le courant coupé limité maximal (I_p) et l'énergie maximale du courant coupé limité (I^2t). La référence du fusible doit être incluse dans le rapport d'essai.

Le contacteur ou le démarreur et le DPCC associé, ou le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé, doivent ensuite être reliés au circuit.

La séquence de manœuvres suivante doit être effectuée:

- une manœuvre de coupure du DPCC doit être effectuée, tous les appareils de connexion étant fermés (fonctionnement "O") avant l'essai;
- une manœuvre de coupure du DPCC doit être effectuée par la fermeture (fonctionnement "CO") du contacteur ou du démarreur sur le court-circuit;

- c) dans le cas d'un combiné de démarrage ou d'un démarreur protégé avec appareil de connexion du DPCC qui a un pouvoir de coupure en court-circuit ou un courant assigné de court-circuit conditionnel inférieur au courant assigné de court-circuit conditionnel du combiné de démarrage ou du démarreur protégé, l'essai supplémentaire suivant doit être effectué. Une manœuvre de coupure du DPCC doit être effectuée par la fermeture (fonctionnement "CO") de l'appareil de connexion (interrupteur ou disjoncteur) sur le court-circuit, le contacteur ou le démarreur étant déjà fermés. Cette manœuvre peut être effectuée sur un nouvel échantillon (démarreur ou DPCC) ou sur le premier échantillon sous réserve de l'accord du fabricant. Après cette manœuvre, seules les conditions a) à g) du 9.3.4.2.4 doivent être vérifiées.

9.3.4.2.4 Résultats à obtenir

Le contacteur, le démarreur, ou le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé doivent être considérés comme ayant satisfait aux essais au courant présumé conventionnel " I_r " et, le cas échéant, au courant conditionnel I_Q , si les conditions suivantes sont remplies pour le type de coordination annoncé.

Pour les deux types de coordinations (tous les appareils):

- a) le courant de défaut a été interrompu de façon satisfaisante par le DPCC, le combiné de démarrage ou le combiné d'appareils de connexion, et le fusible ou l'élément fusible ou le raccordement solide placé entre l'enveloppe et l'alimentation ne devant pas avoir fondu;
- b) la porte ou le couvercle de l'enveloppe n'ont pas été ouverts par soufflage et il est possible de les ouvrir. Une déformation de l'enveloppe est acceptable à condition que le degré de protection de l'enveloppe ne soit pas inférieur à IP2X;
- c) aucun dommage n'a été causé à un conducteur ou à une borne et aucun conducteur n'a été séparé de sa borne;
- d) aucune craquelure ou cassure d'un socle isolant susceptible de compromettre l'intégrité du montage d'une partie active ne s'est produite.

Pour les deux types de coordinations (combinés de démarrage, combinés d'appareils de connexion, démarreurs protégés et appareils de connexion protégés seulement):

- e) le disjoncteur, l'ACPM ou l'interrupteur est en mesure d'être ouvert à la main par les organes de manœuvre;
- f) aucune extrémité du DPCC n'est totalement détachée de ses moyens de montage vers une partie conductrice accessible;
- g) si un disjoncteur ou un ACPM dont le pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné est inférieur au courant assigné de court-circuit conditionnel du combiné de démarrage, du combiné d'appareils de connexion, du démarreur protégé ou de l'appareil de connexion protégé est utilisé, le disjoncteur doit être soumis aux essais de déclenchement comme suit:
 - 1) disjoncteurs ou ACPM à relais ou déclencheurs instantanés: à 120 % du courant de déclenchement;
 - 2) disjoncteurs ou ACPM à relais ou déclencheurs de surcharge: à 250 % du courant assigné du disjoncteur.

Coordination de type "1" (tous les appareils):

- h) aucune décharge n'a eu lieu au-delà de l'enveloppe. Les dommages causés au contacteur et au relais de surcharge sont acceptables. Un démarreur, autre que l'ACPM, peut ne pas être en état de fonctionnement après chaque manœuvre. Le démarreur doit donc être examiné et le contacteur et/ou le relais de surcharge et le déclencheur du disjoncteur doivent être réarmés si nécessaire et, dans le cas d'une protection par fusible, tous les éléments de remplacement doivent être changés.

Coordination de type "1" (combinés de démarrage et démarreurs protégés seulement):

- i) après chaque manœuvre (aux courants " I_r " et " I_q "), il est vérifié que l'isolation conformément au 9.3.3.4.1, point 4) de l'IEC 60947-1:2020 est suffisante par un essai diélectrique sur l'appareil à l'essai complet (DPCC plus contacteur/démarreur, mais avant le remplacement des pièces) en utilisant une tension de tenue à fréquence industrielle égale à deux fois la tension assignée d'emploi U_e , mais pas inférieure à 1 000 V. La tension d'essai doit être appliquée aux bornes d'entrée de l'alimentation, l'interrupteur ou le disjoncteur étant en position d'ouverture, de la manière suivante:
- entre chaque pôle et tous les autres pôles reliés au bâti du démarreur;
 - entre toutes les parties actives de tous les pôles reliées entre elles et le bâti du démarreur;
 - entre les bornes côté ligne reliées entre elles et les bornes de l'autre côté reliées entre elles.

Pour le matériel apte au sectionnement, le courant de fuite doit être mesuré à travers chaque pôle, les contacts étant en position d'ouverture, à une tension d'essai de $1,1 U_e$ et ne doit pas dépasser 6 mA.

Coordination de type "2" (tous les appareils):

- j) aucun dommage n'a été causé au relais de surcharge ou à d'autres organes, excepté que la soudure des contacts du contacteur ou du démarreur autre que l'ACPM est admise, s'ils sont facilement séparés (par plusieurs mises sous tension de la bobine du contacteur, par déplacement des organes de manœuvre ou à l'aide d'un outil comme un tournevis pour séparer le contact soudé conformément à la documentation du produit, par exemple) sans déformation significative (sans compromettre l'isolement du contacteur selon d) et i)), mais aucun remplacement d'organes n'est admis au cours de l'essai, sauf dans le cas de protection par fusibles, tous les éléments de remplacement devant alors être changés.

Dans le cas de contacts soudés comme cela est décrit ci-dessus, le fonctionnement de l'appareil doit être vérifié en effectuant 10 cycles de manœuvres dans les conditions du Tableau 10 pour la catégorie d'emploi applicable;

- k) le déclenchement du relais de surcharge doit être vérifié à un multiple du courant de réglage et doit être conforme aux caractéristiques de déclenchement annoncées selon 5.7.5, aussi bien avant qu'après l'essai de court-circuit;
- l) il doit être vérifié que l'isolation conformément au 9.3.3.4.1, point 4) de l'IEC 60947-1:2020 est suffisante par un essai diélectrique sur le contacteur, le démarreur, le combiné de démarrage, le combiné d'appareils de connexion, le démarreur protégé ou l'appareil de connexion protégé, en utilisant une tension de tenue à fréquence industrielle égale à deux fois la tension assignée d'emploi U_e , mais pas inférieure à 1 000 V.

Dans le cas de combinés de démarrage, de combinés d'appareils de connexion, de démarreurs protégés et d'appareils de connexion protégés, des essais supplémentaires selon 9.3.3.4.1, point 4) de l'IEC 60947-1:2020 doivent être effectués entre les pôles principaux de l'appareil, les contacts de l'interrupteur, du disjoncteur ou de l'ACPM étant ouverts et ceux du démarreur étant fermés.

Pour le matériel apte au sectionnement, le courant de fuite doit être mesuré à travers chaque pôle, les contacts étant en position d'ouverture, à une tension d'essai de $1,1 U_e$ et ne doit pas dépasser 2 mA.

Les éléments de remplacement, le cas échéant, sont court-circuités.

9.3.4.3 Procédure d'essai de coordination AC-3e

Les conditions d'essai du 9.3.3.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent avec les ajouts suivants.

- Procédure d'essai: le contacteur ou le démarreur doit couper le courant d'essai (I_{cd}) pour le nombre de cycles de manœuvres donné dans le Tableau 15. Cela est réalisé sans le DPCC dans le circuit.

Tableau 15 – Procédure d'essai pour I_{cd}

	U_r/U_e	$\cos \phi$	Durée à l'état passant ^b s	Durée à l'état non passant s	Nombre de manœuvres
I_{cd}	1,05	a	0,05	c	3
^a Facteur de puissance à déterminer selon le Tableau 16 de l'IEC 60947-1:2020. ^b La durée peut être inférieure à 0,05 s, à condition que les contacts puissent être convenablement positionnés avant réouverture. ^c Voir Tableau 8.					

- Comportement des contacteurs ou démarreurs pendant et après l'essai de I_{cd} :
 - a) au cours de l'essai, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre pôles, ni fusion de l'élément fusible inséré dans le circuit de terre (voir 9.3.3.5.2), ni soudure des contacts;
 - b) après l'essai:
 - 1) les contacts doivent fonctionner correctement lorsque le contacteur ou le démarreur est manœuvré par le mode de commande approprié;
 - 2) les propriétés diélectriques des contacteurs et des démarreurs doivent être vérifiées par un essai diélectrique sur le contacteur ou le démarreur avec une tension d'essai essentiellement sinusoïdale égale à deux fois la tension assignée d'emploi U_e utilisée pour l'essai de I_{cd} , avec une valeur minimale de 1 000 V. La tension d'essai doit être appliquée conformément au 9.3.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020, point 4).

9.3.5 Capacité de tenue des contacteurs et des ACPIM aux courants de surcharge

Pour l'essai, le contacteur ou l'ACPIM doit être monté, câblé et manœuvré comme cela est spécifié en 9.3.2.

Tous les pôles du matériel sont soumis simultanément à un essai, avec les valeurs de courant de surcharge et de durée spécifiées en 8.2.4.4. L'essai est réalisé à toute tension convenable et commence avec le matériel à température ambiante.

Après l'essai, le matériel doit se trouver pratiquement dans les mêmes conditions qu'avant l'essai. Cela est vérifié par un examen visuel.

NOTE La valeur de I^2t (intégrale de Joule) calculée d'après cet essai ne peut être utilisée pour estimer les performances du matériel dans les conditions de court-circuit.

9.3.6 Essais individuels de série et essais sur prélèvement

9.3.6.1 Généralités

Les essais doivent être effectués dans des conditions identiques ou équivalentes à celles spécifiées pour les essais de type dans les parties correspondantes du 9.1.2. Cependant, les limites de fonctionnement du 9.3.3.2 peuvent être vérifiées à la température de l'air ambiant qui prévaut et sur le relais de surcharge seulement, mais une correction peut être appliquée pour se rapporter aux conditions ambiantes normales.

Si les appareils sont soumis à l'essai séparément, leur combinaison doit être soumise à l'essai diélectrique et à d'autres essais de fonctionnement appropriés. Cependant, si la combinaison est réalisée à partir de systèmes de connexion ou d'auxiliaires déjà soumis à l'essai, un essai diélectrique supplémentaire n'est pas nécessaire.

9.3.6.2 Fonctionnement et limites de fonctionnement

En ce qui concerne les contacteurs ou les démarreurs électromagnétiques, pneumatiques et électropneumatiques, des essais sont effectués pour vérifier le fonctionnement dans les limites spécifiées en 8.2.1.2.

Pour les démarreurs à main, des essais sont effectués pour vérifier le bon fonctionnement du démarreur. Le fonctionnement manuel de l'ACPM doit être vérifié selon 9.3.6.4.

L'étalonnage du déclencheur de court-circuit d'un ACPM doit être vérifié selon 9.3.6.5.

NOTE 1 Il n'est pas nécessaire d'atteindre l'équilibre thermique au cours de ces essais. L'absence d'équilibre thermique peut être compensée par l'utilisation d'une résistance en série ou par une diminution appropriée de la limite de tension.

Des essais doivent être effectués pour vérifier l'étalonnage des relais. Dans le cas d'un relais de surcharge à retard, il peut s'agir d'un seul essai avec la même charge sur tous les pôles, à un multiple du courant de réglage, afin de vérifier que le temps de déclenchement correspond (dans la limite des tolérances) aux courbes fournies dans la documentation du produit. Dans le cas d'un relais de surcharge magnétique instantané, l'essai doit être effectué à 1,1 fois le courant de réglage. Pour les relais à minimum de courant, les relais de calage et les relais de blocage, les essais doivent être effectués afin de vérifier leur bon fonctionnement (voir 8.2.1.5.4, 8.2.1.5.5 et 8.2.1.5.6).

NOTE 2 Dans le cas d'un relais de surcharge magnétique à fonctionnement différé qui comprend un dispositif à action différée avec amortisseur à fluide, l'étalonnage peut être effectué avec l'amortisseur vide, à un pourcentage du courant de réglage indiqué par le fabricant et en mesure d'être justifié par un essai spécial.

9.3.6.3 Essais diélectriques

9.3.6.3.1 Généralités

Le 9.3.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Dans le cas d'un démarreur rotorique à résistances, tous les pôles des appareils de connexion du rotor sont normalement reliés par l'intermédiaire de résistances de démarrage. Par conséquent, l'essai diélectrique est limité à l'application de la tension d'essai entre le circuit du rotor et le bâti du démarreur.

L'utilisation d'une feuille métallique n'est pas nécessaire.

NOTE L'essai combiné du 9.3.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 est possible.

9.3.6.3.2 Essai individuel de série à fréquence industrielle pour les appareils qui incluent des composants de limitation de tension

L'appareil qui inclut des composants de limitation de tension doit être soumis à l'essai selon la séquence a) à b) suivante:

a) application de la tension d'essai

L'essai doit être réalisé conformément au 9.3.3.4.2 2) de l'IEC 60947-1:2020. La valeur de la tension d'essai doit être la valeur efficace U_V (tension d'emploi maximale des composants de limitation de tension) ou la valeur maximale en courant continu U_V des composants de limitation de tension avec une tolérance de -10 %.

Critère d'acceptation: Le relais à maximum de courant de l'appareil d'essai ne doit pas déclencher (limite inférieure de déclenchement);

b) vérification du bon fonctionnement des composants de limitation de tension

L'essai doit être réalisé conformément au 9.3.3.4.2 2) de l'IEC 60947-1:2020. La valeur de la tension d'essai doit être choisie de façon à générer un courant entre la limite supérieure de déclenchement et la limite inférieure de déclenchement de l'appareil d'essai.

Critère d'acceptation: Le courant doit être compris entre a) et b) et le composant de limitation de tension ne doit pas être endommagé.

NOTE L'objectif principal de cet essai est de vérifier le bon fonctionnement du composant de limitation de tension.

9.3.6.4 Essais de fonctionnement mécanique d'un ACPM

Les essais suivants doivent être réalisés sans courant dans le circuit principal, sauf lorsque cela est exigé pour le fonctionnement des déclencheurs. Pendant les essais, aucun réglage ne doit être effectué et le fonctionnement doit être satisfaisant.

Les essais suivants doivent être réalisés:

- deux manœuvres de fermeture-ouverture;
- deux manœuvres à déclenchement libre.

NOTE Pour la définition d'un appareil mécanique de connexion à déclenchement libre, voir 3.6.24 de l'IEC 60947-1:2020.

9.3.6.5 Vérification de l'étalonnage du déclencheur de court-circuit d'un ACPM

La vérification de l'étalonnage des déclencheurs instantanés de court-circuit doit permettre de vérifier l'absence de fonctionnement et le fonctionnement des déclencheurs aux valeurs de courant données en 9.3.3.2.2 e) sans exiger de mesurage de la durée de coupure.

Les essais peuvent être réalisés en chargeant deux pôles en série avec le courant d'essai, en utilisant toutes les combinaisons possibles de pôles qui ont des déclencheurs ou en chargeant individuellement chaque pôle qui a un déclencheur avec le courant d'essai.

Une méthode de détermination du niveau de déclenchement consiste à appliquer un courant d'essai, et en le faisant augmenter lentement à partir d'une valeur sous la limite inférieure, jusqu'au déclenchement de l'ACPM. Le déclenchement doit se produire entre la limite inférieure et la limite supérieure du courant d'essai.

9.4 Essais CEM

9.4.1 Généralités

Le 9.4 de l'IEC 60947-1:2020, complété par les 9.4.2 et 9.4.3 du présent document, s'applique avec les ajouts suivants.

Si une gamme de contacteurs ou de démarreurs est composée des mêmes éléments électroniques de commande, dans les mêmes limites de dimensions de bâti, il est uniquement nécessaire de soumettre à l'essai un seul échantillon représentatif du contacteur ou du démarreur, comme cela est spécifié par le fabricant.

Le rapport d'essai et le manuel d'instructions doivent contenir toutes les mesures particulières prises pour obtenir la conformité (par exemple, l'utilisation de câbles blindés ou de câbles spéciaux). Lorsqu'un matériel auxiliaire est utilisé avec le contacteur ou le démarreur afin de satisfaire aux exigences d'immunité ou d'émission, il doit être cité dans le rapport et le manuel d'instructions.

L'échantillon d'essai doit être manœuvré avec l'alimentation assignée du circuit de commande.

9.4.2 Immunité

9.4.2.1 Généralités

Les essais du Tableau 16 sont exigés pour le matériel destiné à l'environnement électromagnétique E-III. Pour les environnements E-II et E-IV, les niveaux d'essai et les critères d'acceptation du Tableau 2 de l'IEC TR 63216:2019 s'appliquent.

Des exigences particulières sont spécifiées du 9.4.2.2 au 9.4.2.10.

Si, pendant les essais CEM, des conducteurs doivent être raccordés à l'échantillon à l'essai, la section et le type des conducteurs doivent être conformes à la documentation du produit.

Tableau 16 – Essais d'immunité CEM

Type d'essai d'immunité	Niveau d'essai exigé
Décharge électrostatique	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Champ électromagnétique rayonné aux fréquences radioélectriques	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Transitoires électriques rapides en salves ^a	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Surintensités (tension en circuit ouvert 1,2/50 µs – courant de court-circuit 8/20 µs)	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Champs magnétiques à la fréquence industrielle	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Creux de tension et interruptions de courte durée	Le niveau d'essai correspondant du Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.
Harmoniques dans l'alimentation	9.4.2.10
^a Le contacteur doit être mis en fonctionnement au moins une fois au cours de l'essai et le relais de surcharge est chargé à 0,9 fois le courant de réglage avec une valeur maximale de 100 A.	

9.4.2.2 Performances de l'échantillon à l'essai pendant et après l'essai

Le matériel doit fonctionner conformément aux critères d'acceptation indiqués dans le Tableau 12. Après les essais, les limites de fonctionnement du 9.3.6.2 doivent être vérifiées à température ambiante.

9.4.2.3 Décharge électrostatique

Le 9.4.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les décharges doivent être appliquées uniquement aux points accessibles pendant l'utilisation normale. Les essais ne sont pas exigés sur les bornes de puissance et sur un appareil IP00 (bâti ouvert ou châssis). Dans ce dernier cas, des instructions doivent être fournies avec le matériel quant à la manière de réduire la possibilité de dommages dus aux décharges statiques.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance B du Tableau 12.

9.4.2.4 Champ électromagnétique rayonné aux fréquences radioélectriques

Le 9.4.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance A du Tableau 12.

9.4.2.5 Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques

Le 9.4.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance A du Tableau 12.

9.4.2.6 Transitoires électriques rapides en salves

Le 9.4.2.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le contacteur ou le démarreur doit être mis en fonctionnement au moins une fois au cours de l'essai et le relais de surcharge est chargé à 0,9 fois le courant de réglage avec une valeur maximale de 100 A.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance B du Tableau 12.

9.4.2.7 Surtensions (tension en circuit ouvert 1,2/50 µs – courant de court-circuit 8/20 µs)

Le 9.4.2.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance B du Tableau 12.

9.4.2.8 Champs magnétiques à la fréquence industrielle

Le 9.4.2.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Le contacteur ou le démarreur doit satisfaire au critère de performance A du Tableau 12.

9.4.2.9 Creux de tension et interruptions de courte durée

Le 9.4.2.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec le critère de performance C du Tableau 12, sauf pour 1 cycle pour lequel le critère de performance B du Tableau 12 s'applique.

NOTE La limite de 16 A liée à la norme d'essai s'applique à la consommation de puissance du contacteur ou du démarreur et non à son courant assigné d'emploi qui représente la charge commutée.

Pour les contacteurs, seuls les critères généraux du Tableau 12 s'appliquent.

9.4.2.10 Harmoniques dans l'alimentation

Pour les démarreurs équipés d'un déclencheur à maximum de courant, la réponse efficace vraie, qui permet d'éviter tout déclenchement intempestif à 0,9 fois le courant de réglage qui correspond à 10 fois le temps de déclenchement, doit être vérifiée jusqu'à la cinquième composante harmonique à 50 % de la composante fondamentale:

- par un essai conforme au F.4.1 de l'IEC 60947-2:2016 le cas échéant; ou
- par simulation, à l'aide de modèles dont la validité doit être démontrée; ou
- par évaluation de la conception, c'est-à-dire confirmation de la bonne application des calculs et des règles de conception, y compris l'utilisation de marges de sécurité appropriées.

NOTE L'asymétrie de forme d'onde de courant, qui est en général le résultat de la défaillance d'un semiconducteur de puissance raccordé au réseau, génère un déséquilibre important et peut avoir un impact sur la détection de courant d'une protection électronique contre les surcharges. Il s'avère donc pertinent de mesurer la valeur efficace vraie.

9.4.3 Émission

9.4.3.1 Conditions générales pour les essais d'émission

La description de l'essai, de la méthode d'essai et du montage d'essai doit être conforme à l'Article 7 de la CISPR 11:2015 et de la CISPR 11:2015/AMD1:2016 pour le site d'essai, à l'exception du premier et du deuxième alinéa de son paragraphe 7.1.

9.4.3.2 Essais d'émission conduite aux fréquences radioélectriques

Il doit être suffisant de soumettre à l'essai deux échantillons issus d'une gamme de contacteurs ou de démarreurs qui présentent des caractéristiques assignées de puissance différentes, qui représentent les caractéristiques assignées de puissance les plus élevées et les plus basses de la plage.

Pour réussir l'essai, l'appareil ne doit pas dépasser les niveaux indiqués dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Limites de la tension perturbatrice aux bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques (pour les accès principaux)

Bande de fréquences MHz	Matériel de classe A dB (µV)	Matériel de classe B dB (µV)
0,15 à 0,5	79 quasi-crête 66 moyenne	66 à 56 quasi-crête 56 à 46 moyenne (décroît avec le log de la fréquence)
0,5 à 5,0	73 quasi-crête 60 moyenne	56 quasi-crête 46 moyenne
5 à 30	73 quasi-crête 60 moyenne	60 quasi-crête 50 moyenne

NOTE Les limites sont conformes aux CISPR 11:2015 et CISPR 11:2015/AMD1:2016, Groupe 1 pour les accès d'entrée de réseau et la puissance assignée totale inférieure à 20 kVA.

9.4.3.3 Essais d'émission rayonnée aux fréquences radioélectriques

Les essais sont exigés lorsque les circuits de commande et les circuits auxiliaires contiennent des composants avec des fréquences fondamentales de commutation supérieures à 9 kHz (par exemple alimentations de puissance à découpage, etc.).

Les émissions ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 18.

Tableau 18 – Limites des essais d'émissions rayonnées

Plage de fréquences MHz	Matériel de classe A ^a Quasi-crête dB (µV/m)			Matériel de classe B ^a Quasi-crête dB (µV/m)	
	à 30 m	à 10 m	à 3 m	à 10 m	à 3 m
30 à 230	30	40	50	30	40
230 à 1 000	37	47	57	37	47

^a Les essais peuvent être réalisés à 3 m uniquement du petit matériel (le matériel positionné sur un plateau de table ou posé au sol qui, avec ses câbles, occupe un volume d'essai cylindrique de 1,2 m de diamètre et 1,5 m au-dessus du plan de masse).

Annexe A (normative)

Marquage et identification des bornes des contacteurs, des démarreurs et des relais de surcharge associés

A.1 Généralités

L'Annexe L de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

A.2 Marquage et identification des bornes des circuits principaux

Les bornes des circuits principaux doivent être marquées par des nombres à un seul chiffre et par une combinaison alphanumérique conformément à la Figure A.1.

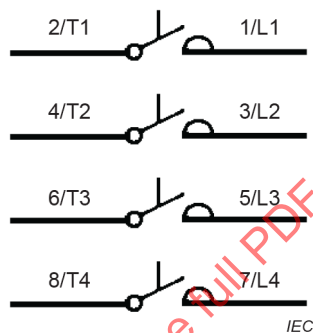


Figure A.1 – Circuit principal

NOTE Les deux variantes actuelles de marquage, à savoir 1-2 et L1-T1, seront progressivement remplacées par la nouvelle méthode ci-dessus.

En variante, les bornes peuvent être identifiées dans le schéma de câblage fourni avec l'appareil.

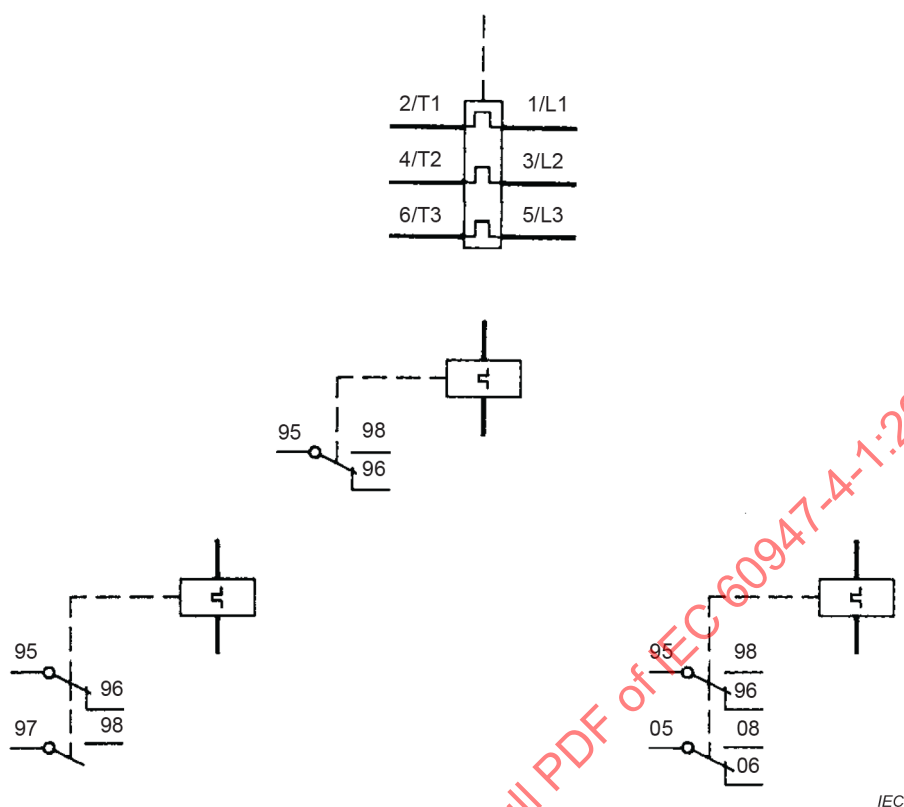
A.3 Marquage et identification des bornes des relais de surcharge

Les bornes des circuits principaux des relais de surcharge doivent être marquées de la même manière que les bornes des circuits principaux des contacteurs (voir Article A.1). Des exemples sont donnés à la Figure A.2.

Les bornes des circuits auxiliaires des relais de surcharge doivent être marquées de la même manière que les bornes des circuits auxiliaires des contacteurs qui ont des fonctions spécifiées (voir L.3.2 de l'IEC 60947-1:2020).

Le numéro d'ordre doit être 9. Si un deuxième numéro d'ordre est exigé, il doit être numéroté 0.

EXEMPLES

**Figure A.2 – Relais de surcharge**

En variante, les bornes peuvent être identifiées dans le schéma de câblage fourni avec l'appareil.

Annexe B (normative)

Essais spéciaux

B.1 Généralités

Des essais spéciaux sont exigés lorsque les données relatives à la durabilité mécanique (B.2) ou électrique (B.3) ou le courant d'intersection (B.4) sont indiqués dans la documentation du matériel.

B.2 Durabilité mécanique

B.2.1 Généralités

Par convention, la durabilité mécanique d'un type de contacteur ou de démarreur est définie comme étant le nombre de cycles de manœuvres à vide atteint ou dépassé par 90 % (NQA de 10 %) de l'ensemble des appareils de ce type avant qu'il devienne nécessaire de procéder à un entretien ou de remplacer des pièces (y compris les pièces électroniques d'une bobine d'électroaimant commandée électroniquement et toutes les pièces mécaniques). Toutefois, la maintenance normale conformément aux informations données dans la documentation du produit (y compris le remplacement des contacts), comme cela est spécifié en B.2.2.1 et B.2.2.3, est autorisée.

NOTE Cette méthode est différente de celle de l'Annexe K, pour laquelle la valeur obtenue peut être différente.

Les nombres préférentiels de cycles de manœuvres à vide, exprimés en millions, sont:

0,001 – 0,003 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 – 1 – 3 et 10.

B.2.2 Vérification de la durabilité mécanique

B.2.2.1 État du contacteur ou du démarreur pour les essais

Le contacteur ou le démarreur doit être installé de la même façon qu'en service normal. Les conducteurs doivent notamment être raccordés comme en utilisation normale.

Pendant l'essai, le circuit principal ne doit être ni sous tension ni sous courant. Le contacteur ou le démarreur peut être graissé avant l'essai si le graissage est exigé en service normal.

B.2.2.2 Conditions de fonctionnement

Les bobines des électroaimants de commande doivent être alimentées à leur tension assignée et, s'il y a lieu, à leur fréquence assignée.

Si une résistance ou une impédance est fournie en série avec les bobines, court-circuitée ou non pendant la manœuvre, les essais doivent être réalisés avec ces éléments branchés comme en service normal.

Les contacteurs ou démarreurs pneumatiques et électropneumatiques doivent être alimentés avec de l'air comprimé à la pression assignée.

Les démarreurs à main doivent être actionnés comme en service normal.

B.2.2.3 Procédure d'essai

- a) Les essais sont effectués à la fréquence de manœuvres qui correspond à la classe de service intermittent. Toutefois, si le fabricant estime que le contacteur ou le démarreur peut satisfaire aux conditions exigées à une fréquence de manœuvres plus élevée, il peut appliquer cette fréquence.
- b) Dans le cas de contacteurs ou de démarreurs électromagnétiques et électropneumatiques, la durée d'alimentation de l'électroaimant de commande doit être supérieure à la durée de manœuvre du contacteur ou du démarreur, et l'intervalle de temps pendant lequel l'électroaimant n'est pas alimenté doit être tel que le contacteur ou le démarreur puisse demeurer aux deux positions extrêmes.

Le nombre de cycles de manœuvres à effectuer ne doit pas être inférieur au nombre de cycles de manœuvres à vide spécifié dans la documentation du produit.

La durabilité mécanique peut être vérifiée séparément sur les différentes parties du démarreur qui ne sont pas mécaniquement reliées entre elles, à moins que ne soit mis en jeu un verrouillage mécanique qui n'a pas encore été soumis à l'essai avec son contacteur.

- c) Pour les contacteurs ou les démarreurs équipés de déclencheurs à bobines en dérivation ou de déclencheurs à minimum de tension, au moins 10 % du nombre total des manœuvres d'ouverture doivent être effectués à l'aide de ces déclencheurs.
- d) Après l'exécution de chaque dixième du nombre total de cycles de manœuvres indiqué en B.2.1, il est admis, avant de poursuivre l'essai:
- de nettoyer sans démontage l'ensemble du contacteur ou du démarreur;
 - de graisser les parties pour lesquelles le graissage est spécifié en service normal dans la documentation du produit;
 - de régler la course et la pression des contacts si la conception du contacteur ou du démarreur le permet.
- e) Ce travail de maintenance ne doit comporter aucun remplacement de pièces.
- f) Dans le cas de démarreurs étoile-triangle, le dispositif incorporé de temporisation entre la fermeture en position en étoile et la fermeture en position en triangle, s'il est réglable, peut être réglé à sa valeur la plus faible.
- g) Dans le cas de démarreurs à résistances, le dispositif incorporé de temporisation entre la fermeture des appareils de connexion du rotor, s'il est réglable, peut être réglé à sa valeur la plus faible.
- h) Dans le cas de démarreurs par autotransformateur, le dispositif incorporé de temporisation entre la fermeture en position de démarrage et la fermeture en position MARCHE, s'il est réglable, peut être réglé à sa valeur la plus faible.

B.2.2.4 Résultats à obtenir

Après les essais de durabilité mécanique, le contacteur ou le démarreur doit être encore en état de satisfaire aux conditions de fonctionnement spécifiées en 9.3.6.2 et 9.3.6.3 à la température ambiante.

Tous les relais temporisés ou autres dispositifs utilisés pour la commande automatique doivent encore fonctionner.

B.2.2.5 Analyse statistique des résultats d'essais pour les contacteurs ou les démarreurs

La durabilité mécanique d'un type de contacteur ou de démarreur est assignée dans la documentation du produit et vérifiée par une analyse statistique des résultats d'essais.

Pour les contacteurs ou les démarreurs fabriqués en petite quantité, les essais décrits en B.2.2.6 et B.2.2.7 ne s'appliquent pas.

Cependant, pour les contacteurs ou les démarreurs fabriqués en petite quantité et qui diffèrent aussi d'une conception de base uniquement par des modifications mineures qui n'ont pas d'influence notable sur les caractéristiques, la durabilité mécanique peut être assignée d'après l'expérience acquise avec des conceptions similaires, l'analyse, les propriétés des matériaux, etc., et d'après l'analyse des résultats d'essais sur les appareils de même conception de base fabriqués en grande quantité.

Après cette assignation, l'un des deux essais présentés ci-dessous doit être réalisé. Il convient de le choisir comme étant le mieux approprié à chaque cas (en fonction des quantités envisagées de production ou en fonction du courant thermique conventionnel, par exemple).

NOTE 1 Cet essai n'est pas destiné à servir à l'utilisateur d'essai d'acceptation par lots de fabrication ou de contrôle de production.

NOTE 2 L'essai simple 8 et l'essai double 3 sont tous les deux donnés dans l'ISO 2859-1:1999 (voir Tableau 10-C-2 et Tableau 10-D-2). Ces deux essais ont été choisis avec comme objectif de les fonder sur l'essai d'un nombre limité de contacteurs ou de démarreurs et sur essentiellement les mêmes caractéristiques statistiques (niveau de qualité acceptable: 10 %).

B.2.2.6 Essai simple 8

Huit contacteurs ou démarreurs doivent être soumis à l'essai jusqu'à la durabilité mécanique assignée.

Si le nombre de défaillances n'excède pas deux, l'essai est considéré comme réussi.

B.2.2.7 Essai double 3

Trois contacteurs ou démarreurs doivent être soumis à l'essai jusqu'à la durabilité mécanique assignée.

En l'absence de défaillance, l'essai est considéré comme réussi. En présence de plusieurs défaillances, l'essai n'est pas concluant. S'il y a une seule défaillance, trois contacteurs ou démarreurs supplémentaires sont soumis à l'essai jusqu'à la durabilité mécanique assignée et, en l'absence de défaillance supplémentaire, l'essai est considéré comme réussi. L'essai n'est pas réussi si, à n'importe quel moment, il y a un total d'au moins deux défaillances.

B.2.2.8 Autres méthodes

D'autres méthodes données dans l'ISO 2859-1 peuvent également être utilisées. Le niveau de qualité d'acceptation maximal doit être de 10 %. La méthode choisie doit être indiquée dans le rapport d'essai. Les méthodes données dans l'IEC 61649 peuvent également être utilisées.

B.3 Durabilité électrique

B.3.1 Généralités

En ce qui concerne sa résistance à l'usure électrique, un contacteur ou un démarreur est par convention caractérisé par le nombre de cycles de manœuvres en charge qui correspondent aux différentes catégories d'emploi du Tableau B.1 qui peut être effectué sans réparation ni remplacement.

Étant donné que le fonctionnement des démarreurs étoile-triangle, des démarreurs par autotransformateur à deux étapes et des démarreurs rotoriques à résistances est soumis à d'importantes variations de conditions de service, il est jugé convenable de ne pas donner de valeurs normales pour les conditions d'essai. Cependant, il est recommandé d'indiquer la durabilité électrique du démarreur pour des conditions de service déterminées. Cette durabilité électrique peut être estimée à partir des résultats d'essais effectués sur les parties constitutives du démarreur.

Pour les catégories AC-3, AC-3e et AC-4, le circuit d'essai doit comprendre des inductances et des résistances qui permettent d'obtenir les valeurs appropriées de courant, de tension et de facteur de puissance qui figurent dans le Tableau B.1. En outre, pour la catégorie AC-4, le circuit d'essai des pouvoirs de fermeture et de coupure doit être utilisé (voir 9.3.3.5.2).

Dans tous les cas, la cadence de manœuvre doit être définie et indiquée dans le rapport d'essai.

Les essais doivent être considérés comme satisfaisants si les valeurs consignées dans le rapport d'essai ne diffèrent des valeurs spécifiées que dans la limite des tolérances suivantes:

- courant: $\pm 5\%$;
- tension: $\pm 5\%$.

Les essais doivent être effectués, le contacteur ou le démarreur se trouvant dans les conditions appropriées du B.2.2.1 et du B.2.2.2, en utilisant, s'il y a lieu, la procédure d'essai du B.2.2.3, à l'exception du remplacement des contacts qui n'est pas autorisé.

Dans le cas des démarreurs, si le contacteur associé a déjà satisfait à un essai équivalent, il n'est pas nécessaire de renouveler l'essai sur le démarreur.

Tableau B.1 – Vérification du nombre de cycles de manœuvres en charge – Conditions d'établissement et de coupure qui correspondent aux différentes catégories d'emploi

Catégorie d'emploi	Valeur du courant assigné d'emploi	Établissement			Coupure		
		I / I_e	U / U_e	$\cos \phi^a$	I_c / I_e	U_r / U_e	$\cos \phi^a$
AC-1	Toutes les valeurs	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-2	Toutes les valeurs	2,5	1	0,65	2,5	1	0,65
AC-3, AC-3e	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
AC-4	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	6	1	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	6	1	0,35
		I / I_e	U / U_e	L/R^b ms	I_c / I_e	U_r / U_e	L/R^b ms
DC-1	Toutes les valeurs	1	1	1	1	1	1
DC-3	Toutes les valeurs	2,5	1	2	2,5	1	2
DC-5	Toutes les valeurs	2,5	1	7,5	2,5	1	7,5

I_e courant assigné d'emploi

U_e tension assignée d'emploi

I courant établi

En courant alternatif, les conditions d'établissement sont exprimées en valeurs efficaces, étant entendu que la valeur de crête du courant symétrique qui correspond au facteur de puissance du circuit peut être plus élevée.

U tension appliquée

U_r tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en courant continu

I_c courant coupé

^a Tolérance sur $\cos \phi$: $\pm 0,05$.

^b Tolérance sur L/R : $\pm 15 \%$.

B.3.2 Résultats à obtenir

Après l'essai, le contacteur ou le démarreur doit satisfaire aux conditions de fonctionnement spécifiées en 9.3.6.2 du présent document à la température ambiante, et supporter une tension d'essai diélectrique indiquée en 9.3.3.4.1, point 4) b) de l'IEC 60947-1:2020, appliquée conformément au 9.3.3.4.1, point 4) de l'IEC 60947-1:2020, la tension d'essai étant appliquée seulement:

- entre tous les pôles reliés entre eux et le bâti du contacteur ou du démarreur; et
- entre chaque pôle et tous autres pôles reliés au bâti du contacteur ou du démarreur.

B.3.3 Analyse statistique des résultats d'essais pour les contacteurs ou les démarreurs

B.3.3.1 Généralités

La durabilité électrique d'un type de contacteur ou de démarreur est assignée et vérifiée par une analyse statistique des résultats d'essais. L'une des trois méthodes d'essai B.3.3.2, B.3.3.3 ou B.3.3.4 doit être choisie comme étant la mieux adaptée (en fonction des quantités envisagées pour la production ou en fonction du courant thermique conventionnel, par exemple).

Pour les contacteurs ou les démarreurs fabriqués en petite quantité, les essais décrits en B.3.3.2 et B.3.3.3 ne s'appliquent pas. Cependant, pour les contacteurs ou les démarreurs fabriqués en petite quantité et qui diffèrent aussi d'une conception de base uniquement par des modifications mineures qui n'ont pas d'influence notable sur les caractéristiques, la durabilité électrique peut être assignée d'après l'expérience acquise avec des conceptions similaires, l'analyse, les propriétés des matériaux, etc., et d'après l'analyse des résultats d'essais sur les appareils de même conception de base fabriqués en grande quantité.

NOTE Cet essai n'est pas destiné à servir à l'utilisateur d'essai d'acceptation par lots de fabrication ou de contrôle de production.

B.3.3.2 Essai simple 8

Huit contacteurs ou démarreurs doivent être soumis à l'essai jusqu'à la durabilité électrique assignée. Si le nombre de défaillances n'excède pas deux, l'essai est considéré comme réussi.

B.3.3.3 Essai double 3

Trois contacteurs ou démarreurs doivent être soumis à l'essai jusqu'à la durabilité électrique assignée. En l'absence de défaillance, l'essai est considéré comme réussi. En présence de plusieurs défaillances, l'essai n'est pas concluant. S'il y a une seule défaillance, trois contacteurs ou démarreurs supplémentaires sont soumis à l'essai jusqu'à la durabilité électrique assignée et, en l'absence de défaillance supplémentaire, l'essai est considéré comme réussi. L'essai n'est pas réussi si, à n'importe quel moment, il y a un total d'au moins deux défaillances.

B.3.3.4 Autres méthodes

D'autres méthodes données dans l'ISO 2859-1 peuvent également être utilisées. Le niveau de qualité d'acceptation maximal doit être de 10 %. La méthode choisie doit être indiquée dans le rapport d'essai.

NOTE L'essai simple 8 et l'essai double 3 sont tous les deux donnés dans l'ISO 2859-1:1999 (voir Tableau 10-C-2 et Tableau 10-D-2). Ces deux essais ont été choisis avec comme objectif de les fonder sur l'essai d'un nombre limité de contacteurs ou de démarreurs et sur essentiellement les mêmes caractéristiques statistiques (niveau de qualité acceptable: 10 %).