

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Low-voltage switchgear and controlgear –  
Part 4-2: Contactors and motor-starters – Semiconductor motor controllers,  
starters and soft-starters**

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-8451-3

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references .....	11
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.1.1 Terms and definitions concerning the types of semiconductor motor controllers and starters .....	12
3.1.2 Terms and definitions concerning semiconductor motor controllers and starters .....	14
3.1.3 Terms and definitions concerning safety aspects .....	17
3.1.4 Alphabetical index of terms.....	18
3.2 Symbols and abbreviated terms .....	20
4 Classification.....	20
5 Characteristics of semiconductor motor controllers and starters .....	20
5.1 Summary of characteristics .....	20
5.2 Type of equipment .....	21
5.2.1 Kind of equipment.....	21
5.2.2 Number of poles .....	21
5.2.3 Kind of current .....	21
5.2.4 Interrupting medium (air, vacuum, etc.).....	21
5.2.5 Operating conditions of the equipment.....	21
5.3 Rated and limiting values for main circuits .....	22
5.3.1 Rated voltages.....	22
5.3.2 Currents.....	24
5.3.3 Rated frequency .....	25
5.3.4 Duty cycle values and sequences .....	25
5.3.5 Normal load and overload characteristics.....	25
5.3.6 Rated conditional short-circuit current.....	27
5.3.7 Semiconductor motor controller power losses .....	27
5.4 Utilization category .....	28
5.4.1 General.....	28
5.4.2 Assignment of ratings based on the results of tests .....	28
5.5 Control circuits.....	29
5.6 Auxiliary circuits.....	29
5.7 Characteristics of relays and releases (overload relays).....	29
5.7.1 Summary of characteristics .....	29
5.7.2 Types of relay or release .....	30
5.7.3 Characteristic values .....	30
5.7.4 Designation and current settings of overload relays .....	31
5.7.5 Time-current characteristics of overload relays .....	31
5.7.6 Influence of ambient air temperature.....	32
5.8 Coordination with short-circuit protective devices (SCPD).....	32
6 Product information .....	32
6.1 Nature of information .....	32
6.2 Marking.....	34

6.3	Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling .....	34
6.4	Environmental information .....	34
7	Normal service, mounting and transport conditions .....	35
7.1	Normal service conditions .....	35
7.1.1	Ambient air temperature .....	35
7.1.2	Altitude .....	35
7.1.3	Atmospheric conditions .....	35
7.1.4	Shock and vibrations .....	35
7.2	Conditions during transport and storage .....	35
7.3	Mounting .....	35
7.4	Electrical system disturbances and influences .....	35
8	Constructional and performance requirements .....	36
8.1	Constructional requirements .....	36
8.1.1	General .....	36
8.1.2	Materials .....	36
8.1.3	Current-carrying parts and their connections .....	37
8.1.4	Clearances and creepage distances .....	37
8.1.5	Actuator .....	37
8.1.6	Indication of the contact position .....	37
8.1.7	Additional requirements for equipment suitable for isolation .....	37
8.1.8	Terminals .....	37
8.1.9	Additional requirements for equipment provided with a neutral pole .....	38
8.1.10	Provisions for protective earthing .....	38
8.1.11	Enclosures for equipment .....	38
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment .....	38
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits .....	38
8.1.14	Limited energy source .....	38
8.1.15	Stored charge energy circuit .....	40
8.1.16	Fault and abnormal conditions .....	40
8.1.17	Short-circuit and overload protection of ports .....	41
8.2	Performance requirements .....	41
8.2.1	Operating conditions .....	41
8.2.2	Temperature-rise .....	46
8.2.3	Dielectric properties .....	47
8.2.4	Normal load and overload performance requirements .....	48
8.2.5	Coordination with short-circuit protective devices .....	53
8.3	EMC requirements .....	54
8.3.1	General .....	54
8.3.2	Immunity .....	54
8.3.3	Emission .....	56
9	Tests .....	56
9.1	Kinds of tests .....	56
9.1.1	General .....	56
9.1.2	Type tests .....	56
9.1.3	Routine tests .....	57
9.1.4	Sampling tests .....	57
9.1.5	Special tests .....	57
9.2	Compliance with constructional requirements .....	58

9.2.1	General.....	58
9.2.2	Electrical performance of screwless-type clamping units.....	58
9.2.3	Ageing test for screwless-type clamping units.....	59
9.2.4	Limited energy source test.....	59
9.2.5	Breakdown of components.....	59
9.2.6	Wire flexing test.....	60
9.3	Compliance with performance requirements.....	60
9.3.1	Test sequences.....	60
9.3.2	General test conditions.....	61
9.3.3	Performance under no load, normal load, and overload conditions.....	61
9.3.4	Performance under short-circuit conditions.....	72
9.4	EMC tests.....	75
9.4.1	General.....	75
9.4.2	EMC immunity tests.....	76
9.4.3	EMC emission tests.....	76
9.5	Routine and sampling tests.....	79
9.5.1	General.....	79
9.5.2	Operation and operating limits.....	79
9.5.3	Dielectric tests.....	79
Annex A (normative)	Marking and identification of terminals.....	81
A.1	General.....	81
A.2	Marking and identification of terminals of semiconductor controllers and starters.....	81
A.2.1	Marking and identification of terminals of main circuits.....	81
A.2.2	Marking and identification of terminals of control circuits.....	81
A.3	Marking and identification of terminals of overload relays.....	81
Annex B (xxx)	.....	82
Annex C (normative)	Coordination at the crossover current between the starter and associated SCPD.....	83
C.1	General and definitions.....	83
C.1.1	General.....	83
C.1.2	Terms and definitions.....	83
C.2	Condition for the test for the verification of coordination at the crossover current by a direct method.....	83
C.3	Test currents and test circuits.....	83
C.4	Test procedure and results to be obtained.....	84
C.4.1	Test procedure.....	84
C.4.2	Results to be obtained.....	84
C.5	Verification of coordination at the crossover current by an indirect method.....	84
C.5.1	General.....	84
C.5.2	Test for $I_{Cd}$ .....	84
C.5.3	Time-current characteristic withstand capability of controllers/starters.....	85
Annex D (xxx)	.....	87
Annex E (xxx)	.....	88
Annex F (informative)	Operating capability.....	89
Annex G (informative)	Rated operational currents and rated operational powers of switching devices for electrical motors.....	93
G.1	General.....	93
G.2	Rated operational powers and rated operational currents.....	93

Annex H (xxx) .....	97
Annex I (normative) Modified test circuit for short-circuit testing of semiconductor motor controllers and starters .....	98
Annex J (xxx) .....	100
Annex K (xxx) .....	101
Annex L (normative) Examples of overvoltage category reduction .....	102
L.1 General .....	102
L.2 Insulation to the surroundings .....	102
L.2.1 Circuits connected directly to the supply mains .....	102
L.2.2 Insulation between circuits .....	103
Annex M (xxx) .....	107
Annex N (normative) Additional requirements and tests for equipment with protective separation .....	108
N.1 General .....	108
N.2 Definitions .....	108
N.3 Requirements .....	108
N.3.1 Test method for implementing protective impedance .....	108
N.3.2 Touch current measurement .....	109
Bibliography .....	111
Figure 1 – Semiconductor motor control devices .....	13
Figure 2 – Connecting methods .....	24
Figure 3 – Thermal memory test .....	44
Figure 4 – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays .....	71
Figure C.1 – Examples of time-current withstand characteristic .....	86
Figure F.1 – Thermal stability test profile .....	90
Figure F.2 – Overload capability test profile .....	91
Figure F.3 – Blocking and commutating capability test profile .....	92
Figure I.1 – Modified circuit for short-circuit testing of semiconductor devices .....	98
Figure I.2 – Time line for the short-circuit test of 9.3.4.1.6 .....	99
Figure L.1 – Basic insulation evaluation for circuits connected directly to the origin of the installation mains supply .....	102
Figure L.2 – Basic insulation evaluation for circuits connected directly to the mains supply .....	103
Figure L.3 – Basic insulation evaluation for equipment not permanently connected to the mains supply .....	103
Figure L.4 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the origin of the installation mains supply and that are declared galvanically separated .....	104
Figure L.5 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated .....	104
Figure L.6 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits not permanently connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated .....	105
Figure L.7 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the origin of the installation mains supply and that are declared galvanically separated where internal SPDs are used .....	105

Figure L.8 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated where internal SPDs are used .....	106
Figure L.9 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated .....	106
Figure N.1 – Protection by means of protective impedance .....	109
Figure N.2 – Measuring instrument .....	110
Table 1 – Utilization categories .....	28
Table 2 – Relative levels of severity .....	29
Table 3 – Trip classes of overload relays .....	31
Table 19 – Limits for limited energy sources without an over-current protective device .....	39
Table 20 – Limits for limited energy sources with an over-current protective device .....	39
Table 21 – Limits for limited energy source with current limiting impedance .....	40
Table 4 – Limits of operation of time-delay overload relays when energized on all poles .....	43
Table 5 – Limits of operation of three-pole time-delay overload relays when energized on two poles only .....	45
Table 6 – Temperature-rise limits for insulated coils in air and in oil .....	47
Table 7 – Minimum overload current withstand time ( $T_x$ ) in relation to overload current ratio ( $X$ ) and corresponding to overload relay trip class (see Table 3) .....	49
Table 8 – Minimum requirements for thermal stability test conditions .....	50
Table 9 – Prospective locked rotor current by utilization categories .....	50
Table 10 – Minimum requirements for overload capability test conditions .....	51
Table 11 – Making and breaking capacity test; making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device .....	52
Table 12 – Conventional operational performance making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device .....	53
Table 13 – Specific performance criteria when EM disturbances are present .....	55
Table 14 – Thermal stability test specifications .....	66
Table 15 – Initial case temperature requirements .....	66
Table 16 – Minimum requirements and conditions for performance testing with an induction motor load .....	68
Table 17 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (AC mains power port) .....	78
Table 18 – Radiated emissions test limits .....	79
Table A.1 – Main circuit terminal markings .....	81
Table C.1 – Test conditions .....	85
Table G.1 – Rated operational powers and rated operational currents of motors .....	94
Table L.1 – Drawing keys .....	102

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –****Part 4-2: Contactors and motor-starters –  
Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 60947-4-2 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2011. This edition constitutes a technical revision.

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

- scope exclusions;
- editorial correction of notes and hanging paragraphs;
- reference to IEC 62683-1;

- safety aspects related to:
  - general aspects;
  - limited energy circuits;
  - electronic circuits;
- mention of dedicated wiring accessories;
- power consumption measurement;
- alignment to IEC 60947-1:2020.

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.

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

FDIS	Report on voting
121A/353/FDIS	121A/360/RVD

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

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

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

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

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



## INTRODUCTION

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

The generic term “controller” is used in this document wherever reference is made to elements of power semiconductor switching devices.

The generic term “starter” is used in this document wherever reference is made to the elements of power semiconductor switching devices together with suitable overload protective devices.

## LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

### Part 4-2: Contactors and motor-starters – Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters

#### 1 Scope

This part of IEC 60947 applies to semiconductor motor controllers, starters and soft-starters which can include a series mechanical switching device, intended to be connected to circuits the rated voltage of which does not exceed 1 000 V AC.

This document characterizes semiconductor motor controllers and starters with and without bypass means.

This document does not apply to:

- semiconductor motor controllers and starters used for continuous operation of AC motors at motor speeds other than the normal speed<sup>1</sup>;
- electromechanical contactors and external overload relays (see IEC 60947-4-1);
- short-circuit protective device associated with semiconductor motor controllers and starters (see IEC 60947-4-1 (MPSD), IEC 60947-2 and IEC 60947-3);
- semiconductor equipment, including semiconductor contactors (3.4.13 of IEC 60947-1:2020) controlling non-motor loads (see IEC 60947-4-3);
- semiconductor motor controllers and starters used for rotor circuits<sup>1</sup>;
- adjustable speed electrical power drive systems (see IEC 61800 series);
- use of the product within explosive atmospheres (see IEC 60079 series);
- software and firmware requirements<sup>1</sup>;

NOTE 1 Guidance on embedded software is given in IEC TR 63201.

- cyber security aspects (see IEC TS 63208).

Contactors, overload relays and control circuit devices used in semiconductor motor controllers and starters are considered compliant with the requirements of their relevant product standard. Where mechanical switching devices are used, they are considered meeting the requirements of their own IEC product standard, and the additional requirements of this document.

The object of this document is to state as follows:

- the characteristics of semiconductor motor controllers, starters and soft-starters and associated equipment;
- the conditions with which semiconductor motor controllers, starters and soft-starters comply with reference to
  - a) their operation and behaviour in normal and abnormal operating conditions including overcurrent operating conditions;
  - b) their dielectric properties;
  - c) the degrees of protection provided by their enclosures where applicable;

---

<sup>1</sup> For this subject, the manufacturer is responsible for taking additional safety measures.

- d) their construction including safety measures against electric shock, fire hazard and mechanical hazard;
- the tests intended for confirming that these conditions have been met, and the methods to be adopted for these tests;
- the information to be given with the equipment, or in the manufacturer's literature.

NOTE 2 For the purpose of this document, the term "controller" is used instead of "semiconductor motor controller".

## 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 60034-1:2017, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

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

IEC 60715, *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 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection*

IEC 61000-3-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current  $\leq 75$  A and subject to conditional connection*

IEC 61000-3-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current  $> 16$  A and  $\leq 75$  A per phase*

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

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

CISPR 11:2015/AMD1:2016

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*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	120
INTRODUCTION .....	122
1 Domaine d'application .....	123
2 Références normatives .....	124
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés .....	125
3.1 Termes et définitions .....	125
3.1.1 Termes et définitions concernant les types de gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs .....	125
3.1.2 Termes et définitions concernant les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs .....	127
3.1.3 Termes et définitions concernant les aspects de sécurité .....	131
3.1.4 Index alphabétique des termes .....	132
3.2 Symboles et termes abrégés .....	134
4 Classification .....	134
5 Caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs .....	134
5.1 Enumération des caractéristiques .....	134
5.2 Type de matériel .....	135
5.2.1 Nature du matériel .....	135
5.2.2 Nombre de pôles .....	135
5.2.3 Nature du courant .....	135
5.2.4 Milieu de coupure (air, vide, etc.) .....	135
5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel .....	135
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux .....	136
5.3.1 Tensions assignées .....	136
5.3.2 Courants .....	138
5.3.3 Fréquence assignée .....	139
5.3.4 Valeurs et séquences du cycle de service .....	139
5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et en conditions de surcharge .....	139
5.3.6 Courant conditionnel de court-circuit assigné .....	141
5.3.7 Puissance dissipée du gradateur à semiconducteurs de moteurs .....	141
5.4 Catégorie d'emploi .....	142
5.4.1 Généralités .....	142
5.4.2 Attribution des caractéristiques assignées suivant les résultats d'essais .....	142
5.5 Circuits de commande .....	143
5.6 Circuits auxiliaires .....	143
5.7 Caractéristiques des relais et déclencheurs (relais de surcharge) .....	144
5.7.1 Enumération des caractéristiques .....	144
5.7.2 Types du relais ou du déclencheur .....	144
5.7.3 Valeurs caractéristiques .....	144
5.7.4 Désignation et courants de réglage des relais de surcharge .....	145
5.7.5 Caractéristiques temps-courant des relais de surcharge .....	146
5.7.6 Influence de la température de l'air ambiant .....	146
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) .....	146
6 Informations sur le produit .....	147
6.1 Nature des informations .....	147

6.2	Marquage .....	148
6.3	Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage .....	149
6.4	Informations relatives à l'environnement .....	149
7	Conditions de service normal, de montage et de transport .....	149
7.1	Conditions de service normal .....	149
7.1.1	Température de l'air ambiant .....	149
7.1.2	Altitude .....	150
7.1.3	Conditions atmosphériques .....	150
7.1.4	Chocs et vibrations .....	150
7.2	Conditions pendant le transport et le stockage .....	150
7.3	Montage .....	150
7.4	Perturbations du réseau électrique et influences .....	150
8	Exigences relatives à la construction et aux performances .....	151
8.1	Exigences relatives à la construction .....	151
8.1.1	Généralités .....	151
8.1.2	Matériaux .....	151
8.1.3	Parties transportant le courant et leurs connexions .....	152
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite .....	152
8.1.5	Organe de commande .....	152
8.1.6	Indication de la position des contacts .....	152
8.1.7	Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement .....	152
8.1.8	Bornes .....	152
8.1.9	Exigences supplémentaires relatives aux matériels dotés d'un pôle neutre .....	153
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection .....	153
8.1.11	Enveloppes pour le matériel .....	153
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe .....	153
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques .....	153
8.1.14	Source d'énergie limitée .....	153
8.1.15	Circuit d'énergie de charge emmagasinée .....	156
8.1.16	Conditions anormales et de défaut .....	156
8.1.17	Protection des accès contre les courts-circuits et les surcharges .....	157
8.2	Exigences relatives au fonctionnement .....	157
8.2.1	Conditions de fonctionnement .....	157
8.2.2	Echauffement .....	162
8.2.3	Propriétés diélectriques .....	164
8.2.4	Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et dans des conditions de surcharge .....	165
8.2.5	Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits .....	170
8.3	Exigences concernant la CEM .....	171
8.3.1	Généralités .....	171
8.3.2	Immunité .....	171
8.3.3	Emissions .....	173
9	Essais .....	173
9.1	Nature des essais .....	173
9.1.1	Généralités .....	173
9.1.2	Essais de type .....	173
9.1.3	Essais individuels de série .....	174

9.1.4	Essais d'échantillonnage .....	174
9.1.5	Essais spéciaux.....	174
9.2	Conformité aux exigences relatives à la construction .....	175
9.2.1	Généralités.....	175
9.2.2	Performance électrique des organes de serrage sans vis .....	175
9.2.3	Essai de vieillissement des organes de serrage sans vis .....	176
9.2.4	Essai de source d'énergie limitée .....	176
9.2.5	Défaillance des composants .....	176
9.2.6	Essai de flexion du câblage .....	177
9.3	Conformité aux exigences relatives au fonctionnement .....	177
9.3.1	Séquences d'essais.....	177
9.3.2	Conditions générales d'essai .....	178
9.3.3	Fonctionnement à vide, dans les conditions normales de charge et dans les conditions de surcharge .....	179
9.3.4	Fonctionnement en court-circuit.....	190
9.4	Essais CEM .....	193
9.4.1	Généralités.....	193
9.4.2	Essais d'immunité CEM .....	194
9.4.3	Essais d'émission CEM .....	195
9.5	Essais individuels de série et essais d'échantillonnage .....	197
9.5.1	Généralités.....	197
9.5.2	Fonctionnement et limites de fonctionnement .....	197
9.5.3	Essais diélectriques.....	198
Annexe A (normative)	Marquage et identification des bornes .....	199
A.1	Généralités .....	199
A.2	Marquage et identification des bornes des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs.....	199
A.2.1	Marquage et identification des bornes de circuits principaux.....	199
A.2.2	Marquage et identification des bornes des circuits de commande .....	199
A.3	Marquage et identification des bornes des relais de surcharge .....	199
Annexe B (xxx)	.....	200
Annexe C (normative)	Coordination au courant d'intersection entre le démarreur et le DPCC associé .....	201
C.1	Généralités et définitions .....	201
C.1.1	Généralités.....	201
C.1.2	Termes et définitions .....	201
C.2	Condition d'essai pour la vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode directe.....	201
C.3	Courants d'essai et circuits d'essai .....	201
C.4	Procédure d'essai et résultats à obtenir .....	202
C.4.1	Procédure d'essai.....	202
C.4.2	Résultats à obtenir .....	202
C.5	Vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode indirecte.....	202
C.5.1	Généralités.....	202
C.5.2	Essai pour $I_{Cd}$ .....	203
C.5.3	Caractéristique de tenue temps-courant des gradateurs/démarreurs.....	203
Annexe D (xxx)	.....	205
Annexe E (xxx)	.....	206

Annexe F (informative) Aptitude au fonctionnement .....	207
Annexe G (informative) Courants assignés d'emploi et puissances assignées d'emploi des appareils de connexion pour moteurs électriques .....	211
G.1 Généralités .....	211
G.2 Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi.....	211
Annexe H (xxx) .....	215
Annexe I (normative) Circuit d'essai modifié pour l'essai de court-circuit des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs .....	216
Annexe J (xxx).....	218
Annexe K (xxx) .....	219
Annexe L (normative) Exemples de réduction de catégorie de surtension .....	220
L.1 Généralités .....	220
L.2 Isolation par rapport à l'environnement .....	220
L.2.1 Circuits directement connectés au réseau.....	220
L.2.2 Isolation entre les circuits .....	222
Annexe M (xxx).....	225
Annexe N (normative) Exigences et essais supplémentaires pour le matériel avec séparation de protection .....	226
N.1 Généralités .....	226
N.2 Définitions.....	226
N.3 Exigences .....	226
N.3.1 Méthode d'essai pour la mise en œuvre d'une impédance de protection .....	226
N.3.2 Mesure du courant de contact.....	227
Bibliographie.....	229
Figure 1 – Appareils à semiconducteurs de commande de moteurs .....	127
Figure 2 – Méthodes de connexion .....	138
Figure 3 – Essai de la mémoire thermique .....	160
Figure 4 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge temporisés compensés pour la température de l'air ambiant.....	189
Figure C.1 – Exemples de caractéristique de tenue temps-courant .....	204
Figure F.1 – Profil d'essai de stabilité thermique.....	208
Figure F.2 – Profil d'essai d'aptitude en surcharge.....	209
Figure F.3 – Profil d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation.....	210
Figure I.1 – Circuit modifié pour l'essai de court-circuit des appareils à semiconducteurs.....	216
Figure I.2 – Chronologie pour l'essai de court-circuit de 9.3.4.1.6 .....	217
Figure L.1 – Evaluation de l'isolation principale pour les circuits directement connectés à la source du réseau de l'installation .....	220
Figure L.2 – Evaluation de l'isolation principale pour les circuits directement connectés au réseau .....	221
Figure L.3 – Evaluation de l'isolation principale pour les matériels non connectés en permanence au réseau .....	221
Figure L.4 – Evaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés à la source du réseau de l'installation et déclarés comme étant galvaniquement séparés .....	222
Figure L.5 – Evaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme étant galvaniquement séparés.....	222

Figure L.6 – Evaluation de l’isolation principale pour l’isolation entre les circuits non directement connectés en permanence au réseau et déclarés comme étant galvaniquement séparés .....	223
Figure L.7 – Evaluation de l’isolation principale pour l’isolation entre les circuits directement connectés à la source du réseau de l’installation et déclarés comme étant galvaniquement séparés, lorsque des SPD internes sont utilisés .....	223
Figure L.8 – Evaluation de l’isolation principale pour l’isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme étant galvaniquement séparés, lorsque des SPD internes sont utilisés .....	224
Figure L.9 – Evaluation de l’isolation principale pour l’isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme étant galvaniquement séparés.....	224
Figure N.1 – Protection au moyen de l’impédance de protection .....	227
Figure N.2 – Instrument de mesure .....	228
Tableau 1 – Catégories d’emploi.....	143
Tableau 2 – Niveaux de sévérité relatifs .....	143
Tableau 3 – Classes de déclenchement des relais de surcharge.....	145
Tableau 19 – Limites pour les sources d’énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités .....	154
Tableau 20 – Limites pour les sources d’énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités .....	155
Tableau 21 – Limites pour une source d’énergie limitée avec impédance de limitation de courant .....	156
Tableau 4 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge temporisés alimentés sur tous leurs pôles .....	159
Tableau 5 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires temporisés alimentés sur deux pôles seulement .....	161
Tableau 6 – Limites d’échauffement pour les bobines isolées dans l’air et dans l’huile.....	163
Tableau 7 – Durée minimale ( $T_X$ ) de tenue au courant de surcharge en fonction du rapport ( $X$ ) du courant de surcharge et de la classe correspondante de déclenchement du relais de surcharge (voir Tableau 3).....	166
Tableau 8 – Exigences minimales pour les conditions d’essai de stabilité thermique.....	167
Tableau 9 – Courant présumé à rotor bloqué par catégories d’emploi .....	167
Tableau 10 – Exigences minimales pour les conditions d’essai d’aptitude en surcharge .....	168
Tableau 11 – Essai de fermeture et de coupure; conditions d’établissement et de coupure selon les catégories d’emploi pour les appareils mécaniques de connexion.....	169
Tableau 12 – Essai de fonctionnement conventionnel d’établissement et de coupure en service, selon les catégories d’emploi pour les appareils mécaniques de connexion .....	170
Tableau 13 – Critères d’aptitude à la fonction spécifiques en présence de perturbations électromagnétiques.....	172
Tableau 14 – Spécifications d’essai pour la stabilité thermique .....	183
Tableau 15 – Exigences de température initiale du boîtier .....	183
Tableau 16 – Exigences minimales et conditions d’essai pour le fonctionnement avec une charge constituée par un moteur à induction .....	186
Tableau 17 – Limites de perturbation en tension sur les bornes pour les émissions radiofréquence conduites (accès de puissance relié au réseau en courant alternatif).....	196



Tableau 18 – Limites de l'essai d'émissions rayonnées.....	197
Tableau A.1 – Marquage des bornes des circuits principaux.....	199
Tableau C.1 – Conditions d'essai.....	203
Tableau G.1 – Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi des moteurs.....	212
Tableau L.1 – Légendes des schémas.....	220

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

### **Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs, démarreurs et démarreurs progressifs à semiconducteurs de moteurs**

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60947-4-2 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.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2011. Cette édition constitue une révision technique.

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

- exclusions du domaine d'application;
- correction rédactionnelle des notes et des alinéas en suspens;

- référence à l'IEC 62683-1;
- aspects de sécurité relatifs aux points suivants:
  - aspects généraux;
  - circuits à énergie limitée;
  - circuits électroniques;
- mention des accessoires de câblage dédiés;
- mesure de la puissance consommée;
- alignement sur l'IEC 60947-1:2020.

Les dispositions des règles générales couvertes par l'IEC 60947-1 s'appliquent à la présente partie de la série IEC 60947, lorsque cela est spécifiquement mentionné. Les articles et les paragraphes, tableaux, figures et annexes des règles générales alors applicables sont identifiés en faisant référence à l'IEC 60947-1:2020.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
121A/353/FDIS	121A/360/RVD

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

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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

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

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

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

## INTRODUCTION

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

Le terme générique "gradateur" est utilisé dans le présent document chaque fois qu'il est fait référence à des éléments d'appareils de commutation de puissance à semiconducteurs.

Le terme générique "démarreur" est utilisé dans le présent document chaque fois qu'il est fait référence aux éléments d'appareils de commutation de puissance à semiconducteurs associés à des dispositifs adaptés de protection contre les surcharges.

## APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

### Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs, démarreurs et démarreurs progressifs à semiconducteurs de moteurs

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 s'applique aux gradateurs, démarreurs et démarreurs progressifs à semiconducteurs de moteurs qui peuvent comprendre un appareil mécanique de connexion en série, destiné à être relié à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif.

Le présent document définit les caractéristiques des gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs avec ou sans dispositif de court-circuitage.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs utilisés pour un fonctionnement continu des moteurs à courant alternatif, à des vitesses de moteur autres que leur vitesse normale<sup>1</sup>;
  - aux contacteurs électromécaniques et aux relais de surcharge externes (voir l'IEC 60947-4-1);
  - au dispositif de protection contre les courts-circuits associé aux gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs (voir l'IEC 60947-4-1 (MPSD), l'IEC 60947-2 et l'IEC 60947-3);
  - aux matériels à semiconducteurs, comprenant les contacteurs à semiconducteurs (voir 3.4.13 de l'IEC 60947-1:2020) commandant des charges autres que des moteurs (voir l'IEC 60947-4-3);
  - aux gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs utilisés pour les circuits rotoriques<sup>1</sup>;
  - aux entraînements électriques de puissance à vitesse variable (voir la série IEC 61800);
  - à une utilisation du produit dans des atmosphères explosives (voir la série IEC 60079);
  - aux exigences relatives aux logiciels et micrologiciels<sup>1</sup>;
- NOTE 1 Des recommandations relatives au logiciel embarqué sont données dans l'IEC TR 63201.
- aux aspects liés à la cybersécurité (voir l'IEC TS 63208).

Les contacteurs, les relais de surcharge et les dispositifs de circuits de commande utilisés dans les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs sont considérés conformes aux exigences de leur norme de produit applicable. Lors de l'emploi d'appareils mécaniques de connexion, ceux-ci sont considérés comme satisfaisant aux exigences de leur propre norme de produit IEC et aux exigences supplémentaires du présent document.

L'objet du présent document est de fixer:

- les caractéristiques des gradateurs, démarreurs et démarreurs progressifs à semiconducteurs de moteurs et du matériel associé;

---

<sup>1</sup> A cet égard, il appartient au fabricant de prendre des mesures de sécurité supplémentaires.

- les conditions que remplissent les gradateurs, démarreurs et démarreurs progressifs à semiconducteurs de moteurs pour:
  - a) leur fonctionnement et leur comportement dans des conditions normales et anormales de fonctionnement, y compris des conditions de fonctionnement en surintensité;
  - b) leurs propriétés diélectriques;
  - c) les degrés de protection procurés par leurs enveloppes, le cas échéant;
  - d) leur construction, en incluant les mesures de sécurité contre les chocs électriques, les risques au feu et les risques mécaniques;
- essais destinés à confirmer que ces conditions ont été remplies, et les méthodes à adopter pour ces essais;
- informations à donner sur le matériel ou dans les notices techniques du fabricant.

NOTE 2 Pour les besoins du présent document, le terme "gradateur" est utilisé à la place de "gradateur à semiconducteurs de moteurs".

## 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 60034-1:2017, *Machines électriques tournantes - Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60445, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machine, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC 60715, *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 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-2: Limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils inférieur ou égal à 16 A par phase)*

IEC 61000-3-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-3: Limites - Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension, pour les matériels ayant un courant assigné inférieur ou égal 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel*

IEC 61000-3-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-11: Limites - Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension - Équipements ayant un courant appelé inférieur ou égal à 75 A et soumis à un raccordement conditionnel*

IEC 61000-3-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-12: Limites - Limites pour les courants harmoniques produits par les appareils connectés aux réseaux publics basse tension ayant un courant appelé >16 A et ≤75 A par phase*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques - Aspects communs aux installations et aux matériels*

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*  
CISPR 11:2015/AMD1:2016

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)*