

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 4-3: Contactors and motor-starters – Semiconductor controllers and
semiconductor contactors for non-motor loads**

**Appareillage à basse tension –
Partie 4-3 : Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs à
semiconducteurs et contacteurs à semiconducteurs pour charges non moteurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.20, 31.180

ISBN 978-2-8327-0251-2

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.....	11
3.1 General.....	11
3.2 Alphabetical index of terms	12
3.3 Terms and definitions concerning the types of semiconductor controllers and semiconductor contactors (see Figure 1)	12
3.4 Terms and definitions concerning characteristics of semiconductor controllers and semiconductor contactors	13
3.5 Terms and definitions concerning safety aspects	16
3.6 Symbols and abbreviated terms	16
4 Classification.....	17
5 Characteristics of semiconductor controllers and semiconductor contactors	17
5.1 Summary of characteristics	17
5.2 Type of equipment	17
5.2.1 Kind of equipment	17
5.2.2 Number of poles.....	18
5.2.3 Kind of current	18
5.2.4 Interrupting medium (air, vacuum, etc.).....	18
5.2.5 Operating conditions of the equipment.....	18
5.3 Rated and limiting values for main circuits	20
5.3.1 Rated voltages.....	20
5.3.2 Currents	20
5.3.3 Rated frequency.....	20
5.3.4 Duty cycle values and symbols.....	20
5.3.5 Normal load and overload characteristics	21
5.3.6 Rated conditional short-circuit current.....	22
5.3.7 Controller power losses.....	22
5.4 Utilization category.....	22
5.4.1 General	22
5.4.2 Assignment of ratings based on the results of tests.....	23
5.5 Control circuits.....	23
5.6 Auxiliary circuits.....	24
5.7 Vacant	24
5.8 Coordination with short-circuit protective devices (SCPD)	24
6 Product information	24
6.1 Nature of information.....	24
6.2 Marking.....	26
6.3 Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling	26
6.4 Environmental information	26
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	27
7.1 Normal service conditions	27
7.1.1 Ambient air temperature	27
7.1.2 Altitude	27

7.1.3	Atmospheric conditions	27
7.1.4	Shock and vibrations	27
7.2	Conditions during transport and storage	27
7.3	Mounting	27
7.4	Electrical system disturbances and influences	28
8	Constructional and performance requirements	28
8.1	Constructional requirements	28
8.1.1	General	28
8.1.2	Materials	28
8.1.3	Current-carrying parts and their connections	29
8.1.4	Clearances and creepage distances	29
8.1.5	Actuator	29
8.1.6	Indication of the contact position	29
8.1.7	Additional requirements for equipment suitable for isolation	29
8.1.8	Terminals	29
8.1.9	Additional requirements for equipment provided with a neutral pole	30
8.1.10	Provisions for protective earthing	30
8.1.11	Enclosures for equipment	30
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment	30
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits	30
8.1.14	Limited energy source	30
8.1.15	Stored charge energy circuit	33
8.1.16	Fault and abnormal conditions	33
8.1.17	Short-circuit and overload protection of ports	34
8.2	Performance requirements	34
8.2.1	Operating conditions	34
8.2.2	Temperature-rise	35
8.2.3	Dielectric properties	36
8.2.4	Normal load and overload performance requirements	37
8.2.5	Coordination with short-circuit protective devices	42
8.3	EMC requirements	42
8.3.1	General	42
8.3.2	Immunity	42
8.3.3	Emission	44
9	Tests	44
9.1	Kinds of tests	44
9.1.1	General	44
9.1.2	Type tests	44
9.1.3	Routine tests	45
9.1.4	Sampling tests	45
9.1.5	Special tests	45
9.2	Compliance with constructional requirements	46
9.2.1	General	46
9.2.2	Electrical performance of screwless-type clamping units	46
9.2.3	Ageing test for screwless-type clamping units	46
9.2.4	Limited energy source test	46
9.2.5	Breakdown of components	47
9.2.6	Wire flexing test	48
9.3	Compliance with performance requirements	48

9.3.1	Test sequences.....	48
9.3.2	General test conditions	49
9.3.3	Performance under no load, normal load and overload conditions	49
9.3.4	Performance under short-circuit conditions	57
9.4	EMC tests	60
9.4.1	General	60
9.4.2	EMC immunity tests	61
9.4.3	EMC emission tests	62
9.5	Routine and sampling tests	64
9.5.1	General	64
9.5.2	Operation and operating limits.....	64
9.5.3	Dielectric tests	65
Annex A	(normative) Marking and identification of terminals	66
A.1	General.....	66
A.2	Marking and identification of terminals of semiconductor controllers and semiconductor contactors.....	66
A.2.1	Marking and identification of terminals of main circuits.....	66
A.2.2	Marking and identification of terminals of control circuits.....	66
Annex B	(informative) Typical service conditions for semiconductor controllers and semiconductor contactors	67
B.1	Control of resistive heating elements	67
B.2	Switching of electric discharge lamp controls	67
B.3	Switching of incandescent lamps	68
B.4	Switching of transformers	68
B.5	Switching of capacitor banks	68
Annex C	Vacant.....	69
Annex D	Vacant.....	70
Annex E	Vacant	71
Annex F	(informative) Operating capability	72
Annex G	Vacant.....	75
Annex H	Vacant.....	76
Annex I	(normative) Modified test circuit for short-circuit testing of semiconductor contactors and semiconductor controllers.....	77
Annex J	(informative) Vacant	79
Annex K	(normative) Examples of overvoltage category reduction.....	80
K.1	General.....	80
K.2	Insulation to the surroundings.....	80
K.2.1	Circuits connected directly to the supply mains	80
K.2.2	Insulation between circuits	81
Annex L	(normative) Additional requirements and tests for equipment with protective separation	85
L.1	General.....	85
L.2	Terms and definitions	85
L.3	Requirements.....	85
L.3.1	Test method for implementing protective impedance	85
L.3.2	Touch current measurement.....	86
Bibliography		88

Figure 1 – Semiconductor control devices	13
Figure 2 – Methods of connecting.....	19
Figure F.1 – Thermal stability test profile.....	72
Figure F.2 – Overload withstand test profile.....	73
Figure F.3 – Blocking and commutating capability test profile	74
Figure I.1 – Modified circuit for short-circuit testing of semiconductor devices	77
Figure I.2 – Timeline for the short-circuit test of 9.3.4.1.6	78
Figure K.1 – Basic insulation evaluation for circuits connected directly to the origin of the installation mains supply	80
Figure K.2 – Basic insulation evaluation for circuits connected directly to the mains supply	81
Figure K.3 – Basic insulation evaluation for equipment not permanently connected to the mains supply.....	81
Figure K.4 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the origin of the installation mains supply and that are declared galvanically separated	82
Figure K.5 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated.....	82
Figure K.6 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits not permanently connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated.....	83
Figure K.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.....	83
Figure K.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	84
Figure K.9 – Basic insulation evaluation for insulation between circuits connected directly to the mains supply and that are declared galvanically separated.....	84
Figure L.1 – Protection by means of protective impedance.....	86
Figure L.2 – Measuring instrument	87
Table 1 – Utilization categories	23
Table 2 – Relative levels of severity	23
Table 14 – Limits for limited energy sources without an over-current protective device	31
Table 15 – Limits for limited energy sources with an over-current protective device.....	32
Table 16 – Limits for limited energy source with current limiting impedance.....	33
Table 3 – Temperature-rise limits for insulated coils in air and in oil.....	36
Table 4 – Minimum overload current withstand time (T_X) in relation to overload current ratio (X).....	37
Table 5 – Minimum requirements for thermal stability test conditions	38
Table 6 – Minimum requirements for overload current withstand test conditions	39
Table 7 – Making and breaking capacity test – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device	40
Table 8 – Conventional operational performance – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device	41
Table 9 – Specific performance criteria when EM disturbances are present.....	43
Table 10 – Thermal stability test specifications.....	53

Table 11 – Blocking and commutating capability test specifications.....	55
Table 12 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (AC mains power port)	63
Table 13 – Radiated emissions test limits	64
Table A.1 – Main circuit terminal markings	66
Table K.1 – Drawing keys	80

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 4-3: Contactors and motor-starters –
Semiconductor controllers and semiconductor
contactors for non-motor loads**

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 60947-4-3 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 third edition cancels and replaces the second edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) scope exclusions;
- b) editorial correction of notes and hanging paragraphs;

- c) safety aspects related to:
 - general aspects;
 - limited energy circuits;
 - electronic circuits;
- d) mention of dedicated wiring accessories;
- e) power consumption measurement;
- f) alignment to IEC 60947-1:2020;
- g) alignment with IEC 60947-4-2 when appropriate.

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 document is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
121A/357/FDIS	121A/368/RVD

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

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

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

The following differing practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

5.5 USA and Canada

8.1.14.1 Canada

Table 14 USA

Table 15 USA

9.4.3.2 USA

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

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

INTRODUCTION

This document covers low-voltage semiconductor controllers and semiconductor contactors (solid-state contactors) intended for the use with non-motor loads. As semiconductor controllers, they have many capabilities beyond the simple switching on and off of non-motor loads. As semiconductor contactors, they perform the same functions as mechanical contactors, but utilize one or more semiconductor switching devices in their main poles.

The devices may be single-pole or multi-pole (see 3.5.1 of IEC 60947-1:2020). This document refers to complete devices rated as a unit incorporating all necessary heat-sinking material and terminals. It includes devices with all necessary terminals, which are supplied with or without heat-sink in knocked-down form for combination by the users, when the manufacturer gives with the device detailed information about choosing the heat-sink and mounting the device on the heat-sink.

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 4-3: Contactors and motor-starters – Semiconductor controllers and semiconductor contactors for non-motor loads

1 Scope

This document applies to semiconductor controllers and semiconductor contactors for non-motor load intended to be connected to circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V AC.

It covers their use:

- for operations of changing the state of AC electric circuits between the ON-state and the OFF-state;
- with or without bypass switching devices;
- as controller, for reducing the amplitude of the RMS AC voltage.

This document does not apply to:

- electromechanical contactors (see IEC 60947-4-1);
- short-circuit protective device associated with semiconductor controllers and semiconductor contactors (see IEC 60947-4-1 (MPSD), IEC 60947-2 and IEC 60947-3);
- semiconductor motor controller or soft-starter equipment (see IEC 60947-4-2);
- semiconductor converters (see IEC 60146 (all parts));
- solid-state relays (see IEC 62314);
- use of the product within explosive atmospheres (see IEC 60079 (all parts));
- software and firmware requirements (see IEC TR 63201);
- cyber security aspects (see IEC TS 63208).

Contactors and control-circuit devices used in semiconductor controllers and contactors 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 controllers and semiconductor contactors;
- the conditions with which semiconductor controllers and semiconductor contactors 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;
 - 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.

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 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 60947-4-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 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 ≤ 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 ≤ 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 ≤ 75 A per phase*

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

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*
ISO 2859-1:1999/AMD1:2011

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	95
INTRODUCTION.....	97
1 Domaine d'application.....	98
2 Références normatives	99
3 Termes et définitions, symboles et abréviations.....	100
3.1 Généralités	100
3.2 Index alphabétique des termes	100
3.3 Termes et définitions concernant les types de gradateurs à semiconducteurs et de contacteurs à semiconducteurs (voir Figure 1)	101
3.4 Termes et définitions concernant les caractéristiques des gradateurs à semiconducteurs et des contacteurs à semiconducteurs	101
3.5 Termes et définitions concernant les aspects de sécurité	104
3.6 Symboles et abréviations	105
4 Classification.....	106
5 Caractéristiques des gradateurs à semiconducteurs et des contacteurs à semiconducteurs	106
5.1 Énumération des caractéristiques	106
5.2 Type du matériel	106
5.2.1 Nature du matériel	106
5.2.2 Nombre de pôles.....	106
5.2.3 Nature du courant	106
5.2.4 Milieu de coupure (air, vide, etc.)	107
5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel	107
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux	109
5.3.1 Tensions assignées	109
5.3.2 Courants.....	109
5.3.3 Fréquence assignée.....	109
5.3.4 Valeurs et symboles du cycle de service.....	109
5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et en conditions de surcharge	110
5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel.....	111
5.3.7 Puissance dissipée du gradateur	111
5.4 Catégorie d'emploi	112
5.4.1 Généralités	112
5.4.2 Attribution des caractéristiques assignées suivant les résultats d'essai	112
5.5 Circuits de commande.....	113
5.6 Circuits auxiliaires.....	113
5.7 Disponible.....	113
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC).....	113
6 Informations sur le produit	114
6.1 Nature des informations	114
6.2 Marquage	115
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage	115
6.4 Informations relatives à l'environnement	116
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	116

7.1	Conditions normales de service	116
7.1.1	Température de l'air ambiant.....	116
7.1.2	Altitude	117
7.1.3	Conditions atmosphériques	117
7.1.4	Chocs et vibrations	117
7.2	Conditions pendant le transport et le stockage	117
7.3	Montage.....	117
7.4	Perturbations du réseau électrique et influences	117
8	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	118
8.1	Exigences relatives à la construction	118
8.1.1	Généralités	118
8.1.2	Matériaux.....	118
8.1.3	Parties transportant le courant et leurs connexions	119
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite	119
8.1.5	Organe de commande	119
8.1.6	Indication de la position des contacts	119
8.1.7	Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement.....	119
8.1.8	Bornes.....	119
8.1.9	Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre	120
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection.....	120
8.1.11	Enveloppes pour matériels	120
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe	120
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	120
8.1.14	Source d'énergie limitée.....	120
8.1.15	Circuit d'énergie de charge emmagasinée	123
8.1.16	Conditions anormales et de défaut	123
8.1.17	Protection des accès contre les courts-circuits et les surintensités	124
8.2	Exigences relatives au fonctionnement	124
8.2.1	Conditions de fonctionnement	124
8.2.2	Échauffement.....	125
8.2.3	Propriétés diélectriques.....	126
8.2.4	Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et dans des conditions de surcharge.....	128
8.2.5	Coordination avec des dispositifs de protection contre les courts-circuits	132
8.3	Exigences concernant la CEM	132
8.3.1	Généralités	132
8.3.2	Immunité.....	132
8.3.3	Émission.....	134
9	Essais	134
9.1	Nature des essais	134
9.1.1	Généralités	134
9.1.2	Essais de type	134
9.1.3	Essais individuels de série	135
9.1.4	Essais sur prélèvement.....	135
9.1.5	Essais spéciaux	136
9.2	Conformité aux exigences relatives à la construction	136
9.2.1	Généralités	136
9.2.2	Performance électrique des organes de serrage sans vis.....	136
9.2.3	Essai de vieillissement des organes de serrage sans vis.....	137

9.2.4	Essai de source d'énergie limitée	137
9.2.5	Défaillance des composants	137
9.2.6	Essai de flexion des fils	138
9.3	Conformité aux exigences relatives au fonctionnement	138
9.3.1	Séquences d'essais	138
9.3.2	Conditions générales d'essai	139
9.3.3	Fonctionnement à vide, dans des conditions normales de charge et dans des conditions de surcharge	140
9.3.4	Fonctionnement dans des conditions de court-circuit	148
9.4	Essais CEM	152
9.4.1	Généralités	152
9.4.2	Essais d'immunité CEM	153
9.4.3	Essais d'émission CEM	154
9.5	Essais individuels de série et essais sur prélèvement	156
9.5.1	Généralités	156
9.5.2	Fonctionnement et limites de fonctionnement	157
9.5.3	Essais diélectriques	157
Annexe A (normative)	Marquage et identification des bornes	158
A.1	Généralités	158
A.2	Marquage et identification des bornes des gradateurs à semiconducteurs et des contacteurs à semiconducteurs	158
A.2.1	Marquage et identification des bornes des circuits principaux	158
A.2.2	Marquage et identification des bornes des circuits de commande	158
Annexe B (informative)	Conditions représentatives de service pour les gradateurs à semiconducteurs et les contacteurs à semiconducteurs	159
B.1	Commande d'éléments chauffants à résistance	159
B.2	Commutation de lampes à décharge électrique	159
B.3	Commutation de lampes à incandescence	160
B.4	Commutation de transformateurs	160
B.5	Commutation de batteries de condensateurs	160
Annexe C	Disponible	161
Annexe D	Disponible	162
Annexe E	Disponible	163
Annexe F (informative)	Aptitude au fonctionnement	164
Annexe G	Disponible	167
Annexe H	Disponible	168
Annexe I (normative)	Circuit d'essai modifié pour l'essai de court-circuit des contacteurs à semiconducteurs et des gradateurs à semiconducteurs	169
Annexe J (informative)	Disponible	171
Annexe K (normative)	Exemples de réduction de la catégorie de surtension	172
K.1	Généralités	172
K.2	Isolation par rapport à l'environnement	172
K.2.1	Circuits directement connectés au réseau	172
K.2.2	Isolation entre les circuits	173
Annexe L (normative)	Exigences et essais supplémentaires pour le matériel avec séparation de protection	177
L.1	Généralités	177
L.2	Termes et définitions	177

L.3	Exigences	177
L.3.1	Méthode d'essai pour la mise en œuvre d'une impédance de protection	177
L.3.2	Mesure du courant de contact	178
Bibliographie		180
Figure 1 – Appareils de commande à semiconducteurs		101
Figure 2 – Méthodes de connexion		108
Figure F.1 – Profil d'essai de stabilité thermique		164
Figure F.2 – Profil d'essai de tenue au courant de surcharge		165
Figure F.3 – Profil d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation		166
Figure I.1 – Circuit modifié pour l'essai de court-circuit des appareils à semiconducteurs		169
Figure I.2 – Chronologie pour l'essai de court-circuit de 9.3.4.1.6		170
Figure K.1 – Évaluation de l'isolation principale pour les circuits directement connectés à la source du réseau de l'installation		172
Figure K.2 – Évaluation de l'isolation principale pour les circuits directement connectés au réseau		173
Figure K.3 – Évaluation de l'isolation principale pour les matériels non connectés en permanence au réseau		173
Figure K.4 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés à la source du réseau de l'installation et déclarés comme étant électriquement séparés		174
Figure K.5 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme étant électriquement séparés		174
Figure K.6 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits non directement connectés en permanence au réseau et déclarés comme étant électriquement séparés		175
Figure K.7 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés à la source du réseau de l'installation et déclarés comme étant électriquement séparés où des parafoudres internes sont utilisés		175
Figure K.8 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme électriquement séparés où des parafoudres internes sont utilisés		176
Figure K.9 – Évaluation de l'isolation principale pour l'isolation entre les circuits directement connectés au réseau et déclarés comme étant électriquement séparés		176
Figure L.1 – Protection au moyen de l'impédance de protection		178
Figure L.2 – Instrument de mesure		179
Tableau 1 – Catégories d'emploi		112
Tableau 2 – Niveaux de sévérité relatifs		113
Tableau 14 – Limites pour les sources d'énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités		121
Tableau 15 – Limites pour les sources d'énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités		122
Tableau 16 – Limites pour une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant		123
Tableau 3 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile		126
Tableau 4 – Durée minimale de tenue au courant de surcharge (T_X) en fonction du rapport du courant de surcharge (X)		128

Tableau 5 – Exigences minimales pour les conditions d’essai de stabilité thermique	128
Tableau 6 – Exigences minimales pour les conditions d’essai de tenue au courant de surcharge	129
Tableau 7 – Essai de fermeture et de coupure – Conditions d’établissement et de coupure selon les catégories d’emploi pour les dispositifs de commutation mécanique	130
Tableau 8 – Essai de fonctionnement conventionnel – Conditions d’établissement et de coupure selon les catégories d’emploi pour les dispositifs de commutation mécanique	131
Tableau 9 – Critères de comportement spécifiques en présence de perturbations électromagnétiques.....	133
Tableau 10 – Spécifications d’essai pour la stabilité thermique	144
Tableau 11 – Essai de capacité de blocage et d’aptitude à la commutation	146
Tableau 12 – Limites de perturbation en tension sur les bornes pour les émissions conduites à fréquences radioélectriques (accès d’alimentation en courant alternatif par le réseau électrique)	155
Tableau 13 – Limites d’essai d’émissions rayonnées	156
Tableau A.1 – Marquages des bornes des circuits principaux.....	158
Tableau K.1 – Légendes des schémas	172

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-3: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs à semiconducteurs et contacteurs à semiconducteurs pour charges non moteurs

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'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 60947-4-3 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 troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) mention d'exclusions dans le domaine d'application;
- b) correction rédactionnelle des notes et des alinéas en suspens;

- c) aspects de sécurité relatifs aux points suivants:
 - aspects généraux;
 - circuits à énergie limitée;
 - circuits électroniques;
- d) mention des accessoires de câblage spécifiques;
- e) mesure de la puissance consommée;
- f) alignement sur l'IEC 60947-1:2020;
- g) alignement sur l'IEC 60947-4-2, le cas échéant.

Les dispositions des règles générales couvertes par l'IEC 60947-1 s'appliquent pour 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 qui s'appliquent sont identifiés en faisant référence à l'IEC 60947-1:2020.

La présente version bilingue (2025-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-07.

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.

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.

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après:

5.5 États-Unis et Canada

8.1.14.1 Canada

Tableau 14 États-Unis

Tableau 15 États-Unis

9.4.3.2 États-Unis

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Le présent document concerne les gradateurs à semiconducteurs basse tension et les contacteurs à semiconducteurs basse tension destinés à être utilisés avec des charges non moteurs. En tant que gradateurs à semiconducteurs, ils ont de nombreuses possibilités au-delà de la simple commutation de charges non moteurs. En tant que contacteurs à semiconducteurs, ils assurent les mêmes fonctions que les contacteurs mécaniques, mais utilisent un ou plusieurs appareils de connexion à semiconducteurs dans leurs pôles principaux.

Les appareils peuvent être unipolaires ou multipolaires (voir 3.5.1 de l'IEC 60947-1:2020). Le présent document traite des appareils complets caractérisés comme étant une unité incorporant tout le matériel de dissipation de chaleur et les bornes. Il comprend les appareils avec toutes les bornes qui sont fournies avec ou sans radiateur démontable pour montage par les utilisateurs, lorsque le fabricant donne avec l'appareil des informations détaillées pour choisir le radiateur et pour monter l'appareil sur le radiateur.

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-3: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs à semiconducteurs et contacteurs à semiconducteurs pour charges non moteurs

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux gradateurs à semiconducteurs et aux contacteurs à semiconducteurs pour des charges non moteurs, destinés à être reliés à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif.

Il couvre leur utilisation:

- pour les opérations consistant à commuter l'état des circuits électriques en courant alternatif entre l'état passant et l'état bloqué;
- avec ou sans appareil de connexion de contournement;
- en tant que gradateur, visant à réduire l'amplitude de la tension alternative en valeur efficace.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux contacteurs électromécaniques (voir l'IEC 60947-4-1);
- au dispositif de protection contre les courts-circuits associé aux gradateurs à semiconducteurs et aux contacteurs à semiconducteurs (voir l'IEC 60947-4-1 (MPSD), l'IEC 60947-2 et l'IEC 60947-3);
- aux gradateurs à semiconducteurs de moteurs ou aux démarreurs progressifs (voir l'IEC 60947-4-2);
- aux convertisseurs à semiconducteurs (voir l'IEC 60146 [toutes les parties]);
- aux relais statiques (voir l'IEC 62314);
- à une utilisation du produit dans des atmosphères explosives (voir l'IEC 60079 [toutes les parties]);
- aux exigences relatives aux logiciels et logiciels embarqués (voir l'IEC/TR 63201);
- aux aspects liés à la cybersécurité (voir l'IEC/TS 63208).

Les contacteurs et les dispositifs pour circuits de commande utilisés dans les gradateurs à semiconducteurs et les contacteurs à semiconducteurs sont considérés conformes aux exigences de leur norme de produit correspondante. Lorsque des dispositifs de commutation mécanique sont utilisés, ils sont considérés comme satisfaisant aux exigences de leur propre norme de produit de l'IEC et aux exigences supplémentaires du présent document.

L'objet du présent document est de fixer:

- les caractéristiques des gradateurs à semiconducteurs et des contacteurs à semiconducteurs;
- les conditions que les gradateurs à semiconducteurs et les contacteurs à semiconducteurs remplissent, concernant:
 - a) leur fonctionnement et leur comportement dans des conditions de fonctionnement normales et anormales, y compris des conditions de fonctionnement en surintensité;
 - b) leurs propriétés diélectriques;
 - c) les degrés de protection procurés par leur enveloppe, le cas échéant;

- d) leur construction, en incluant les mesures de sécurité contre les chocs électriques, les dangers relatifs au feu et les dangers mécaniques;
- les essais destinés à confirmer que ces conditions ont été remplies et les méthodes à adopter pour ces essais;
- les informations à fournir avec le matériel ou dans les ouvrages de référence du fabricant.

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 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 60947-4-1, *Appareillage à basse tension – Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 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 ≤ 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 ≤ 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 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

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)*

ISO 2859-1:1999/AMD1:2011