

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.99, 29.130.20

ISBN 978-2-8322-5922-1

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

CONTENTS

| | |
|--|----|
| FOREWORD..... | 10 |
| INTRODUCTION..... | 13 |
| 1 Scope..... | 14 |
| 2 Normative references | 15 |
| 3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms..... | 16 |
| 3.1 General..... | 16 |
| 3.2 Alphabetical index of terms..... | 16 |
| 3.3 Terms and definitions concerning contactors | 18 |
| 3.4 Terms and definitions concerning starters..... | 19 |
| 3.5 Terms and definitions concerning characteristic quantities..... | 25 |
| 3.6 Terms and definitions concerning safety aspects | 26 |
| 3.7 Symbols and abbreviated terms | 27 |
| 4 Classification..... | 28 |
| 5 Characteristics of contactors and starters | 28 |
| 5.1 Summary of characteristics | 28 |
| 5.2 Type of equipment | 29 |
| 5.2.1 Kind of equipment..... | 29 |
| 5.2.2 Number of poles | 29 |
| 5.2.3 Kind of current (AC or DC)..... | 29 |
| 5.2.4 Interrupting medium (air, oil, gas, vacuum, etc.) | 29 |
| 5.2.5 Operating conditions of the equipment..... | 29 |
| 5.3 Rated and limiting values for main circuits | 29 |
| 5.3.1 Rated voltages | 29 |
| 5.3.2 Currents or powers | 31 |
| 5.3.3 Rated frequency | 32 |
| 5.3.4 Rated duties | 32 |
| 5.3.5 Normal load and overload characteristics | 33 |
| 5.3.6 Short-circuit characteristics | 35 |
| 5.3.7 Pole impedance of a contactor (Z) | 36 |
| 5.4 Utilization category | 36 |
| 5.4.1 General | 36 |
| 5.4.2 Assignment of utilization categories based on the results of tests | 36 |
| 5.5 Control circuits..... | 38 |
| 5.6 Auxiliary circuits..... | 39 |
| 5.7 Characteristics of relay and release of overload relays and motor protective switching device (MPSD) | 39 |
| 5.7.1 Summary of characteristics..... | 39 |
| 5.7.2 Types of relay or release | 39 |
| 5.7.3 Characteristic values | 39 |
| 5.7.4 Designation and current settings of overload relays | 41 |
| 5.7.5 Time-current characteristics of overload relays | 41 |
| 5.7.6 Influence of ambient air temperature..... | 42 |
| 5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices..... | 42 |
| 5.9 Void | 42 |
| 5.10 Types and characteristics of automatic change-over devices and automatic acceleration control devices..... | 42 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.10.1 | Types | 42 |
| 5.10.2 | Characteristics..... | 42 |
| 5.11 | Types and characteristics of auto-transformers for two-step auto-transformer starters | 43 |
| 5.12 | Types and characteristics of starting resistors for rheostatic rotor starters | 43 |
| 6 | Product information | 43 |
| 6.1 | Nature of information | 43 |
| 6.1.1 | Identification..... | 43 |
| 6.1.2 | Characteristics, basic rated values and utilization..... | 44 |
| 6.2 | Marking..... | 45 |
| 6.3 | Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling | 46 |
| 6.4 | Environmental information | 46 |
| 7 | Normal service, mounting and transport conditions..... | 46 |
| 8 | Constructional and performance requirements | 47 |
| 8.1 | Constructional requirements | 47 |
| 8.1.1 | General | 47 |
| 8.1.2 | Materials | 47 |
| 8.1.3 | Current-carrying parts and their connections | 48 |
| 8.1.4 | Clearances and creepage distances | 48 |
| 8.1.5 | Actuator..... | 48 |
| 8.1.6 | Indication of the contact position | 49 |
| 8.1.7 | Additional requirements for equipment suitable for isolation..... | 49 |
| 8.1.8 | Terminals | 49 |
| 8.1.9 | Additional requirements for equipment provided with a neutral pole..... | 49 |
| 8.1.10 | Provisions for protective earthing..... | 49 |
| 8.1.11 | Enclosures for equipment | 49 |
| 8.1.12 | Degrees of protection of enclosed equipment | 50 |
| 8.1.13 | Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits | 50 |
| 8.1.14 | Limited energy source | 50 |
| 8.1.15 | Stored charge energy circuit..... | 52 |
| 8.1.16 | Fault and abnormal conditions..... | 52 |
| 8.1.17 | Short-circuit and overload protection of ports..... | 53 |
| 8.2 | Performance requirements | 53 |
| 8.2.1 | Operating conditions..... | 53 |
| 8.2.2 | Temperature-rise | 59 |
| 8.2.3 | Dielectric properties..... | 61 |
| 8.2.4 | Normal load and overload performance requirements | 62 |
| 8.2.5 | Co-ordination with short-circuit protective devices | 68 |
| 8.3 | Electromagnetic compatibility (EMC)..... | 71 |
| 8.3.1 | General | 71 |
| 8.3.2 | Immunity..... | 71 |
| 8.3.3 | Emission..... | 72 |
| 9 | Tests | 72 |
| 9.1 | Kinds of test..... | 72 |
| 9.1.1 | General | 72 |
| 9.1.2 | Type tests..... | 73 |
| 9.1.3 | Routine tests | 73 |

| | | |
|---|---|-----|
| 9.1.4 | Sampling tests..... | 73 |
| 9.1.5 | Special tests..... | 74 |
| 9.2 | Compliance with constructional requirements..... | 75 |
| 9.2.1 | General..... | 75 |
| 9.2.2 | Electrical performance of screwless-type clamping units..... | 75 |
| 9.2.3 | Ageing test for screwless-type clamping units..... | 75 |
| 9.2.4 | Limited energy source test..... | 76 |
| 9.2.5 | Breakdown of components..... | 76 |
| 9.3 | Compliance with performance requirements..... | 77 |
| 9.3.1 | Test sequences..... | 77 |
| 9.3.2 | General test conditions..... | 78 |
| 9.3.3 | Performance under no load, normal load and overload conditions..... | 78 |
| 9.3.4 | Performance under short-circuit conditions..... | 90 |
| 9.3.5 | Overload current withstand capability of contactors..... | 95 |
| 9.3.6 | Routine tests and sampling tests..... | 95 |
| 9.4 | EMC tests..... | 97 |
| 9.4.1 | General..... | 97 |
| 9.4.2 | Immunity..... | 97 |
| 9.4.3 | Emission..... | 99 |
| Annex A (normative) Marking and identification of terminals of contactors, starters and associated overload relays..... | | 101 |
| A.1 | General..... | 101 |
| A.2 | Marking and identification of terminals of main circuits..... | 101 |
| A.3 | Marking and identification of terminals of overload relays..... | 101 |
| Annex B (normative) Special tests..... | | 103 |
| B.1 | General..... | 103 |
| B.2 | Mechanical durability..... | 103 |
| B.2.1 | General..... | 103 |
| B.2.2 | Verification of mechanical durability..... | 103 |
| B.3 | Electrical durability..... | 105 |
| B.3.1 | General..... | 105 |
| B.3.2 | Results to be obtained..... | 106 |
| B.3.3 | Statistical analysis of test results for contactors or starters..... | 106 |
| B.4 | Coordination at the crossover current between the starter and associated SCPD..... | 107 |
| B.4.1 | General and definitions..... | 107 |
| B.4.2 | Condition for the test for the verification of co-ordination at the crossover current by a direct method..... | 108 |
| B.4.3 | Test currents and test circuits..... | 108 |
| B.4.4 | Test procedure and results to be obtained..... | 108 |
| B.4.5 | Verification of co-ordination at the crossover current by an indirect method..... | 108 |
| Annex C (informative) Typical characteristics of starters..... | | 111 |
| Annex D (informative) Items subject to agreement between manufacturer and user..... | | 118 |
| Annex E (Void)..... | | 119 |
| Annex F (normative) Requirements for auxiliary contact linked with power contact (mirror contact)..... | | 120 |
| F.1 | Application and object..... | 120 |
| F.1.1 | Application..... | 120 |

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| F.1.2 | Object..... | 120 |
| F.2 | Terms and definitions..... | 120 |
| F.3 | Characteristics..... | 120 |
| F.4 | Product information..... | 120 |
| F.5 | Normal service, mounting and transport conditions | 121 |
| F.6 | Constructional and performance requirements | 121 |
| F.7 | Tests | 121 |
| F.7.1 | General | 121 |
| F.7.2 | Tests on products in a new condition | 121 |
| F.7.3 | Test after conventional operational performance (defined under Table 13)..... | 122 |
| Annex G (informative) | Rated operational currents and rated operational powers of switching devices for electrical motors | 123 |
| G.1 | General..... | 123 |
| G.2 | Rated operational powers and rated operational currents..... | 123 |
| Annex H (normative) | Extended functions to electronic overload relays..... | 127 |
| H.1 | General..... | 127 |
| H.2 | Terms and definitions..... | 127 |
| H.3 | Limits of operation of control functions | 127 |
| H.3.1 | General | 127 |
| H.3.2 | Limits of electronic overload relay with main circuit under-voltage restarting function..... | 127 |
| H.4 | Test of the control functions | 128 |
| Annex I (informative) | AC-1 contactors for use with semiconductor controlled motor load | 129 |
| Annex J (Void) | | 130 |
| Annex K (normative) | Procedure to determine data for electromechanical contactors used in functional safety applications..... | 131 |
| K.1 | General..... | 131 |
| K.2 | Test requirements | 131 |
| K.3 | Characterization of a failure mode | 131 |
| K.4 | Failure ratios of a contactor | 131 |
| Annex L (normative) | Assessment procedure for electromechanical overload protection used in safety applications and especially in explosive atmospheres | 133 |
| L.1 | Application and object..... | 133 |
| L.1.1 | Application..... | 133 |
| L.1.2 | Object..... | 133 |
| L.2 | Terms, definitions and symbols | 133 |
| L.2.1 | Terms and definitions | 133 |
| L.2.2 | Symbols and abbreviations | 134 |
| L.3 | Procedure | 135 |
| L.3.1 | General | 135 |
| L.3.2 | Safety design process | 135 |
| L.4 | Requirements | 136 |
| L.4.1 | General | 136 |
| L.4.2 | Safety plan | 136 |
| L.4.3 | Design | 137 |
| L.4.4 | Failure mode and effects analysis of the safety function | 137 |
| L.4.5 | Design plan | 138 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| L.4.6 | Verification | 138 |
| L.4.7 | Function assessed..... | 138 |
| L.5 | Documentation..... | 138 |
| L.5.1 | Technical safety documentation..... | 138 |
| L.5.2 | Safety instructions | 138 |
| L.6 | Example..... | 139 |
| L.6.1 | architecture description | 139 |
| L.6.2 | FMEA | 140 |
| Annex M (normative) | DC contactors for use in photovoltaic (PV) applications | 148 |
| M.1 | Application..... | 148 |
| M.2 | Object..... | 148 |
| M.3 | Terms and definitions..... | 148 |
| M.4 | Classification | 149 |
| M.5 | Characteristics..... | 149 |
| M.5.1 | General | 149 |
| M.5.2 | Rated impulse withstand voltage..... | 149 |
| M.5.3 | Utilization category | 149 |
| M.6 | Product information..... | 150 |
| M.7 | Normal service, mounting and transport conditions | 150 |
| M.7.1 | General | 150 |
| M.7.2 | Ambient air temperature | 150 |
| M.7.3 | Altitude | 150 |
| M.8 | Constructional and performance requirements | 151 |
| M.8.1 | Constructional requirements | 151 |
| M.8.2 | Performance requirements..... | 151 |
| M.8.3 | Electromagnetic compatibility (EMC) | 152 |
| M.9 | Tests | 152 |
| M.9.1 | General | 152 |
| M.9.2 | Type tests..... | 152 |
| M.9.3 | Making and breaking capacities and conventional operational performance | 153 |
| M.9.4 | Thermal cycling test..... | 153 |
| M.9.5 | Climatic test..... | 153 |
| M.9.6 | Dielectric test | 153 |
| M.9.7 | Critical load current test..... | 154 |
| M.9.8 | Mechanical properties..... | 155 |
| M.9.9 | Degree of protection of enclosed contactors | 156 |
| M.9.10 | EMC | 156 |
| M.9.11 | Clearance and creepage distances | 156 |
| Annex N (normative) | Additional requirements and tests for equipment with protective separation..... | 157 |
| N.1 | General..... | 157 |
| N.2 | Definitions..... | 157 |
| N.3 | Requirements | 157 |
| N.3.1 | Test method for implementing protective impedance..... | 157 |
| N.3.2 | Touch current measurement | 158 |
| Annex O (informative) | Load monitoring indicators | 160 |
| O.1 | General..... | 160 |
| O.2 | Indicators list | 160 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| O.3 | Uncertainty | 162 |
| O.4 | Tests | 163 |
| O.4.1 | Routine tests | 163 |
| O.4.2 | Type tests..... | 163 |
| Annex P (normative) | Short-circuit breaking tests of MPSD..... | 165 |
| P.1 | General test conditions | 165 |
| P.2 | Rated service short-circuit breaking capacity | 165 |
| P.2.1 | General | 165 |
| P.2.2 | Test of rated service short-circuit breaking capacity..... | 166 |
| P.2.3 | Verification of operational performance capability | 166 |
| P.2.4 | Verification of dielectric withstand..... | 166 |
| P.2.5 | Verification of temperature-rise..... | 167 |
| P.2.6 | Verification of overload releases | 167 |
| P.3 | Rated ultimate short-circuit breaking capacity | 167 |
| P.3.1 | General | 167 |
| P.3.2 | Verification of overload releases | 167 |
| P.3.3 | Test of rated ultimate short-circuit breaking capacity | 168 |
| P.3.4 | Verification of dielectric withstand..... | 168 |
| P.3.5 | Verification of overload releases | 168 |
| P.4 | Test of MPSD for IT system | 168 |
| P.4.1 | General | 168 |
| P.4.2 | Individual pole short-circuit..... | 168 |
| P.4.3 | Verification of dielectric withstand..... | 169 |
| P.4.4 | Verification of overload releases | 169 |
| P.4.5 | Marking | 169 |
| Annex Q (normative) | Co-ordination under short-circuit conditions between a MPSD and another short-circuit protective device associated in the same circuit..... | 170 |
| Q.1 | Application | 170 |
| Q.2 | Object..... | 170 |
| Q.3 | General requirements for the co-ordination of a MPSD with another SCPD | 171 |
| Q.3.1 | General considerations | 171 |
| Q.3.2 | Behaviour of C_1 in association with another SCPD | 171 |
| Q.4 | Type and characteristics of the associated SCPD | 171 |
| Q.5 | Verification of selectivity | 172 |
| Q.5.1 | General | 172 |
| Q.5.2 | Consideration of selectivity by desk study..... | 172 |
| Q.5.3 | Selectivity determined by test | 173 |
| Bibliography..... | | 178 |
| Figure 1 | – Multiple of current setting limits for ambient air temperature compensated time-delay overload relays | 56 |
| Figure 2 | – Thermal memory test | 57 |
| Figure 3 | – Examples of co-ordination characteristics of a starter..... | 70 |
| Figure 4 | – Voltage drop measurement at contact point of the clamping terminal | 75 |
| Figure 5 | – Example of a pole impedance measurement for a 3 pole contactor | 81 |
| Figure A.1 | – Main circuit | 101 |
| Figure A.2 | – Overload relays | 102 |

| | |
|--|-----|
| Figure B.1 – Examples of time-current withstand characteristic..... | 110 |
| Figure C.1 – Typical curves of currents and torques during a star-delta start (see 3.4.4.1) | 111 |
| Figure C.2 – Typical curves of currents and torques during an auto-transformer start (see 3.4.4.2) | 112 |
| Figure C.3 – Typical variants of protected starters, combination starters, protected switching devices and combination switching devices | 113 |
| Figure C.4 – Example of three-phase diagram of a rheostatic rotor starter with three starting steps and one direction of rotation (in the case when all the mechanical switching devices are contactors) | 114 |
| Figure C.5 – Typical methods and diagrams of starting alternating-current induction motors by means of auto-transformers | 116 |
| Figure C.6 – Examples of speed/time curves corresponding to cases a), b), c), d), e) and f) of 5.3.5.6.1 | 117 |
| Figure F.1 – Mirror contact..... | 121 |
| Figure L.1 – Safety design process | 136 |
| Figure L.2 – Typical structure of a thermal overload relay | 139 |
| Figure L.3 – typical structure of MPSD | 140 |
| Figure M.1 – Critical current..... | 154 |
| Figure N.1 – Protection by means of protective impedance | 158 |
| Figure N.2 – Measuring instrument | 159 |
| Figure O.1 – Example of quantification of a process change | 162 |
| Figure Q.1 – Over-current co-ordination between a MPSD and a fuse or back-up protection by a fuse: operating characteristics | 175 |
| Figure Q.2 – Total selectivity between MPSD and circuit-breakers – Case 1 | 176 |
| Figure Q.3 – Total selectivity between MPSD and circuit-breakers – Case 2 | 176 |
| Figure Q.4 – Back-up protection by a circuit-breaker – Operating characteristics – Case 1 | 177 |
| Figure Q.5 – Back-up protection by a circuit-breaker – Operating characteristics – Case 2 | 177 |
| | |
| Table 1 – Utilization categories | 38 |
| Table 2 – Trip classes of overload relays | 41 |
| Table 3 – Limits of operation of time-delay overload relays when energized on all poles..... | 55 |
| Table 4 – Limits of operation of three-pole time-delay overload relays when energized on two poles only..... | 58 |
| Table 5 – Temperature-rise limits for insulated coils in air and in oil | 60 |
| Table 6 – Intermittent duty test cycle data..... | 61 |
| Table 7 – Making and breaking capacities – Making and breaking conditions according to utilization category..... | 63 |
| Table 8 – Relationship between the test current and off-time for the verification of rated making and breaking capacities | 65 |
| Table 9 – Operational current determination for utilization categories AC-6a and AC-6b when derived from AC-3 ratings | 65 |
| Table 10 – Conventional operational performance – Making and breaking conditions according to utilization category..... | 66 |
| Table 11 – Overload current withstand requirements | 68 |

| | |
|---|-----|
| Table 12 – Specific acceptance criteria for immunity tests | 72 |
| Table 13 – Value of the prospective test current according to the rated operational current | 92 |
| Table 14 – Value of the prospective test current according to the rated operational current (harmonized table) | 92 |
| Table 15 – Test conditions for I_{Cd} | 70 |
| Table 16 – EMC immunity tests | 97 |
| Table 17 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (for mains ports) | 99 |
| Table 18 – Radiated emission test limits | 100 |
| Table 19 – Limits for limited energy sources without an over-current protective device | 51 |
| Table 20 – Limits for limited energy sources with an over-current protective device | 51 |
| Table 21 – Limits for limited energy source with current limiting impedance | 52 |
| Table B.1 – Verification of the number of on-load operating cycles – Conditions for making and breaking corresponding to the several utilization categories | 106 |
| Table B.2 – Test conditions | 109 |
| Table F.1 – Test voltage according to altitude | 122 |
| Table G.1 – Rated operational powers and rated operational currents of motors | 124 |
| Table K.1 – Failure mode of contactors | 131 |
| Table K.2 – Typical failure ratios for normally open contactors | 132 |
| Table L.1 – Severity | 140 |
| Table L.2 – Occurrence | 141 |
| Table L.3 – Detection levels | 141 |
| Table L.4 – Conclusion | 142 |
| Table L.5 – Example of failure mode and effects analysis for thermal overload relay | 143 |
| Table M.1 – Rated impulse voltage levels for PV contactors | 149 |
| Table M.2 – Utilization categories | 149 |
| Table M.3 – Ambient air temperature conditions | 150 |
| Table M.4 – Verification of rated making and breaking capacities – Conditions for making and breaking corresponding to the DC-PV category | 151 |
| Table M.5 – Conventional operational performance – Making and breaking condition corresponding to the DC-PV category | 152 |
| Table M.6 – Overall scheme of test sequences | 153 |
| Table M.7 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current | 155 |
| Table M.8 – Critical load current performance | 155 |
| Table O.1 – AC monitoring indicators list | 161 |
| Table O.2 – Different possibilities authorized for verification of indicators | 163 |
| Table O.3 – Reference for verification conditions | 164 |
| Table O.4 – Harmonic levels | 164 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) 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 60947-4-1 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2009 and its Amendment 1:2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- Scope structure and exclusions
- Editorial correction of notes and hanging paragraphs
- Reference to IEC 62683-1
- Motor protective switching device (MPSD) with its requirements

- Safety aspects related to:
 - General aspects;
 - Limited energy circuits;
 - Electronic circuits;
 - Assessment procedure for electromechanical overload protection used in safety - applications (new Annex L)
- Introduction of provisions covering the impact of higher locked rotor current to achieve high efficiency class
- Mention of dedicated wiring accessories
- Pickup power measurement
- Alignment to IEC 60947-1:2007, IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, and IEC 60947-1:2007/AMD2:2014
- Direct current requirements for covering photovoltaic application (new Annex M)
- Load monitoring indicators (new Annex O)
- Short-circuit breaking tests of MPSD (new Annex P)
- Co-ordination under short-circuit conditions between a MPSD and another short-circuit protective device associated in the same circuit (new Annex Q)

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

| FDIS | Report on voting |
|---------------|------------------|
| 121A/224/FDIS | 121A/233/RVD |

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

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

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

This document shall be read in conjunction with IEC 60947-1:2007, IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, IEC 60947-1:2007/AMD2:2014, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*. The provisions of the general rules are applicable to this document, where specifically called for.

The provisions of the general rules dealt with IEC 60947-1 are applicable to this part of IEC 60947 series where specifically called for. Clauses and subclauses, tables, figures and annexes of the general rules thus applicable are identified by reference to IEC 60947-1:2007, IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, and IEC 60947-1:2007/AMD2:2014. For example, 4.3.4.1 of IEC 60947-1:2007, Table 4 of IEC 60947-1:2007, or Annex A of IEC 60947-1:2007.

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.

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

INTRODUCTION

This document introduces the requirements for motor protection switching devices (MPSD).

MPSDs have been available on the market for many years. They are introduced in this document for covering the minimum safety and performance requirements of a manual motor starter with integral electromechanical or electronic short-circuit protection. This device fulfils all requirements of a starter and specific requirements of a circuit-breaker according to IEC 60947-2, mainly I_{CU} and I_{CS} , for protecting the motor and its circuit with control devices e.g. a contactor. An MPSD is not intended to support neutral pole, DC ratings, rated uninterrupted current I_U , backup protection, short-circuit tripping time-delay, selectivity category, withdrawable capability, RCD, recloser, EMC requirements of IEC 60947-2, etc.

Circuit-breakers according to Annex O of IEC 60947-2:2016 with motor overload protection characteristic according to this document but without starter ratings e.g. AC-3 are also available on the market. These devices are not covered by this document.

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

1 Scope

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

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

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

This document covers also the assessment procedure for electromechanical overload protection used in safety applications such as protecting a motor located in explosive atmosphere from the outside atmosphere: See Annex L.

This document does not apply to:

- starters for DC motors¹;
NOTE 1 The requirements for DC motor starters are under consideration for the next maintenance cycle.
- auxiliary contacts of contactors and contacts of contactor relays. These are covered by IEC 60947-5-1;
- starter used downstream to frequency drive¹;
NOTE 2 Additional requirements for starter used downstream to frequency drive are under consideration for the next maintenance cycle.
- short-circuit protective device integrated within starters other than MPSDs. This is covered by IEC 60947-2 and IEC 60947-3;
- the use of the product with additional measure within explosive atmospheres. These are given in IEC 60079 series;
- embedded software design rules¹;
- cyber security aspects. These are covered by IEC 62443 series.

The objective of this document is to state:

- a) the characteristics of the equipment;
- b) the conditions applicable to the equipment with reference to:
 - 1) its operation and behaviour,
 - 2) its dielectric properties,
 - 3) its degree of protection,

¹ For this subject the manufacturer is responsible for taking additional safety measures.

- 4) its construction including safety measures against electric shock, fire hazard and mechanical hazard;
- c) the tests intended for confirming that these conditions have been met, and the methods to be adopted for these tests;
- d) 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 60034-1:2017, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

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

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

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

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

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

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

IEC 60364-7-712, *Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

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

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

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

IEC 60947-1:2007/AMD1:2010

IEC 60947-1:2007/AMD2:2014

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

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

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

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

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

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

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

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

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| AVANT-PROPOS..... | 191 |
| INTRODUCTION..... | 194 |
| 1 Domaine d'application | 195 |
| 2 Références normatives..... | 196 |
| 3 Termes, définitions, symboles et abréviations..... | 197 |
| 3.1 Généralités | 197 |
| 3.2 Index alphabétique des termes | 197 |
| 3.3 Termes et définitions relatifs aux contacteurs | 199 |
| 3.4 Termes et définitions relatives aux démarreurs | 200 |
| 3.5 Termes et définitions concernant les grandeurs caractéristiques..... | 206 |
| 3.6 Termes et définitions relatifs aux aspects liés à la sécurité | 207 |
| 3.7 Symboles et abréviations | 208 |
| 4 Classification..... | 209 |
| 5 Caractéristiques des contacteurs et des démarreurs..... | 209 |
| 5.1 Énumération des caractéristiques | 209 |
| 5.2 Type du matériel..... | 210 |
| 5.2.1 Nature du matériel | 210 |
| 5.2.2 Nombre de pôles | 210 |
| 5.2.3 Nature du courant (alternatif ou continu)..... | 210 |
| 5.2.4 Milieu de coupure (air, huile, gaz, vide, etc.)..... | 210 |
| 5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel | 210 |
| 5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux..... | 211 |
| 5.3.1 Tensions assignées | 211 |
| 5.3.2 Courants ou puissances | 212 |
| 5.3.3 Fréquence assignée | 214 |
| 5.3.4 Services assignés..... | 214 |
| 5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge | 215 |
| 5.3.6 Caractéristiques de court-circuit | 217 |
| 5.3.7 Impédance de pôle d'un contacteur (Z) | 218 |
| 5.4 Catégorie d'emploi..... | 218 |
| 5.4.1 Généralités..... | 218 |
| 5.4.2 Attribution des catégories d'emploi en fonction des résultats d'essais..... | 218 |
| 5.5 Circuits de commande | 220 |
| 5.6 Circuits auxiliaires..... | 221 |
| 5.7 Caractéristiques du relais et du déclencheur des relais de surcharge et de l'appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM)..... | 221 |
| 5.7.1 Énumération des caractéristiques | 221 |
| 5.7.2 Types du relais ou du déclencheur | 221 |
| 5.7.3 Valeurs caractéristiques | 222 |
| 5.7.4 Désignation et courants de réglage des relais de surcharge | 223 |
| 5.7.5 Caractéristiques temps-courant des relais de surcharge | 223 |
| 5.7.6 Influence de la température de l'air ambiant | 224 |
| 5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits..... | 224 |
| 5.9 Vide..... | 224 |
| 5.10 Types et caractéristiques des appareils de commande automatique de commutation et des appareils de commande automatique d'accélération | 224 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.10.1 | Types | 224 |
| 5.10.2 | Caractéristiques | 224 |
| 5.11 | Types et caractéristiques des autotransformateurs des démarreurs par autotransformateur à deux étapes..... | 225 |
| 5.12 | Types et caractéristiques des résistances de démarrage des démarreurs rotoriques à résistances | 225 |
| 6 | Informations sur le matériel | 226 |
| 6.1 | Nature des informations | 226 |
| 6.1.1 | Identification..... | 226 |
| 6.1.2 | Caractéristiques, valeurs assignées fondamentales et utilisation | 226 |
| 6.2 | Marquage | 228 |
| 6.3 | Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage | 228 |
| 6.4 | Informations relatives à l'environnement | 229 |
| 7 | Conditions normales de service, de montage et de transport | 229 |
| 8 | Exigences relatives à la construction et au fonctionnement | 229 |
| 8.1 | Exigences relatives à la construction | 229 |
| 8.1.1 | Généralités | 229 |
| 8.1.2 | Matériaux | 230 |
| 8.1.3 | Parties conductrices et leurs connexions | 230 |
| 8.1.4 | Distances d'isolement et lignes de fuite | 230 |
| 8.1.5 | Organe de commande | 231 |
| 8.1.6 | Indication de la position des contacts | 231 |
| 8.1.7 | Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement..... | 231 |
| 8.1.8 | Bornes..... | 231 |
| 8.1.9 | Exigences supplémentaires pour les matériels équipés d'un pôle neutre | 232 |
| 8.1.10 | Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection | 232 |
| 8.1.11 | Enveloppes pour le matériel | 232 |
| 8.1.12 | Degrés de protection du matériel sous enveloppe..... | 232 |
| 8.1.13 | Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques..... | 232 |
| 8.1.14 | Source d'énergie limitée | 232 |
| 8.1.15 | Circuit d'énergie de charge emmagasinée | 235 |
| 8.1.16 | Conditions de défaut et conditions anormales | 235 |
| 8.1.17 | Protection des accès contre les courts-circuits et les surcharges..... | 236 |
| 8.2 | Exigences relatives au fonctionnement | 236 |
| 8.2.1 | Conditions de fonctionnement..... | 236 |
| 8.2.2 | Échauffement | 242 |
| 8.2.3 | Propriétés diélectriques | 244 |
| 8.2.4 | Exigences de fonctionnement dans des conditions normales de charge et de surcharge | 245 |
| 8.2.5 | Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits | 251 |
| 8.3 | Compatibilité électromagnétique (CEM) | 254 |
| 8.3.1 | Généralités | 254 |
| 8.3.2 | Immunité | 254 |
| 8.3.3 | Émission..... | 255 |
| 9 | Essais | 256 |
| 9.1 | Nature des essais | 256 |
| 9.1.1 | Généralités | 256 |
| 9.1.2 | Essais de type | 256 |

| | | |
|--|---|-----|
| 9.1.3 | Essais individuels de série..... | 256 |
| 9.1.4 | Essais sur prélèvement..... | 256 |
| 9.1.5 | Essais spéciaux..... | 257 |
| 9.2 | Conformité aux exigences de construction | 258 |
| 9.2.1 | Généralités | 258 |
| 9.2.2 | Performance électrique des organes de serrage sans vis | 258 |
| 9.2.3 | Essai de vieillissement pour organes de serrage sans vis..... | 259 |
| 9.2.4 | Essai de la source d'énergie limitée..... | 259 |
| 9.2.5 | Défaillance de composants..... | 260 |
| 9.3 | Conformité aux exigences relatives au fonctionnement | 261 |
| 9.3.1 | Séquences d'essais | 261 |
| 9.3.2 | Conditions générales pour les essais..... | 261 |
| 9.3.3 | Fonctionnement à vide et dans les conditions normales de charge et de surcharge | 262 |
| 9.3.4 | Fonctionnement en court-circuit..... | 275 |
| 9.3.5 | Capacité de tenue des contacteurs aux courants de surcharge..... | 280 |
| 9.3.6 | Essais individuels de série et essais sur prélèvement..... | 280 |
| 9.4 | Essais CEM | 282 |
| 9.4.1 | Généralités | 282 |
| 9.4.2 | Immunité | 283 |
| 9.4.3 | Émission..... | 285 |
| Annexe A (normative) Marquage et identification des bornes des contacteurs, des démarreurs et des relais de surcharge associés | | 287 |
| A.1 | Généralités | 287 |
| A.2 | Marquage et identification des bornes des circuits principaux | 287 |
| A.3 | Marquage et identification des bornes des relais de surcharge | 287 |
| Annexe B (normative) Essais spéciaux | | 289 |
| B.1 | Généralités | 289 |
| B.2 | Durabilité mécanique | 289 |
| B.2.1 | Généralités..... | 289 |
| B.2.2 | Vérification de la durabilité mécanique | 289 |
| B.3 | Durabilité électrique..... | 291 |
| B.3.1 | Généralités..... | 291 |
| B.3.2 | Résultats à obtenir | 292 |
| B.3.3 | Analyse statistique des résultats d'essais pour les contacteurs ou les démarreurs | 293 |
| B.4 | Coordination au courant d'intersection entre démarreur et DPCC associé..... | 293 |
| B.4.1 | Généralités et définitions | 293 |
| B.4.2 | Condition pour l'essai de vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode directe | 294 |
| B.4.3 | Courants d'essai et circuits d'essai | 294 |
| B.4.4 | Procédure d'essai et résultats à obtenir | 294 |
| B.4.5 | Vérification de la coordination au courant d'intersection par une méthode indirecte | 295 |
| Annexe C (informative) Caractéristiques types des démarreurs | | 298 |
| Annexe D (informative) Points faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur | | 305 |
| Annexe E (Vide)..... | | 306 |

| | |
|---|-----|
| Annexe F (normative) Exigences pour un contact auxiliaire lié à un contact de puissance (contact miroir)..... | 307 |
| F.1 Application et objet | 307 |
| F.1.1 Application..... | 307 |
| F.1.2 Objet | 307 |
| F.2 Termes et définitions | 307 |
| F.3 Caractéristiques..... | 307 |
| F.4 Informations sur le matériel..... | 307 |
| F.5 Conditions normales de service, de montage et de transport..... | 308 |
| F.6 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement..... | 308 |
| F.7 Essais..... | 308 |
| F.7.1 Généralités | 308 |
| F.7.2 Essais sur produits à l'état neuf..... | 308 |
| F.7.3 Essai après le fonctionnement conventionnel en service (défini dans le Tableau 12) | 309 |
| Annexe G (informative) Courants assignés d'emploi et puissances assignées d'emploi des appareils de connexion pour moteurs électriques | 310 |
| G.1 Généralités | 310 |
| G.2 Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi..... | 310 |
| Annexe H (normative) Fonctions étendues des relais électroniques de surcharge | 314 |
| H.1 Généralités | 314 |
| H.2 Termes et définitions | 314 |
| H.3 Limites d'action des fonctions de commande..... | 314 |
| H.3.1 Généralités..... | 314 |
| H.3.2 Limites du relais électronique de surcharge avec fonction de redémarrage à minimum de tension du circuit principal..... | 315 |
| H.4 Essai des fonctions de commande | 315 |
| Annexe I (informative) Contacteurs AC-1 pour utilisation avec des moteurs commandés par des appareils à semiconducteurs | 316 |
| Annexe J (Vide) | 317 |
| Annexe K (normative) Procédure de détermination des données des contacteurs électromécaniques utilisés dans des applications de sécurité fonctionnelle..... | 318 |
| K.1 Généralités | 318 |
| K.2 Exigences d'essais | 318 |
| K.3 Caractérisation d'un mode de défaillance..... | 318 |
| K.4 Rapports de défaillance d'un contacteur..... | 318 |
| Annexe L (normative) Procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité, et plus particulièrement dans des atmosphères explosives..... | 320 |
| L.1 Application et objet | 320 |
| L.1.1 Application..... | 320 |
| L.1.2 Objet | 320 |
| L.2 Termes, définitions et symboles..... | 320 |
| L.2.1 Termes et définitions | 320 |
| L.2.2 Symboles et abréviations..... | 322 |
| L.3 Procédure | 322 |
| L.3.1 Généralités..... | 322 |
| L.3.2 Processus de conception de sécurité..... | 322 |
| L.4 Exigences | 323 |

| | | |
|---|---|-----|
| L.4.1 | Généralités | 323 |
| L.4.2 | Plan de sécurité..... | 324 |
| L.4.3 | Conception | 324 |
| L.4.4 | Analyse des modes de défaillance et de leurs effets de la fonction de sécurité | 325 |
| L.4.5 | Plan de conception | 325 |
| L.4.6 | Vérification | 325 |
| L.4.7 | Fonction évaluée | 326 |
| L.5 | Documentation..... | 326 |
| L.5.1 | Documentation de sécurité technique | 326 |
| L.5.2 | Instructions de sécurité..... | 326 |
| L.6 | Exemple..... | 326 |
| L.6.1 | Description de l'architecture | 326 |
| L.6.2 | AMDE | 328 |
| Annexe M (normative) Contacteurs à courant continu utilisés dans des applications photovoltaïques (PV) | | |
| M.1 | Application | 338 |
| M.2 | Objet..... | 338 |
| M.3 | Termes et définitions | 338 |
| M.4 | Classification | 339 |
| M.5 | Caractéristiques..... | 339 |
| M.5.1 | Généralités | 339 |
| M.5.2 | Tension assignée de tenue aux chocs | 339 |
| M.5.3 | Catégorie d'emploi..... | 339 |
| M.6 | Informations sur le matériel..... | 340 |
| M.7 | Conditions normales de service, de montage et de transport..... | 340 |
| M.7.1 | Généralités | 340 |
| M.7.2 | Température de l'air ambiant | 340 |
| M.7.3 | Altitude | 341 |
| M.8 | Exigences relatives à la construction et au fonctionnement..... | 341 |
| M.8.1 | Exigences relatives à la construction | 341 |
| M.8.2 | Exigences relatives au fonctionnement | 341 |
| M.8.3 | Compatibilité électromagnétique (CEM) | 342 |
| M.9 | Essais..... | 343 |
| M.9.1 | Généralités | 343 |
| M.9.2 | Essais de type | 343 |
| M.9.3 | Pouvoirs de fermeture et de coupure et performance de fonctionnement conventionnel en service | 343 |
| M.9.4 | Essai de cycles thermiques | 343 |
| M.9.5 | Essai climatique | 344 |
| M.9.6 | Essai diélectrique | 344 |
| M.9.7 | Essai du courant critique de charge | 344 |
| M.9.8 | Propriétés mécaniques | 346 |
| M.9.9 | Degré de protection des contacteurs sous enveloppe | 346 |
| M.9.10 | CEM | 346 |
| M.9.11 | Distances d'isolement et lignes de fuite | 346 |
| Annexe N (normative) Exigences supplémentaires et essais pour le matériel avec séparation de protection | | |
| N.1 | Généralités | 347 |

| | | |
|------------------------|---|-----|
| N.2 | Définitions..... | 347 |
| N.3 | Exigences | 347 |
| N.3.1 | Méthode d'essai de mise en œuvre de l'impédance de protection | 347 |
| N.3.2 | Mesurage du courant de contact..... | 348 |
| Annexe O (informative) | Indicateurs de surveillance de charge | 350 |
| O.1 | Généralités | 350 |
| O.2 | Liste des indicateurs | 350 |
| O.3 | Incertitude..... | 352 |
| O.4 | Essais..... | 353 |
| O.4.1 | Essais individuels de série..... | 353 |
| O.4.2 | Essais de type | 353 |
| Annexe P (normative) | Essais de coupure en court-circuit de l'ACPM | 355 |
| P.1 | Conditions générales d'essai | 355 |
| P.2 | Pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné..... | 356 |
| P.2.1 | Généralités | 356 |
| P.2.2 | Essai du pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné..... | 356 |
| P.2.3 | Vérification de l'aptitude au fonctionnement en service | 356 |
| P.2.4 | Vérification de la rigidité diélectrique | 356 |
| P.2.5 | Vérification de l'échauffement..... | 357 |
| P.2.6 | Vérification des déclencheurs de surcharge..... | 357 |
| P.3 | Pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné | 357 |
| P.3.1 | Généralités | 357 |
| P.3.2 | Vérification des déclencheurs de surcharge..... | 357 |
| P.3.3 | Essai du pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné | 358 |
| P.3.4 | Vérification de la rigidité diélectrique | 358 |
| P.3.5 | Vérification des déclencheurs de surcharge..... | 358 |
| P.4 | Essai de l'ACPM pour les schémas de mise à la terre de type IT | 358 |
| P.4.1 | Généralités | 358 |
| P.4.2 | Court-circuit du pôle individuel..... | 359 |
| P.4.3 | Vérification de la rigidité diélectrique | 359 |
| P.4.4 | Vérification des déclencheurs de surcharge..... | 359 |
| P.4.5 | Marquage | 359 |
| Annexe Q (normative) | Coordination dans les conditions de court-circuit entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit | 361 |
| Q.1 | Application | 361 |
| Q.2 | Objet..... | 362 |
| Q.3 | Exigences générales relatives à la coordination d'un ACPM avec un autre DPCC | 362 |
| Q.3.1 | Généralités | 362 |
| Q.3.2 | Comportement de C_1 en association avec un autre DPCC..... | 362 |
| Q.4 | Type et caractéristiques du DPCC associé..... | 363 |
| Q.5 | Vérification de la sélectivité | 363 |
| Q.5.1 | Généralités | 363 |
| Q.5.2 | Prise en compte de la sélectivité par étude théorique | 363 |
| Q.5.3 | Sélectivité déterminée par essai | 365 |
| Bibliographie..... | | 369 |

| | |
|--|-----|
| Figure 1 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge à fonctionnement différé compensés pour la température de l'air ambiant | 239 |
| Figure 2 – Essai de mémoire thermique | 240 |
| Figure 3 – Exemples de caractéristiques de coordination d'un démarreur | 253 |
| Figure 4 – Mesurage de chute de tension au point de contact de la borne de contact | 259 |
| Figure 5 – Exemple de mesurage d'impédance de pôles pour un contacteur tripolaire | 265 |
| Figure A.1 – Circuit principal..... | 287 |
| Figure A.2 – Relais de surcharge | 288 |
| Figure B.1 – Exemples de caractéristique de tenue temps-courant | 297 |
| Figure C.1 – Courbes types de courants et de couples au cours d'un démarrage étoile-triangle (voir 3.4.4.1) | 298 |
| Figure C.2 – Courbes types de courants et de couples au cours d'un démarrage par autotransformateur (voir 3.4.4.2)..... | 299 |
| Figure C.3 – Variantes types de démarreurs protégés, de combinés de démarrage, d'appareils de connexion protégés et de combinés d'appareils de connexion..... | 300 |
| Figure C.4 – Exemple de schéma en triphasé d'un démarreur rotorique à résistances à trois étapes de démarrage et à un seul sens de marche (dans le cas dans lequel tous les appareils mécaniques de connexion sont des contacteurs)..... | 301 |
| Figure C.5 – Méthodes et schémas types de démarrage, au moyen d'autotransformateurs, de moteurs à induction à courant alternatif..... | 303 |
| Figure C.6 – Exemples de courbes vitesses/temps correspondant aux cas a), b), c), d), e) et f) de 5.3.5.6.1 | 304 |
| Figure F.1 – Contact miroir | 308 |
| Figure L.1 – Processus de conception de sécurité | 323 |
| Figure L.2 – Structure type d'un relais thermique de surcharge | 327 |
| Figure L.3 – Structure type d'un ACPM | 328 |
| Figure M.1 – Courant critique..... | 345 |
| Figure N.1 – Protection au moyen de l'impédance de protection | 348 |
| Figure N.2 – Instrument de mesure | 349 |
| Figure O.1 – Exemple de quantification d'une modification de procédé | 352 |
| Figure Q.1 – Coordination à maximum de courant entre un ACPM et un fusible ou protection d'accompagnement par un fusible: caractéristiques de fonctionnement | 366 |
| Figure Q.2 – Sélectivité totale entre l'ACPM et les disjoncteurs – Cas 1 | 367 |
| Figure Q.3 – Sélectivité totale entre l'ACPM et les disjoncteurs – Cas 2 | 367 |
| Figure Q.4 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur – Caractéristiques de fonctionnement – Cas 1 | 368 |
| Figure Q.5 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur – Caractéristiques de fonctionnement – Cas 2 | 368 |
| | |
| Tableau 1 – Catégories d'emploi..... | 220 |
| Tableau 2 – Classes de déclenchement des relais de surcharge..... | 223 |
| Tableau 3 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge à fonctionnement différé alimentés sur tous leurs pôles..... | 238 |
| Tableau 4 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires à fonctionnement différé alimentés sur deux pôles seulement..... | 241 |
| Tableau 5 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile..... | 243 |
| Tableau 6 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent | 244 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 7 – Pouvoirs de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure correspondant aux catégories d'emploi..... | 246 |
| Tableau 8 – Relation entre le courant d'essai et la durée à l'état non passant pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure..... | 248 |
| Tableau 9 – Détermination du courant d'emploi pour les catégories d'emploi AC-6a et AC-6b à partir des caractéristiques assignées pour AC-3..... | 248 |
| Tableau 10 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure en fonction de la catégorie d'emploi..... | 249 |
| Tableau 11 – Exigences de tenue aux courants de surcharge | 251 |
| Tableau 12 – Critères d'acceptation spécifiques pour les essais d'immunité | 255 |
| Tableau 13 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi..... | 277 |
| Tableau 14 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi (tableau harmonisé)..... | 278 |
| Tableau 15 – Procédure d'essai pour I_{cd} | 253 |
| Tableau 16 – Essais d'immunité CEM | 283 |
| Tableau 17 – Limites de la tension perturbatrice aux bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques (pour les accès principaux)..... | 285 |
| Tableau 18– Limites d'essai d'émission rayonnée | 286 |
| Tableau 19 – Limites pour les sources d'énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités | 233 |
| Tableau 20 – Limites pour les sources d'énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités | 234 |
| Tableau 21 – Limites pour la source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant | 235 |
| Tableau B.1 – Vérification du nombre de cycles de manœuvres en charge – Conditions d'établissement et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi..... | 292 |
| Tableau B.2 – Conditions d'essai..... | 295 |
| Tableau F.1 – Tension d'essai selon l'altitude | 309 |
| Tableau G.1 – Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi des moteurs | 311 |
| Tableau K.1 – Mode de défaillance des contacteurs | 318 |
| Tableau K.2 – Rapports types de défaillance pour les contacteurs normalement ouverts | 319 |
| Tableau L.1 – Sévérité..... | 328 |
| Tableau L.2 – Occurrence..... | 329 |
| Tableau L.3 – Niveaux de détection | 329 |
| Tableau L.4 – Conclusion | 330 |
| Tableau L.5 – Exemple d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets pour relais thermique de surcharge..... | 331 |
| Tableau M.1 – Niveaux de tension de choc assignée des contacteurs PV..... | 339 |
| Tableau M.2 – Catégories d'emploi..... | 339 |
| Tableau M.3 – Conditions de température de l'air ambiant..... | 341 |
| Tableau M.4 – Vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure correspondant à la catégorie d'emploi DC-PV..... | 342 |
| Tableau M.5 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure correspondant à la catégorie DC-PV..... | 342 |
| Tableau M.6 – Description générale des séquences d'essais..... | 343 |

| | |
|---|-----|
| Tableau M.7 – Nombre de cycles de manœuvres correspondant au courant critique de charge | 345 |
| Tableau M.8 – Performances du courant critique de charge | 346 |
| Tableau O.1 – Liste des indicateurs de surveillance en courant alternatif..... | 351 |
| Tableau O.2 – Différentes possibilités admises pour vérifier les indicateurs | 353 |
| Tableau O.3 – Référence pour les conditions de vérification | 354 |
| Tableau O.4 – Niveaux d'harmoniques | 354 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'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 60947-4-1 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2009, ainsi que son Amendement 1:2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- Structure du domaine d'application et exclusions
- Corrections rédactionnelles des notes et des alinéas suspendus

- Référence à l'IEC 62683-1
- Appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM) accompagné de ses exigences
- Aspects relatifs à la sécurité:
 - Aspects généraux;
 - Circuits limités en énergie;
 - Circuits électroniques;
 - Procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité (nouvelle Annexe L)
- Introduction des dispositions relatives à l'impact du courant rotor bloqué plus élevé afin d'atteindre une classe de rendement supérieure
- Mention des accessoires de câblage dédiés
- Mesurage de la puissance d'appel
- Alignement avec l'IEC 60947-1:2007, l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, et l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014
- Exigences en matière de courant continu pour couvrir les applications photovoltaïques (nouvelle Annexe M)
- Indicateurs de surveillance de charge (nouvelle Annexe O)
- Essais de coupure en court-circuit de l'ACPM (nouvelle Annexe P)
- Coordination dans les conditions de court-circuit entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit (nouvelle Annexe Q)

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 121A/224/FDIS | 121A/233/RVD |

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

Le présent document doit être lu conjointement avec l'IEC 60947-1:2007, l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*. Les dispositions des règles générales sont applicables au présent document, lorsque cela est spécifiquement mentionné.

Les dispositions des règles générales présentées dans l'IEC 60947-1 sont applicables à la présente partie de la série IEC 60947, lorsque cela est spécifiquement mentionné. Les articles et paragraphes, les tableaux, les figures et les annexes des règles générales qui sont donc applicables sont identifiés en référence à l'IEC 60947-1:2007, à l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010 et à l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014. Par exemple, 4.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2007, Tableau 4 de l'IEC 60947-1:2007 ou Annexe A de l'IEC 60947-1:2007.

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.

IMPORTANT – Le logo «*colour inside*» qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Ce document introduit les exigences relatives aux appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM).

Les ACPM sont disponibles sur le marché depuis de nombreuses années. Ils sont présentés dans ce document pour couvrir les exigences minimales de sécurité et de performances d'un démarreur moteur à main comportant une protection intégrale, électromécanique ou électronique, contre les courts-circuits. Cet appareil satisfait à toutes les exigences d'un démarreur et aux exigences spécifiques d'un disjoncteur conformément à l'IEC 60947-2 (plus particulièrement I_{cu} et I_{cs}) pour la protection du moteur et de ses circuits avec des appareils de commande (un contacteur, par exemple). Un ACPM n'a pas vocation à prendre en charge les exigences en matière de pôle neutre, de courants continus assignés, de courant assigné ininterrompu I_u , de protection de secours, de retard de déclenchement de court-circuit, de catégorie de sélectivité, de capacité débrochable, de dispositif à courant différentiel résiduel, de disjoncteur à réenclenchement et de CEM de l'IEC 60947-2, etc.

Les disjoncteurs conformes à l'Annexe O de l'IEC 60947-2:2016 présentant des caractéristiques de protection du moteur contre les surcharges selon le présent document, mais sans caractéristiques assignées de démarreur (AC-3, par exemple), sont également disponibles sur le marché. Ces appareils ne sont pas couverts par le présent document.

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 s'applique aux équipements suivants:

- contacteurs électromécaniques et démarreurs, y compris les appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM);
- organes de commande de contacteurs auxiliaires;
- contacts destinés exclusivement au circuit de la bobine de ce contacteur ou ce contacteur auxiliaire;
- accessoires dédiés (câblage dédié, accessoires d'accrochage dédié, par exemple);

destinés à être connectés à des circuits de distribution, des circuits de moteur et à d'autres circuits de charge, dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

Le présent document couvre également la procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité, telle que la protection d'un moteur situé dans une atmosphère explosive provenant de l'atmosphère extérieure. Voir l'Annexe L.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux démarreurs de moteurs en courant continu¹;

NOTE 1 Des exigences relatives aux démarreurs moteurs en courant continu sont à l'étude pour le prochain cycle de maintenance.

- aux contacts auxiliaires des contacteurs et aux contacts des contacteurs auxiliaires. Ils sont couverts par l'IEC 60947-5-1;
- aux démarreurs utilisés en aval d'un entraînement à fréquence variable¹;

NOTE 2 Des exigences supplémentaires relatives aux démarreurs utilisés en aval d'un entraînement à fréquence variable sont à l'étude pour le prochain cycle de maintenance.

- aux dispositifs de protection contre les courts-circuits intégrés dans les démarreurs autres que des ACPM. Ils sont couverts par l'IEC 60947-2 et l'IEC 60947-3;
- à l'utilisation du produit avec des dispositifs supplémentaires en atmosphères explosives. Elle est spécifiée par la série IEC 60079;
- aux règles de conception de logiciels intégrés¹;
- aux aspects liés à la cybersécurité. Ils sont couverts par la série IEC 62443.

Le présent document a pour objet de fixer:

- a) les caractéristiques du matériel;
- b) les conditions applicables au matériel relativement:
 - 1) à son fonctionnement et son comportement,

¹ À ce sujet, le fabricant est chargé de prendre des mesures de sécurité supplémentaires.

- 2) à ses propriétés diélectriques,
 - 3) à son degré de protection,
 - 4) à sa construction, y compris les mesures de sécurité contre les chocs électriques, les dangers d'incendie et les dangers mécaniques;
- c) les essais destinés à vérifier si ces conditions sont réalisées, ainsi que les méthodes à adopter pour ces essais;
- d) les renseignements à fournir avec les matériels ou dans la documentation du fabricant.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60034-12:2016, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

IEC 60034-30-1, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60079-14, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

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

IEC 60364-1:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-7-712, *Installations électriques à basse tension – Partie 7-712: Exigences applicables aux installations ou emplacements spéciaux – Installations d'énergie solaire photovoltaïque (PV)*

IEC 60715:2017, *Dimensions de l'appareillage à basse tension – Montage normalisé sur profilés-supports pour le support mécanique des appareillages et de leurs accessoires*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

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

IEC 60947-1:2007/AMD1:2010

IEC 60947-1:2007/AMD2:2014

IEC 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

IEC 60947-5-1:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61051-2, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Deuxième partie: Spécification intermédiaire pour varistances pour limitations de surtensions transitoires*

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

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 61810-1, *Relais électromécaniques élémentaires – Partie 1: Exigences générales et de sécurité*

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 3864-2, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 2: Principes de conception pour l'étiquetage de sécurité des produits*