

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC) for rotating electrical
machines**

**Appareillage à basse tension –
Partie 8: Unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP)
aux machines électriques tournantes**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC) for rotating electrical
machines**

**Appareillage à basse tension –
Partie 8: Unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP)
aux machines électriques tournantes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-1009-4

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions, symbols and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Symbols and abbreviated terms	11
4 Void.....	11
5 Characteristics of control units for built-in thermal protection (PTC).....	11
5.1 Summary of characteristics	11
5.2 Type of equipment	11
5.2.1 Operating temperatures of protection systems	11
5.2.2 Rated PTC thermistor operating temperature	11
5.2.3 Rated system operating temperature	12
5.2.4 Maximum permissible rated operating temperature for the system	12
5.2.5 Control unit with reset temperature	12
5.2.6 Control unit with sensor short-circuit detection.....	12
5.2.7 Control unit with sensor wire break detection.....	12
5.3 Rated electrical values of the switching device of the control unit	13
5.3.1 Rated electrical values of switching devices	13
5.3.2 Rated voltages of a control unit.....	13
5.3.3 Rated currents of a control unit.....	13
5.3.4 Rated making and breaking capacities of a control unit.....	13
5.4 Rated electrical values of characteristic variation related to PTC thermistors	13
5.4.1 General	13
5.4.2 Electrical data/ratings and characteristics related to the PTC thermistor	13
5.4.3 Rated voltage of the PTC thermistor circuit of the control unit.....	14
5.5 Control supply circuit	14
5.6 Auxiliary circuits.....	14
6 Product information	14
6.1 Nature of information	14
6.2 Marking.....	15
6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling.....	15
6.4 Environmental information	15
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	15
8 Constructional and performance requirements	16
8.1 Constructional requirements	16
8.1.1 General	16
8.1.2 Materials	17
8.1.3 Current-carrying parts and their connections	17
8.1.4 Clearances and creepage distances	17
8.1.5 Vacant.....	17
8.1.6 Vacant.....	17
8.1.7 Vacant.....	17
8.1.8 Terminals	17

8.1.9	Vacant	18
8.1.10	Provisions for protective earthing	18
8.1.11	Dedicated enclosures for equipment	18
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment	18
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits	18
8.1.14	Limited energy source	18
8.1.15	Stored charge energy circuit	20
8.1.16	Fault and abnormal conditions	20
8.1.17	Short-circuit and overload protection of ports	21
8.2	Performance requirements	21
8.2.1	Operating conditions	21
8.2.2	Abnormal conditions of service	22
8.2.3	Dielectric properties	22
8.2.4	Temperature rise	22
8.2.5	Conditional short-circuit current	22
8.2.6	Making and breaking capacities for control and auxiliary circuits	22
8.2.7	Additional requirements and tests for equipment with protective separation	22
8.2.8	Operating temperature variation	22
8.2.9	Damp heat	22
8.2.10	Shock and vibration	22
8.2.11	Requirements for short-circuit detection within the PTC thermistor circuit	23
8.2.12	Requirements for wire break detection within the PTC thermistor circuit	23
8.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	23
8.3.1	General	23
8.3.2	Immunity	23
8.3.3	Emission	24
9	Tests	24
9.1	Kinds of tests	24
9.1.1	General	24
9.1.2	Type tests	24
9.1.3	Routine tests	24
9.1.4	Sampling tests	25
9.1.5	Special tests	25
9.2	Compliance with constructional requirements	25
9.2.1	General	25
9.2.2	Electrical performance of screwless-type clamping units	25
9.2.3	Ageing test for screwless-type clamping units	25
9.2.4	Limited energy source test	25
9.2.5	Breakdown of components	26
9.3	Compliance with performance requirements	27
9.3.1	Test sequences	27
9.3.2	General test conditions	28
9.3.3	Performance	28
9.3.4	Performance under conditional short-circuit current	32
9.4	EMC tests	32
9.4.1	General	32
9.4.2	Immunity	32

9.4.3	Emission.....	33
9.5	Routine and sampling tests	34
9.5.1	General	34
9.5.2	Operating tests on control units	34
9.5.3	Dielectric tests.....	34
9.5.4	Routine verification of switch on and switch off of Mark A control units	34
Annex A	(normative) PTC thermistors used in thermal protection systems	35
A.1	Characteristics of association of Mark A thermistors	35
A.2	Verification of interchangeability characteristics	35
A.2.1	Type tests on Mark A thermistors.....	35
A.2.2	Routine tests on Mark A thermistors	36
Annex B	(normative) Additional requirements and tests for equipment with protective separation.....	37
B.1	General.....	37
B.2	Definitions.....	37
B.3	Requirements	37
B.3.1	Test method for implementing protective impedance.....	37
B.3.2	Touch current measurement	38
Bibliography		40
Figure 1	– Measurement of wire break detection	31
Figure A.1	– Characteristic curve of a typical Mark A thermistor.....	36
Figure B.1	– Protection by means of protective impedance	38
Figure B.2	– Measuring instrument	39
Table 1	– Limits for limited energy sources without an over-current protective device	19
Table 2	– Limits for limited energy sources with an over-current protective device	19
Table 3	– Limits for limited energy source with current limiting impedance	20
Table 4	– Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (for control supply input)	33
Table 5	– Radiated emission test limits	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC)
for rotating electrical machines**

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.

IEC 60947-8 has been prepared by subcommittee 121A: Low voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003, Amendment 1:2006 and Amendment 2:2011. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) safety aspects related to:
 - general aspects;
 - limited energy circuits;
 - electronic circuits;
- b) alignment to IEC 60947-1:2020;

- c) wire break detection function;
- d) the term detector is replaced by thermistor;
- e) reference to IEC 60738-1-4.

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 International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
121A/424/FDIS	121A/436/RVD

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

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

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

Thermal protection systems which are based on the principle of monitoring the temperature of the protected parts constitute a simple and effective means of protecting rotating electrical machines, called also electric motors, against excessive temperature rises, including those caused by faults in the cooling system, or excessively high ambient temperature, whereas systems of protection based only on monitoring the current absorbed do not ensure this type of protection in every circumstances.

Since the operating temperature and response times of thermal protection systems are fixed in advance, they are not often adjusted in relation to the conditions of use of the machine and, hence, they are not completely effective for all fault conditions, or improper use of the machine.

A thermal protection system in accordance with this document can consist of a characteristic change thermal detector which has an associated control unit to convert a point on the characteristic of the detector to a switching function. A very large number of thermal protection systems are in use and, in all cases, the machine manufacturer will fit the detectors in the machine. The machine manufacturer will either supply the control unit with the machine or specify particulars of the control unit to be used.

It is also customary for the control units to be considered as part of the control system and not necessarily supplied with the machine. For this reason, it is considered useful to have an interchangeable system, where the characteristics of association between the detector and the control unit are specified. This particular system is not considered superior in any way to other systems complying with the requirements of this document, but in some fields the practice is likely to be that this interchangeable system will be used, as indicated by the designation "Mark A".

IECNORM.COM : Click to view the full text of IEC 60947-8:2021

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC) for rotating electrical machines

1 Scope

This part of IEC 60947 series specifies requirements for control units, which control a switching device in response to the PTC thermistors incorporated in rotating electrical machines and the industrial application.

It specifies requirements for that type of system comprising a positive temperature coefficient (PTC) thermistor having particular characteristics, and its associated control unit.

This document includes:

- the characteristics, construction, performance and tests of the control unit; and
- its association with a PTC thermistor designated “Mark A”

This document does not cover:

- the incorporation of thermal protections into rotating machines and their maximum winding temperature. See IEC 60034-11;
- use of the product within explosive atmospheres (see IEC 60079 (all parts));
- software and firmware requirements;

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

- cyber security aspects (see IEC TS 63208).

NOTE 2 It is not possible to specify all the requirements for the operating characteristics of a control unit, as they are dependent on some aspects of the PTC thermistors. Some aspects of the requirements of the thermal protector system can only be specified when account is taken of the characteristics of the rotating machine to be protected and the method of installation of the PTC thermistor within the machine.

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.

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
CISPR 11:2015/AMD1:2016

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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

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

IEC 60738-1:2006, *Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification*

IEC 60738-1:2006/AMD1:2009

IEC 60738-1-4:2008, *Thermistors – Directly heated positive step-function temperature coefficient – Part 1-4: Blank detail specification – Sensing application – Assessment level EZ*

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

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

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

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

3 Terms and definitions, symbols and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60947-1:2020, as well as the following terms and definitions, apply.

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

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

3.1.1

built-in thermal protection

protection of certain parts (called protected parts) of a rotating electrical machine against excessive temperatures resulting from certain conditions of thermal overload, achieved by means of a thermal protection system, the whole or part of which is a thermally sensitive device incorporated within the machine

3.1.2

thermal protection system

system intended to ensure the thermal protection of a rotating electrical machine by means of a built-in PTC thermistor together with a control unit

3.1.3

control system

system to translate a particular point on the characteristic of a PTC thermistor to a switching function on the supply to the rotating electrical machine

Note 1 to entry: The system is capable of being reset (either manually or automatically) when the temperature falls to the reset value.

3.1.4

protected part

part of a rotating electrical machine, the temperature of which is limited to a predetermined value by the action of the thermal protection system

3.1.5

abrupt characteristic change PTC thermistor

PTC thermistor for which the abrupt change in resistance for one fixed temperature is able to initiate a switching operation in the control system

3.1.6

control unit

device which converts into a switching function the variation of the characteristic of a PTC thermistor

Note 1 to entry: The control unit can be part of other devices or systems.

3.1.7

control circuit

circuit controlling the switching device which makes and breaks the power supply

3.1.8

PTC thermistor operating temperature

<TNF> thermistor temperature at which, during an increase variation of the characteristic related to the temperature is such as to cause operation of the associated control unit

3.1.9

system operating temperature

<TFS> thermistor temperature at which, during an increase of temperature, the thermistor and control unit together cause the operation of the control unit

3.1.10

reset temperature

thermistor temperature at which, during a decrease variation of the characteristic related to the temperature is such that it permits the resetting of the control unit

3.1.11

positive temperature coefficient thermistor

PTC thermistor

thermistor, the resistance of which increases with its increasing temperature throughout the useful part of its characteristic

[SOURCE: IEC 60738-1:2006, 3.4, modified – Addition of alternative term.]

3.1.12

mark A thermistor

PTC thermistor having the particular characteristics described in Annex A

3.1.13

mark A control unit

control unit having the particular characteristics specified in this document and intended for operation in conjunction with a mark A thermistor

3.1.14

short-circuit detection

control unit capable of detecting short-circuited thermistor circuits

3.1.15

wire break detection

control unit capable of detecting wire breaks within the PTC thermistor circuits

3.2 Symbols and abbreviated terms

EMC	Electromagnetic compatibility
I_e	Rated operational current (5.3.3)
I_{th}	Conventional free air thermal current (5.3.3)
PTC	Positive temperature coefficient
Q	Amplification factor (9.3.3.14.3)
TFS	System operating temperature (3.1.9)
TNF	PTC thermistor operating temperature (3.1.8)
U_e	Rated operational voltage (5.3.2)
U_i	Rated insulation voltage (5.3.2)
U_{imp}	Rated impulse withstand voltage (6.1)
U_r	Rated voltage of the thermistor circuit (6.1)
U_s	Rated control circuit supply voltage (6.1)

4 Void

5 Characteristics of control units for built-in thermal protection (PTC)

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of a control unit shall be stated in the following terms, where such terms are applicable:

- type of equipment (see 5.2);
- rated electrical values of the control unit (see 5.3);
- rated electrical values of the characteristic of the PTC thermistors and its circuit (see 5.4);
- rated electrical values of the control supply circuit (see 5.5).

5.2 Type of equipment

5.2.1 Operating temperatures of protection systems

Each PTC thermistor, or PTC thermistor with control unit, shall have either a declared rated operating temperature in accordance with 5.2.2 (TNF), or a declared rated system operating temperature in accordance with 5.2.3 (TFS), or both.

EXAMPLE

- Abrupt characteristic change PTC thermistor: TNF to be declared; TFS is not applicable.
- Abrupt characteristic change PTC thermistor with its control unit: TFS can be declared. For such systems the value of TFS can coincide with the value of TNF for the PTC thermistor itself.

5.2.2 Rated PTC thermistor operating temperature

In the case of an abrupt characteristic change PTC thermistor, the value of the TNF shall be declared under item o) of 6.1.

It is recommended that the normal value of TNF, expressed in degrees Celsius, be selected from the series of numbers which are multiples of five.

5.2.3 Rated system operating temperature

When the PTC thermistor and the control unit are supplied as a combined unit, the TFS shall be declared under item o) of 6.1.

The tolerance on the declared value of the TFS shall be ± 6 K unless otherwise specified.

NOTE The tolerance is the sum of the tolerances of the PTC thermistor and the control unit.

Routine tests shall be carried out to verify correct operation under normal operating conditions in accordance with 8.2.1.1.

5.2.4 Maximum permissible rated operating temperature for the system

The maximum permissible value of the TFS depends on both the particular PTC thermistor and the control unit. It shall be declared under item o) of 6.1.

NOTE For any particular device, the maximum value of the TFS will be dependent on the characteristics and the materials used in the manufacture of the PTC thermistor, or by the limits on the characteristics of the PTC thermistor which can be modified by the range of settings available with the control unit design.

5.2.5 Control unit with reset temperature

When the reset function is provided, the reset temperature value and tolerances shall be provided under item o) of 6.1.

The reset temperature is verified in accordance with 9.3.3.8.

To restart the machine (electric motor) after the tripping of the control unit (switched off), it is important for the machine winding and the PTC thermistor to cool sufficiently to permit normal machine acceleration without nuisance tripping, especially with a high inertia load. The temperature value for restarting depends on installation and service conditions. The control unit can be designed in order to permit a selection of different temperature values.

For a manual restarting system, the maximum temperature should be considered. For automatic restarting systems, the machine manufacturer should consider the minimum and maximum differential temperatures which result from choices of TNF or TFS and reset temperature with the declared tolerance values. Differential values which are too narrow might not permit sufficient cool-down for restarting without nuisance tripping. Differential temperatures that are too wide can result in an excessively long machine cooling down time or resetting can be prevented in high ambient temperatures.

5.2.6 Control unit with sensor short-circuit detection

Control unit can be declared with sensor short-circuit detection. PTC thermistors have a low resistance and therefore a special measure is necessary to recognize a reduction of the resistance to nearly zero by a short-circuit. For safety applications, or to increase the lifetime of a rotating electrical machine, it is recommended to establish a short-circuit detection system within the PTC thermistor circuit. The safety of the thermal protection, in particular, is increased by such a short-circuit detection.

Such a short-circuit detection only identifies a short-circuit but it does not automatically cover a defined action. All following actions depend on the configuration of the control unit and the application.

5.2.7 Control unit with sensor wire break detection

Control unit can be declared with sensor wire break detection. The wire break detection shall monitor the PTC thermistor circuit, detect any interruption and give a corresponding signal.

The wire break detection is based on the evaluation of the steepness of the resistance-rise in the PTC thermistor circuit, caused by wire break in the PTC thermistor cable or caused by improper temperature-rise of the motor. In both cases the resistance in the PTC thermistor circuits can be higher than 100 k Ω .

5.3 Rated electrical values of the switching device of the control unit

5.3.1 Rated electrical values of switching devices

The rated electrical values of the switching devices of control units shall be declared in accordance with 5.3.2 to 5.3.4, as appropriate.

5.3.2 Rated voltages of a control unit

The rated voltages of a control unit are the rated insulation voltage (U_i) and the rated operational voltage (U_e) as defined in 5.3.1.2 and 5.3.1.1 of IEC 60947-1:2020.

5.3.3 Rated currents of a control unit

The rated currents of a control unit are the conventional free air thermal current (I_{th}) and the rated operational current (I_e) as defined in 5.3.2.1 and 5.3.2.3 of IEC 60947-1:2020.

NOTE A control unit can be assigned a number of combinations of rated operational voltage and rated operational current.

5.3.4 Rated making and breaking capacities of a control unit

For a control unit to which a utilization category is assigned, the utilization category shall be declared according to 4.4 of IEC 60947-5-1:2016 and it is unnecessary to specify rated making and breaking capacities, since these values depend directly on the utilization category and on the rated operational voltages and currents.

5.4 Rated electrical values of characteristic variation related to PTC thermistors

5.4.1 General

The rated electrical values of the characteristic variation related to PTC thermistors shall be declared.

5.4.2 Electrical data/ratings and characteristics related to the PTC thermistor

The detail specification of IEC 60738-1-4:2008 shall be used as sensor input reference for control units, tolerances or limiting values for the following parameters. If necessary, electrical data can be listed in tabular form, with reference to styles and codes as follows:

- upper/lower category temperatures (UCT/LCT);
- operating temperature range at maximum voltage;
- maximum voltage (U_{max});
- zero-power resistance (R_T);
- lowest resistance value (R_{min});
- resistance RNF at TNF (if applicable, see Figure 2 of IEC 60738-1:2006);
- isolation test voltage (insulated PTC thermistors only);
- insulation resistance (insulated PTC thermistors only);
- response time.

5.4.3 Rated voltage of the PTC thermistor circuit of the control unit

The rated voltage of the PTC thermistor circuit (U_r) intended to be used with characteristic variation related to PTC thermistors having a defined rated operational voltage shall be declared.

The voltage U_r is the maximum value of voltage which appears between each pair of terminals intended for the connection of a PTC thermistor circuit when a resistance, determined as below, is connected between these terminals and when the control unit is supplied at its rated voltage.

The resistance to be used corresponds to the value of the characteristic curve when the control unit is switched off and takes into account the number of PTC thermistors in the circuit. This may be a maximum or minimum value depending upon the shape of the characteristic curve.

NOTE If the circuit is an AC circuit, the rated voltage is the peak value of voltage, indicated by U_r .

5.5 Control supply circuit

Subclause 5.5.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

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

- limited energy (if the source is in accordance with 8.1.14);
- SELV (PELV) supply (in accordance with Annex N of IEC 60947-1:2020).

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

5.6 Auxiliary circuits

Subclause 5.6 of IEC 60947-1:2020 applies, with the following additions:

Under normal conditions, auxiliary circuits are characterized in the same way as control circuits and are subject to the same requirements.

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

6 Product information

6.1 Nature of information

The following information shall be given:

Identification

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

Additional marking of Mark A control units:

The control unit shall be marked with the letter "A" additional to the number of this document.

Characteristics, basic rated values and utilization

- d1) rated control circuit supply voltage U_s (5.4.3);

- d2) for each relevant circuit, suitability for use with SELV/PELV circuit with the corresponding maximum rated operational voltage (see IEC 61140 and Annex N of IEC 60947-1:2020);
- e) rated frequency of the control circuit supply voltage (5.5);
- f) rated operational voltage U_e of the control unit (5.3.2);
- g) rated operational current I_e of the control unit (5.3.3);
- h) utilization category, or making and breaking capacities (5.3.4);
- i) circuit diagram which specifies the terminal marking and the connections of the PTC thermistors, the control unit and the supply;
- j) rated insulation voltage U_i of the control circuit (5.3.2);
- k) type of PTC thermistors with which the control unit is to be used and, if applicable, the rated voltage U_r of the PTC thermistor circuit (5.4.3);
- l) IP code in case of an enclosed equipment;
- m) environment A or environment B (see 8.3.1 of IEC 60947-1:2020);
- n) rated impulse withstand voltage U_{imp} ;
- o) rated operating temperatures (5.2.1, 5.2.4) and, reset temperature if any (5.2.5);
- p) sensor short-circuit and sensor wire break detection function if any (5.2.6, 5.2.7);
- q) ratings of the auxiliary circuits (5.6).

6.2 Marking

Subclause 6.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Data under d) to q) above shall, be marked on the equipment or in the manufacturer's published literature.

Data under c) and l) above shall be marked on the equipment.

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

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

Information shall be provided in the manufacturer's instructions to advise the user on the measures to be taken with regard to the equipment in connection with the requirements for EMC.

6.4 Environmental information

Subclause 6.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

NOTE IEC TS 63058 gives the method for assessing the environmental impact of switchgear and controlgear.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 of IEC 60947-1:2020 applies.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 General

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

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

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

Components used in the construction of the equipment, compliant with a relevant IEC product standard do not require separate evaluation. Components or assemblies of components, for which no relevant product standard exists, shall be tested according to the requirements of this document. Where mechanical switching devices are used, they should meet the requirements of their own IEC product standard, and the additional requirements of this document.

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

The accessible part of the device and especially the operating means shall not present sharp edges and corners which can injure the operator.

The user manual shall give details of all safety-relevant measures intended for the user. Clear warning shall be provided in the user manual where adjustments or settings could lead to a hazardous situation.

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

Connection devices (e.g. terminals), when fitted, shall be able to accept single strand conductors from 0,5 mm² to 1,5 mm², and shall be sufficient in number to permit the connection of the PTC thermistor circuit(s).

Terminals for connection to a single PTC thermistor circuit shall be marked T1 and T2.

Terminals for connection to several PTC thermistor circuits shall be marked 1T1 and 1T2, 2T1 and 2T2, etc.

Terminals intended to be at frame or earth potential shall be marked with the appropriate symbol as specified in IEC 60417.

The installation shall be made in accordance with the manufacturer's instructions, including permissible shock and vibration levels and limitations on mounting positions.

8.1.2 Materials

8.1.2.1 General materials requirements

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

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

NOTE Fire hazard aspects are detailed in IEC TR 63054.

8.1.2.2 Glow wire testing

Subclause 8.1.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

When tests on the equipment or on sections taken from the equipment are used, parts of insulating materials necessary to retain current-carrying parts in position shall conform to the glow-wire tests of 9.2.2.1 in IEC 60947-1:2020 at a test temperature of 850 °C.

8.1.2.3 Test based on flammability category

Subclause 8.1.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.3 Current-carrying parts and their connections

Subclause 8.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.4 Clearances and creepage distances

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

Clearance and creepage distances within the circuits sourced from limited energy sources as defined in 8.1.14, including those on printed wiring boards (PWBs), are not required to comply with the requirements of this above subclause.

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

NOTE If some circuits are only accessible under maintenance or similar conditions, they can, depending on the risk level (severity of harm and the probability of occurrence), be considered under normal service conditions (see 6.1), and use only basic insulation.

8.1.5 Vacant

8.1.6 Vacant

8.1.7 Vacant

8.1.8 Terminals

8.1.8.1 General

Subclause 8.1.8 of IEC 60947-1:2020 applies with, however, the following additional requirements.

8.1.8.2 Terminal identification and marking

Subclause 8.1.8.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

Equipment may be provided with means for connection to earth for functional purposes only (as distinct from protective earth). They shall have a marking or other identification in accordance with IEC 60445.

8.1.9 Vacant

8.1.10 Provisions for protective earthing

Subclause 8.1.10 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.11 Dedicated enclosures for equipment

Subclause 8.1.11 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.12 Degrees of protection of enclosed equipment

Subclause 8.1.12 of IEC 60947-1:2020 applies.

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

Subclause 8.1.13 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.1.14 Limited energy source

8.1.14.1 General

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

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

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

8.1.14.2 Limited energy source with galvanic separation

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

- a) the output is inherently limited in compliance with Table 1; or
- b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 1. If a positive temperature coefficient device (e.g. PTC) is used, it shall pass the applicable tests specified in IEC 60730-1; or
- c) a regulating network limits the output in compliance with Table 1, both with and without a single fault in the regulating network; or
- d) an over-current protective device is used and the output is limited in compliance with Table 2.

NOTE Where an over-current protective device is used, it can be a fuse or non-adjustable electromechanical device.

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

In case of external power supplies without overcurrent protective devices, they shall not exceed the values given in Table 1. In case of external power supplies with over-current protective devices they shall not exceed the values given in Table 2.

Table 1 – Limits for limited energy sources without an over-current protective device

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

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

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

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

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

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

Table 2 – Limits for limited energy sources with an over-current protective device

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

NOTE The reason for making measurements with over-current protective devices bypassed according to ^d is to determine the amount of energy that is available to cause possible overheating during the operating time of the over-current protective devices.

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

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

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

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

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

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

8.1.14.3 Limited energy source with current limiting impedance

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

- a) the output voltage is limited in compliance with Table 3, and
- b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 3, both with and without a single fault.

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

Table 3 – Limits for limited energy source with current limiting impedance

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

8.1.15 Stored charge energy circuit

Parts including stored charge (capacitors) that are accessible during installation or disconnection shall present no risk of electric energy hazard after disconnection.

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

8.1.16 Fault and abnormal conditions

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

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

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

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

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

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

8.1.17 Short-circuit and overload protection of ports

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

Compliance shall be checked by inspection and where necessary, by simulation of single fault conditions.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 Normal conditions of service

Control units shall operate satisfactorily under all the conditions of Clause 7 and the following conditions when used with the appropriate PTC thermistors:

- supply voltage between 85 % and 110 % of the rated control circuit supply voltage (U_s);
- frequency of the control circuit supply voltage (for AC units) 50 Hz or 60 Hz;
- clean air and a relative humidity not exceeding 50 % at a maximum of 40 °C;
- DC units, ripple and form factor is given in the manufacturer's instructions.

NOTE Conditions of service which are outside the above limits can be given in the manufacturer's instruction.

8.2.1.2 Limits of operation

When the control unit operates under the normal conditions of service and the PTC thermistor circuit is connected to the terminals of the control unit, the following conditions shall be met to comply with Mark A characteristics. Compliance shall be verified by the tests specified in 9.3.3.10.

- a) the control unit shall switch on, or be able to be reset, when the resistance of the PTC thermistor circuit is 750 Ω or less;
- b) the control unit shall switch off when the resistance of the PTC thermistor circuit is increased from 1 650 Ω to 4 000 Ω ;
- c) the control unit shall switch on, or be able to be reset, when the resistance of the PTC thermistor circuit falls from 1 650 Ω to 750 Ω ;
- d) when a resistance of 4 000 Ω is connected between each pair of terminals intended for the connection of a PTC thermistor circuit, and when the control unit operates at its rated voltage, the voltage per pair of terminals shall not exceed 7,5 V (direct or alternating peak voltage);
- e) there shall be no significant modification in the operation of the control unit when the capacitance of the PTC thermistor circuit is not greater than 0,2 μF .

8.2.2 Abnormal conditions of service

The control unit shall be able to withstand without damage the conditions produced when it is supplied at its rated voltage and also:

- when a short-circuit link is placed across each pair of PTC thermistor circuit terminals;
- when each pair of PTC thermistor circuit terminals is open-circuited.

This shall be verified by the test specified in 9.3.3.2.

8.2.3 Dielectric properties

Subclause 8.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

The power frequency dielectric tests for the PTC thermistor circuit of the control unit shall be based on the rated insulation voltage U_i of the control circuit given in item j) of 6.1 or if not available, at the value of 690 V.

8.2.4 Temperature rise

Auxiliary circuits of an equipment including auxiliary switches shall be capable of carrying their conventional thermal current without the temperature-rise exceeding the limits specified in Tables 2 and 3 of IEC 60947-1:2020, when tested in accordance with 9.3.3.3.

8.2.5 Conditional short-circuit current

The switching element shall withstand the stresses resulting from short-circuit currents under the conditions specified in 9.3.4.

8.2.6 Making and breaking capacities for control and auxiliary circuits

The utilization category shall be declared as AC-15 and DC-13 as defined by IEC 60947-5-1 and verified by tests in 9.3.3.5.

8.2.7 Additional requirements and tests for equipment with protective separation

Annex N of IEC 60947-1:2020 applies with the additional requirements stated in Annex B of this document.

8.2.8 Operating temperature variation

The operating temperatures of the PTC thermistor (TNF or TFS as applicable) before and after the tests to verify the rated making and breaking capacities of the switching component under normal and abnormal conditions of use shall meet the requirements according to the requirements of 5.2.3.

This shall be verified by the test specified in 9.3.3.6.

8.2.9 Damp heat

The damp heat test of the control unit may be performed according to Annex Q of IEC 60947-1:2020.

8.2.10 Shock and vibration

8.2.10.1 Shock

The control unit shall be tested in accordance with IEC 60068-2-27 with the parameters of Table Q.1 of Annex Q of IEC 60947-1:2020, category E.

8.2.10.2 Vibration

The control unit shall be tested in accordance with IEC 60068-2-6 with the parameters of Table Q.1 of Annex Q of IEC 60947-1:2020, category D, with the output activated and not activated.

8.2.11 Requirements for short-circuit detection within the PTC thermistor circuit

When the control unit operates under normal conditions of service and the PTC thermistor circuit is connected to the terminals of the control unit, the following conditions shall be met:

- a) the control unit shall be switched on, or be able to be reset, when the resistance of the PTC thermistor circuit is between $X \Omega$ and 750Ω ;
- b) the control unit shall switch off as the resistance falls, before it reaches 10Ω ;
- c) the control unit shall switch on, or be able to be reset, when the resistance of the PTC thermistor circuit is increased, before it reaches $X \Omega$;
- d) there shall be no significant modification in the operation of the control unit when the capacitance of the PTC thermistor circuit is not greater than $0,2 \mu\text{F}$.

Compliance shall be verified by tests specified in 9.3.3.12.

The value X shall be provided under item p) of 6.1.

NOTE The resistance value of the PTC can be as low as 20Ω .

8.2.12 Requirements for wire break detection within the PTC thermistor circuit

The inspection range for the wire break evaluation shall be above the operating value provided under item o) of 6.1 (switch off value according to 9.3.3.10 b)).

A safe wire break detection is ensured if a rise rate of the resistance in the PTC thermistor circuit greater than $300 \text{ k}\Omega/\text{s}$ is measured.

NOTE With the assumption that the temperature-rise of the motor is 10 K/s and a PTC-resistance has a rise of $3\,000 \Omega/\text{K}$, the maximum resistance-rise results in $30\,000 \Omega/\text{s}$. At a wire break the resistance-rise will be minimum 10 to 100 times higher than by the temperature-rise of a motor.

8.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.3.1 General

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

For EMC test, the minimum system to be considered is the control unit interconnected with a PTC thermistor connected with the maximum specified cable length.

8.3.2 Immunity

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

The appropriate tests to verify the compliance with these requirements are given in 9.4.2.

The performance criteria, based on the acceptance criteria given in Table 24 of IEC 60947-1:2020, shall be criterion A in general, except for electrostatic discharges, surges, voltage dips and short-time interruptions for which criterion B shall be fulfilled.

Equipment utilizing electronic circuits, in which all components are passive (for example diodes, resistors, varistors, capacitors, surge suppressors, inductors), is not required to be tested.

8.3.3 Emission

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

The appropriate tests to verify the compliance with these requirements are given in 9.4.3.

If the equipment is only verified for environment A, the following warning shall be given to the user (for example in the instruction manual) stipulating that the use of this equipment in environment B can cause radio interference in which case the user can be required to employ additional mitigation methods.

NOTICE

This product has been designed for environment A. The use of this product in environment B can cause unwanted electromagnetic disturbances in which case the user can be required to take adequate mitigation measures.

9 Tests

9.1 Kinds of tests

9.1.1 General

Subclause 9.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of control units with this document.

They comprise the following verifications:

- a) dielectric properties (see 9.3.3.4);
- b) operational performance (see 9.3.3.1 and 9.3.3.2);
- c) making and breaking capacities (see 9.3.3.5);
- d) temperature-rise limits (see 9.3.3.3);
- e) constructional requirements (see 9.2);
- f) short-circuit behaviour (see 9.3.4);
- g) EMC (see 9.4);
- h) verification of the operating temperature variation (see 9.3.3.6);
- i) verification of rated system operating temperature (TFS) (see 9.3.3.7);
- k) verification of reset temperature (see 9.3.3.8);
- l) tests for equipment with protective separation (see 9.3.3.9);
- m) verification of switch on and switch off of Mark A control units (see 9.3.3.10);
- n) verification of the rated voltage of the PTC thermistor circuit of the control unit (see 9.3.3.11);
- o) verification of the short-circuit detection within the PTC thermistor circuit (see 9.3.3.12);
- p) verification of the wire-break detection within the PTC thermistor circuit (see 9.3.3.13);
- q) verification of the shock and vibration requirements (see 9.3.3.14).

9.1.3 Routine tests

Subclause 9.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies where sampling tests are not made instead.

9.1.4 Sampling tests

Sampling tests for control units comprise dielectric tests.

Sampling tests may be performed instead of routine tests as appropriate. Sampling shall meet or exceed the following requirements, as specified in Table 2-A of ISO 2859-1:1999.

Sampling is based on AQL ≤ 1 :

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

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

Alternative statistical methods that ensure compliance with the above ISO 2859-1 requirements can be used, for example statistical methods controlling continuous manufacturing or process control with capability index.

9.1.5 Special tests

See 8.2.9 and 8.2.10 of this document.

9.2 Compliance with constructional requirements

9.2.1 General

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

9.2.2 Electrical performance of screwless-type clamping units

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

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

The measurement methods and the results shall be documented in the test report. The test current is I_{th} .

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

9.2.3 Ageing test for screwless-type clamping units

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

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

The test current is I_{th} .

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

9.2.4 Limited energy source test

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

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

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

A variable resistive load is connected to the circuit under consideration and adjusted to obtain the limit of apparent power as indicated in Table 1, Table 2 or Table 3, as applicable. Further adjustment is made, if necessary, to maintain the limit of apparent energy for the time period indicated in Table 1, Table 2 or Table 3, as applicable.

The test complies, if after the test period the available apparent power does not exceed the limits indicated in Table 1, Table 2 or Table 3, as applicable.

In case the limited energy source requirement depends on over-current protective device(s), the current rating of at least one of the protective device(s) in the current path shall not exceed the limit in Table 2.

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

9.2.5 Breakdown of components

9.2.5.1 General

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

NOTE As described in 8.1.16, this test is intended to verify it does not result in hazardous situation, but it is not intended to verify the continuity of the function of the equipment.

The test is not required:

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

9.2.5.2 Breakdown of components test

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

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

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

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

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

9.3 Compliance with performance requirements

9.3.1 Test sequences

9.3.1.1 General

Each test sequence shall be carried out on one sample in a clean and new condition.

It is sufficient to test only one equipment in case of a range of equipment.

More than one test sequence or all test sequences can be conducted on one sample when appropriate. However, the tests shall be conducted in the sequence given for each sample.

For control units with auxiliary contacts, fulfilling the requirements of IEC 60947-5-1, 9.3.1.3 of this document applies.

9.3.1.2 Stand-alone control unit

The type and sequence of tests to be performed on representative samples are as follows:

a) Test sequence 1

- test no. 1 – temperature-rise (see 9.3.3.3)
- test no. 2 – dielectric properties (see 9.3.3.4 and 9.3.3.9)

b) Test sequence 2

- test no. 1 – performance test under normal conditions (see 9.3.3.1)
- test no. 2 – making and breaking capacity under normal conditions (see 9.3.3.5.2)
- test no. 3 – dielectric properties (see 9.3.3.4)
- test no. 4 – verification of the operating temperature variation (see 9.3.3.6) alternatively for verification of control units only the performance test under normal conditions (see 9.3.3.1) can be done.

NOTE 1 In cases where test sequences 2 and 3 are combined, tests no. 3 and 4 can be carried out only once, at the end of sequence 3.

c) Test sequence 3

- test no. 1 – performance test under abnormal conditions (see 9.3.3.2)
- test no. 2 – making and breaking capacity under abnormal conditions (see 9.3.3.5.3)
- test no. 3 – dielectric properties (see 9.3.3.4)
- test no. 4 – verification of the operating temperature variation (see 9.3.3.6) alternatively for verification of control units only the performance test under abnormal conditions (see 9.3.3.2) can be done.

NOTE 2 In cases where test sequences 2 and 3 are combined, tests no. 3 and 4 can be carried out only once, at the end of sequence 3.

d) Test sequence 4

- test no. 1 – performance under conditional short-circuit current (see 9.3.4)
- test no. 2 – dielectric properties (see 9.3.3.4)

e) Test sequence 5

- test no. 1 – verification of switch on and switch off of Mark A control units (see 9.3.3.10)
- test no. 2 – verification of the rated voltage of the PTC thermistor circuit of the control unit (see 9.3.3.11)
- test no. 3 – verification of the short-circuit detection within the PTC thermistor circuits, where applicable (see 9.3.3.12)

- test no. 4 – Verification of the wire break detection within the PTC thermistor circuit, where applicable (see 9.3.3.13)

f) Test sequence 6

- EMC tests (see 9.4)

9.3.1.3 Control units within other devices

The type and sequence of tests to be performed on representative samples of devices already type-tested according to their own standard, for example soft-starters, overload relays, etc, including a thermal protection function shall be tested according to test sequences 5 and 6 in 9.3.1.2.

9.3.2 General test conditions

Subclause 9.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3 Performance

9.3.3.1 Verification of performance with respect to normal conditions of service of control units

Control units shall be tested to verify their performance according to the requirements given in 8.2.1.1.

Control units shall be tested to verify the declared PTC thermistor characteristics, as defined in 8.2.1.2.

9.3.3.2 Verification of performance with respect to abnormal conditions of service of control units

The abnormal conditions of service specified in 8.2.2 shall be applied, after which the control unit shall be capable of successfully undergoing the test for verification of the making and breaking capacities under abnormal conditions of use, specified in 9.3.3.5.3.

9.3.3.3 Temperature-rise

Subclause 9.3.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions:

All switching elements of the control unit shall be tested. All switching elements that can be simultaneously closed shall be tested together. However, switching elements forming an integral part of an actuating system in such a manner that the elements cannot remain in the closed position are exempt from this test.

NOTE Several temperature-rise tests can be made if the control circuit device has several positions in which switching elements are in their closed position.

The minimum length of each temporary connection, from terminal to terminal, shall be 1 m.

9.3.3.4 Verification of dielectric properties

Subclause 9.3.3.4 of IEC 60947-1:2020 applies with additional requirements of 8.2.3.

9.3.3.5 Verification of the rated making and breaking capacities

9.3.3.5.1 General

Tests for the verification of the switching capacity shall be performed on the devices which ensure the switching function in the thermal protection system, i.e. control units.

The switching capacity tests are intended to verify that the control unit is capable of making and breaking an operational current at a given operational voltage under normal and abnormal conditions of use specified for its utilization category. The operating temperature (TNF or TFS) is checked before and after these tests to check compliance with the requirements of 8.2.8.

9.3.3.5.2 Making and breaking capacities of switching elements under normal conditions

Subclause 8.3.3.5.2 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.3.3.5.3 Making and breaking capacities of switching elements under abnormal conditions

Subclause 8.3.3.5.3 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.3.3.6 Verification of the operating temperature variation

This test shall be carried out after the control unit with its PTC thermistor connected, has been checked for its ability to withstand the making and breaking tests under normal and abnormal conditions of use specified in 9.3.3.5 followed by the dielectric withstand test specified in 9.3.3.4.

NOTE The application of PTC thermistors compliant with IEC 60738-1 is based on datasheet according to DIN VDE V 0898-1-401.

The final operating temperature so measured shall be compared with the initial values, and the difference shall not exceed the limits given in 9.3.3.8.

This test can be performed either as a separate test or during the tests of 9.3.3.1 and 9.3.3.2.

9.3.3.7 Verification of rated system operating temperature (TFS)

The tests for the verification of system operating temperature shall be made with a declared value of system operating temperature, as specified in 5.2.3. The combined unit to be tested consists of a PTC thermistor, or PTC thermistors, connected to the control unit which has previously been set. The combined unit that is tested shall be representative of the system supplied for service.

The control unit shall be supplied at the normal specified conditions and the output signal circuit shall be monitored in such a manner that the current flowing across the switching device of the control unit is equal to the rated operational current.

The PTC thermistor shall be tested by one of the methods specified in IEC 60738-1 and the temperature shall be raised until the control unit operates the output signal circuit. The temperature as measured by the thermocouple shall be taken as the value of TFS and shall comply with the requirements of 5.2.3.

NOTE The application of PTC thermistors compliant with IEC 60738-1 is based on datasheet according to DIN VDE V 0898-1-401.

9.3.3.8 Verification of reset temperature

A test for verification of the declared reset temperature shall be carried out. For a PTC thermistor with a declared value of TNF, the reset temperature test shall be carried out as specified in IEC 60738-1 except that the temperature shall be allowed to fall at a rate not exceeding 0,5 K/min until the PTC thermistor reaches its operating point.

For a combined unit with a declared value of TFS, the reset temperature test shall be carried out as specified in 9.3.3.7 except that the temperature shall be allowed to fall at a rate not exceeding 0,5 K/min until the control unit operates the output signal circuit.

The value of the reset temperature shall comply with the value including its tolerances declared in accordance with 5.2.5.

9.3.3.9 Tests for equipment with protective separation

Annex N of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.10 Verification of switch on and switch off of Mark A control units

Operation of the control unit switch on and switch off, for the values of resistance specified in 8.2.1.2, shall be verified as follows.

The control unit shall be energized under the most unfavourable combinations of the normal conditions of service specified in 8.2.1.1.

When a variable resistance is inserted between each pair of terminals intended for the connection of the PTC thermistors, the following conditions shall be met:

- a) for any resistance value of 750 Ω or less, the control unit shall be switched on, or be able to be reset. Compliance with this condition shall be checked by testing with a variable resistance set to this value. In case of doubt, this check shall also be carried out at a lower value of resistance;
- b) when the resistance value is increased (at a uniform rate of approximately 250 Ω /s), the control unit shall switch off when the resistance value is in the range of 1 650 Ω to 4 000 Ω ;
- c) the control unit shall be left switched off for 1 min, after which the resistance value shall be lowered at a uniform rate of no more than 250 Ω /s; the control unit shall switch on, or be able to be reset, when the resistance value is in the range of 1 650 Ω to 750 Ω .

The test specified under items b) and c) shall be repeated after a capacitor having a value of 0,2 μ F has been connected across the terminals intended for the connection of the PTC thermistors; the resistance value at which the control unit switches off shall not differ by more than 5 % from the value reached during the preceding test.

9.3.3.11 Verification of the rated voltage of the PTC thermistor circuit of the control unit

Control units shall be tested to verify the declared rated voltage of the PTC thermistor circuit, as defined in 5.4.3.

9.3.3.12 Verification of the short-circuit detection within the PTC thermistor circuit

Operation of the control unit switch on and switch off, for the values of resistance specified in 8.2.11 shall be verified as follows.

The control unit shall be energized under the most unfavourable combinations of the normal conditions of service specified in 8.2.1.1.

When a variable resistance is inserted between each pair of terminals intended for the connection of the PTC thermistors, the following conditions shall be met:

- a) the variable resistance shall be increased up to the value where the control unit is able to switch on or to be reset. This value shall be equal to or less than $X \Omega$;
- b) the control unit shall switch off when the variable resistance is reduced, before it reaches 10 Ω ;
- c) the control unit shall be left switched off for 1 min, after which the control unit shall switch on, or be able to be reset, when the resistance is increased to a value within the range 10 Ω to $X \Omega$;

- d) the tests specified under items b) and c) shall be repeated after a capacitor having a value of $0,2 \mu\text{F}$ has been connected across the terminals intended for the connection of PTC thermistors; the resistance value at which the control unit switches off, shall not differ by more than 10 % from the value reached during the preceding test.

The value X shall be provided under item p) of 6.1.

9.3.3.13 Verification of the wire break detection within the PTC thermistor circuit

The test is done with a set-up according to Figure 1 for each PTC thermistor circuit with wire break detection function, whereas the capacity $C1$ and the resistance $R1$ represents the equivalent circuit of a typical PTC thermistor cable.

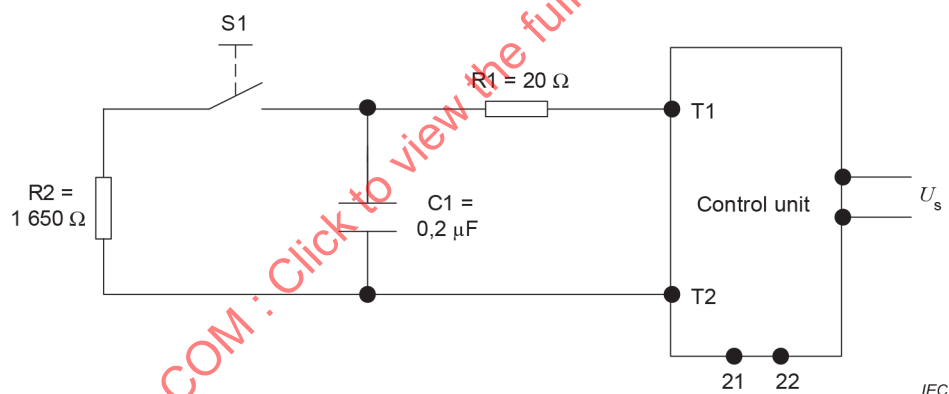
The control unit shall be energized under the most unfavourable combinations of the normal conditions of service specified in 8.2.1.1.

The control unit shall be ready for operation (switched on) and the wire break switch $S1$ shall be in a closed position.

By opening $S1$ a wire break is simulated. The control unit shall trip within 3 s and the wire break shall be indicated.

During the tests according to 9.3.3.10 b), no wire break shall be indicated.

NOTE The wire break can be indicated e.g. by a contact or a LED.



Key

- R1, C1 replacement for PTC thermistor cable of 1 km
- R2 PTC thermistor
- T1, T2 PTC thermistor circuit terminals
- U_s control circuit supply voltage of the control unit
- 21, 22 output signal circuit terminals
- S1 wire break switch

Figure 1 – Measurement of wire break detection

9.3.3.14 Verification of the shock and vibration requirements

9.3.3.14.1 General

A control unit shall be tested according to the requirements of 8.2.10.

9.3.3.14.2 Shock

After the shock test, the operating characteristics, according to the product standard, shall not have been changed. There shall be no mechanical damage.

9.3.3.14.3 Vibration

The control units shall be tested in accordance with IEC 60068-2-6 with the following test parameters:

- duration in case of no resonance condition: 90 min at 30 Hz;
- duration at each resonance frequency at which Q (amplification factor) is ≥ 2 is recorded: 90 min;
- during the vibration test, operational conditions shall be demonstrated (see 9.3.3.1);
- tests shall be carried out in three mutually perpendicular axes;
- if sweep test is chosen, in the case where several resonance frequencies are detected close to each other, the duration of test shall be 120 min.

Results to be obtained: during the vibration test, an unintended opening or closing of the contacts for more than 3 ms is not accepted, unless the manufacturer's published literature states longer values. If for any reason, the opening or closing time is longer than 3 ms, these other values shall be provided in the manufacturer's instructions.

NOTE An unintended opening and closing time of more than 3 ms (bouncing) can cause problems in some applications (e.g. PLC-monitoring with high speed inputs), therefore adequate measures can be taken.

9.3.4 Performance under conditional short-circuit current

9.3.4.1 General conditions for short-circuit tests

Subclause 8.3.4.1 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.3.4.2 Test procedure

Subclause 8.3.4.2 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.3.4.3 Test circuit and test quantities

Subclause 8.3.4.3 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.3.4.4 Condition of the switching element after the test

Subclause 8.3.4.4 of IEC 60947-5-1:2016 applies.

9.4 EMC tests

9.4.1 General

Emission and immunity tests are type tests and shall be carried out under representative conditions, both operational and environmental, using the manufacturer's instructions for installation.

The tests shall be carried out in accordance with the reference EMC standards.

9.4.2 Immunity

The test shall be performed according to 9.4.2 of IEC 60947-1:2020.

9.4.3 Emission

9.4.3.1 General

Subclause 9.4.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

9.4.3.2 Conducted radio-frequency emission tests

A description of the test, the test method and the test set-up shall be performed according to Clause 7 of CISPR 11:2015 and CISPR 11:2015/AMD1:2016.

It shall be sufficient to test one sample.

To pass the test, the equipment shall not exceed the levels given in Table 4.

Table 4 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radio-frequency emission (for control supply input)

Frequency band MHz	Environment A dB(μV)	Environment B dB(μV)
0,15 to 0,5	79 quasi-peak 66 average	66 to 56 quasi-peak 56 to 46 average (decrease with log of frequency)
0,5 to 5	73 quasi-peak 60 average	56 quasi-peak 46 average
5 to 30	73 quasi-peak 60 average	60 quasi-peak 50 average

NOTE Limits in accordance with CISPR 11:2015, CISPR 11:2015/AMD1:2016, Group 1 for mains input ports and total rated power less than 20 kVA.

9.4.3.3 Radiated radio-frequency emission tests

The description of the test, the test method and the test set-up shall be performed according to Clause 7 of CISPR 11:2015 and CISPR 11:2015/AMD1:2016.

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

It shall be sufficient to test one sample. The emission shall not exceed the levels given in Table 5.

Table 5 – Radiated emission test limits

Frequency range MHz	Environment A ^a Quasi-peak dB (μV)			Environment B ^a Quasi-peak dB (μV)	
	at 30 m	at 10 m	at 3 m	at 10 m	at 3 m
30 to 230	30	40	50	30	40
230 to 1 000	37	47	57	37	47

^a Tests can be carried out at 3 m distance only to small equipment (equipment, either positioned on a table top or standing on the floor which, including its cables fits in a cylindrical test volume of 1,2 m in diameter and 1,5 m above the ground plane).

9.5 Routine and sampling tests

9.5.1 General

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

Routine or sampling tests shall be carried out under the same, or equivalent conditions to those specified for type tests. However, the limits of operation can be verified at the prevailing ambient air temperature, but a correction can be necessary to allow the normal ambient conditions.

9.5.2 Operating tests on control units

Tests shall be performed to ensure the correct operation of the control unit, at certain limits of input signal from the PTC thermistor circuit. These limits of input signal shall be such as to ensure the operation of the PTC thermistor with the control unit within the operating temperature limits specified in 9.3.3.6.

The tests can be made at any convenient voltage.

9.5.3 Dielectric tests

The metal foil shall not be applied. The tests shall be conducted on dry and clean control units.

Verification of dielectric withstand can be performed before final assembly of the device (i.e. before connecting sensitive devices such as filter capacitors) as follows:

1) Impulse withstand voltage

Subclause 9.3.3.4.2, item 1), of IEC 60947-1:2020 applies.

2) Power-frequency withstand voltage

Subclause 9.3.3.4.2, item 2), of IEC 60947-1:2020 applies.

The tests of items 1) and 2) above can be replaced by following test 3) which is a single power-frequency withstand test where the peak value of the sinusoidal wave corresponds to the value stated in items 1) or 2), whichever is higher.

3) Combined impulse voltage and power-frequency withstand voltage

NOTE When carrying out dielectric tests on control units containing semiconductor devices, such devices can be damaged during the dielectric tests.

9.5.4 Routine verification of switch on and switch off of Mark A control units

For Mark A control units, the following additional test shall be carried out.

The test shall be carried out under the conditions of 9.5.1, except that the control unit shall be at room temperature and shall be energized with the rated control circuit supply voltage. The test can be carried out at the two limiting values of resistance, 750 Ω and 4 000 Ω , i.e. without continuous variation of resistance.

Annex A (normative)

PTC thermistors used in thermal protection systems

A.1 Characteristics of association of Mark A thermistors

In order to ensure that the operating temperatures (TFS and reset) of the PTC thermistors associated with their control units are in accordance with this document, the PTC thermistors shall comply with the resistance-temperature characteristics of Mark A thermistors as follows.

The resistance of each PTC thermistor, taken individually, shall meet the following conditions for the temperatures indicated, referred to the rated operating temperature (TNF). Compliance shall be verified by the test specified in A.2 (see Figure A.1).

- a) $\leq 550 \, \Omega$ at a temperature of $TNF - 5 \, K$, for all the values of the measuring voltage less than or equal to 2,5 V (direct current);
- b) $1 \, 330 \, \Omega$ at a temperature of $TNF + 5 \, K$, for all the values of the measuring voltage less than or equal to 2,5 V (direct current);
- c) $4 \, 000 \, \Omega$ at a temperature of $TNF + 15 \, K$, for all the values of the measuring voltage less than or equal to 7,5 V (direct current);
- d) $250 \, \Omega$ at any temperature lying between $-20 \, ^\circ C$ and $TNF - 20 \, K$, for all the values of the measuring voltage less than or equal to 2,5 V (direct current).

The preferred installation is three PTC thermistors connected in series. When provision is made for connecting more than three PTC thermistors, the maximum resistance value of each PTC thermistor shall be such that the total resistance of the circuit of thermistors connected in series does not exceed $750 \, \Omega$, at any temperature lying between $-20 \, ^\circ C$ and $TNF - 20 \, K$.

NOTE 1 The exact resistance values in the range $-20 \, ^\circ C$ to $TNF - 20 \, K$ are not important, but it can be noted that the lowest values of the resistance of PTC thermistors in a serviceable operating condition are generally more than $20 \, \Omega$.

NOTE 2 In the case of temperatures below $-20 \, ^\circ C$, the resistance value can be greater than $250 \, \Omega$.

NOTE 3 The resistance values above, and consequently the operating tolerances, are valid for values of applied voltage less than or equal to 2,5 V except at the point $TNF + 15 \, K$ for which the applied voltage can reach 7,5 V.

If these values of applied voltage are exceeded, then the performance of the PTC thermistor together with its control unit does not need to meet the normal operating tolerances.

A.2 Verification of interchangeability characteristics

A.2.1 Type tests on Mark A thermistors

The appropriate tests shall be carried out.

Verification of the resistance-temperature characteristic

The PTC thermistor resistance-temperature characteristic shall be verified under suitable conditions, by the measurement of its resistance for the five points of temperature defined in A.1 ($-20 \, ^\circ C$, $TNF - 20 \, K$, $TNF - 5 \, K$, $TNF + 5 \, K$, $TNF + 15 \, K$).

The voltage applied to the PTC thermistor shall be a direct voltage of 2,5 V except for the point at $TNF + 15 \, K$ where the applied voltage shall be 7,5 V.

The measured resistance shall be in accordance with the requirements of A.1.

A.2.2 Routine tests on Mark A thermistors

Routine tests shall be carried out as specified in 9.5.

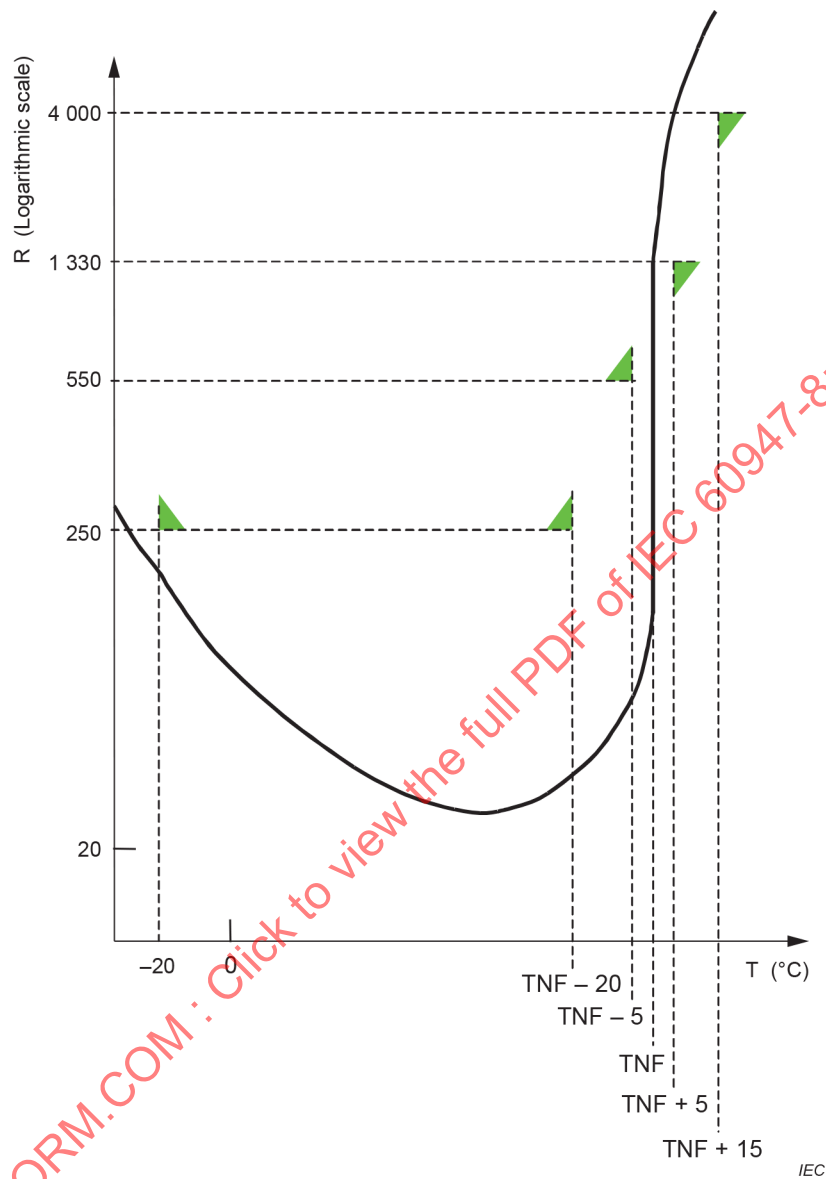


Figure A.1 – Characteristic curve of a typical Mark A thermistor

Annex B (normative)

Additional requirements and tests for equipment with protective separation

B.1 General

The purpose of this annex is to provide additional requirements to Annex N of IEC 60947-1:2020.

B.2 Definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of Clause N.2 of IEC 60947-1:2020, as well as the following term and definition applies.

B.2.1 **touch current**

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

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-12]

B.3 Requirements

B.3.1 Test method for implementing protective impedance

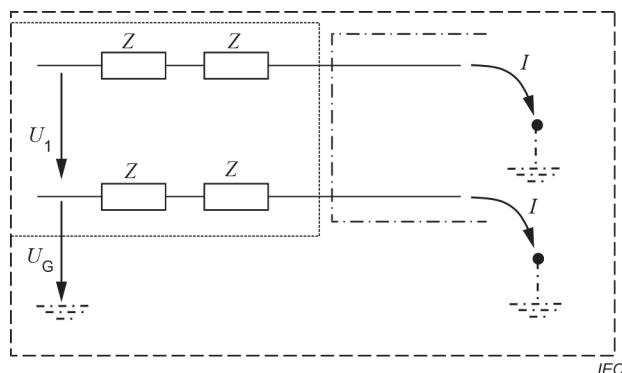
Protective impedance shall be arranged so that under both normal and single fault conditions, according respectively to 4.2 of IEC 61140:2016 and 4.3 of IEC 61140:2016, the touch current and the discharge energy available shall be limited.

The protective impedances shall be designed and tested to withstand the impulse voltages and temporary overvoltages for the circuits to which they are connected.

Compliance with the requirement for the limitation of touch current is checked by test of B.3.2.

Compliance with a limited value of 0,5 mJ for the discharge energy shall be checked by performing calculations and/or measurements to determine the voltage and capacitance.

Figure B.1 show examples of the method used to implement protective impedance.



Key

Z impedance

U_1 hazardous voltage, earthed or unearthed

U_g hazardous voltage in a fault condition to earth

I touch current

NOTE 1 To provide protection in single-fault conditions, use the following equation $I = \frac{U_g}{Z}$.

NOTE 2 This figure is derived from Figure A.2 of IEC 62477-1:2012.

Figure B.1 – Protection by means of protective impedance

B.3.2 Touch current measurement

The equipment under test shall be set up in an insulated state without any connection to the earth and shall be operated at rated voltage. Under these conditions, the touch current shall be measured between the touchable parts and the earth according to the test circuit of Figure B.2.

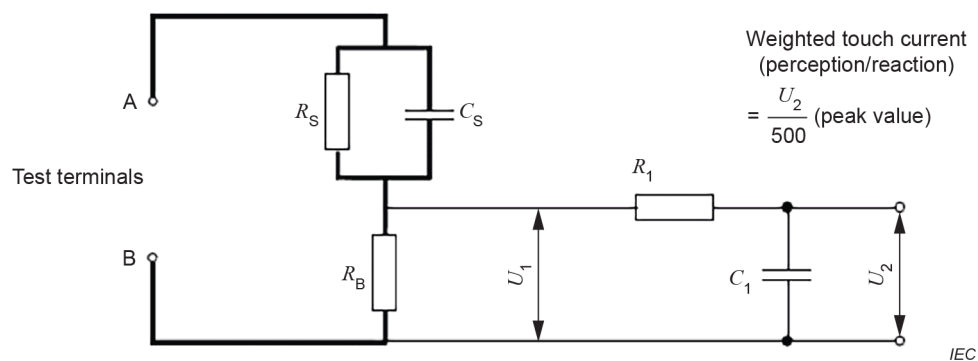
For an equipment to be connected to an earthed neutral system, the neutral of the mains of the test site shall be directly connected to earth.

For an equipment to be connected to an earthed neutral system or impedance system, the neutral of the mains of the test circuit shall be directly connected to each.

The following maximum values of touch current (AC values for frequencies up to 100 Hz) are permitted:

- a steady-state current flowing between simultaneously accessible conductive parts not exceeding 0,5 mA AC or direct current under normal operating conditions;
- values not exceeding 3,5 mA AC or 10 mA DC under single fault conditions.

As shown in Figure B.2, the voltage U_2 is measured and the current is calculated by dividing the measured voltage U_2 by 500 Ω .



Voltmeter or oscilloscope (RMS or peak reading)

input resistance: $>1 \text{ M}\Omega$

input capacitance: $< 200 \text{ pF}$

frequency range: 15 Hz up to 1 MHz (appropriate for the highest frequency of interest)

Key

R_S 1 500 Ω

R_B 500 Ω

R_1 10 k Ω

C_S 0,22 μF

C_1 0,022 μF

NOTE The measuring test circuit of this figure is reproduced from Figure 4 of IEC 60990:2016.

Figure B.2 – Measuring instrument

Electrical measuring instruments shall have adequate bandwidth to provide accurate readings, taking into account all components (direct current, alternating current mains supply frequency, high frequency and harmonic content) of the parameter being measured. If the RMS value is measured, care shall be taken that measuring instruments give true RMS readings of non-sinusoidal waveforms as well as sinusoidal waveforms.

Bibliography

IEC 60034-11:2020, *Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations* (available at www.electropedia.org)

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60990:2016, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*
IEC 62477-1:2012/AMD1:2016

IEC TR 63054, *Low-voltage switchgear and controlgear – Fire risk analysis and risk reduction measures*

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

IEC TR 63201, *Low-voltage switchgear and controlgear – Guidance for the development of embedded software*

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

DIN VDE V 0898-1-401:2016-03, *Thermistoren – Direkt geheizte temperaturabhängige Widerstände mit positive Temperaturkoeffizienten – Teil 1-401: Bauartspezifikation – Anwendung als Messfühler – Kaltleiter der bewertungsstufe EZ* (only available in German)

CSA C22.1, *Canadian Electrical Code (CE Code) – Part I Safety Standard for Electrical Installations*

NFPA 70, *National Electrical Code*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-8:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	45
INTRODUCTION.....	47
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives	48
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	49
3.1 Termes et définitions	49
3.2 Symboles et termes abrégés.....	51
4 Vide.....	51
5 Caractéristiques d'unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP)	51
5.1 Enumération des caractéristiques	51
5.2 Type du matériel.....	51
5.2.1 Températures de fonctionnement des dispositifs de protection	51
5.2.2 Température assignée de fonctionnement de la thermistance CTP	52
5.2.3 Température assignée de fonctionnement du dispositif.....	52
5.2.4 Valeur maximale admissible de la température assignée de fonctionnement pour le dispositif	52
5.2.5 Unité de commande avec température de réarmement	52
5.2.6 Unité de commande avec détection de court-circuit dans le capteur	53
5.2.7 Unité de commande avec détection de rupture de conducteur du capteur	53
5.3 Valeurs électriques assignées de l'appareil de connexion de l'unité de commande	53
5.3.1 Valeurs électriques assignées des appareils de connexion	53
5.3.2 Tensions assignées d'une unité de commande	53
5.3.3 Courants assignés d'une unité de commande	53
5.3.4 Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure d'une unité de commande	53
5.4 Valeurs électriques assignées de la variation de caractéristique liée aux thermistances CTP	54
5.4.1 Généralités.....	54
5.4.2 Données électriques/valeurs assignées et caractéristiques liées à la thermistance CTP	54
5.4.3 Tension assignée du circuit de la thermistance CTP de l'unité de commande.....	54
5.5 Circuit d'alimentation de commande.....	54
5.6 Circuits auxiliaires.....	55
6 Informations sur le matériel	55
6.1 Nature des informations	55
6.2 Marquage	56
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien, mise hors service et démontage.....	56
6.4 Informations relatives à l'environnement	56
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	56
8 Exigences relatives à la construction et aux performances	56
8.1 Dispositions constructives.....	56
8.1.1 Généralités	56
8.1.2 Matériaux	57

8.1.3	Parties transportant le courant et leurs connexions.....	57
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite	58
8.1.5	Vide.....	58
8.1.6	Vide.....	58
8.1.7	Vide.....	58
8.1.8	Bornes.....	58
8.1.9	Vide.....	58
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection	58
8.1.11	Enveloppes dédiées pour le matériel	58
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe	58
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	58
8.1.14	Source d'énergie limitée	59
8.1.15	Circuit à énergie de charge stockée.....	61
8.1.16	Conditions de défaut et anormales.....	61
8.1.17	Protection contre les courts-circuits et les surcharges des bornes d'entrée	62
8.2	Exigences relatives aux performances	62
8.2.1	Conditions de fonctionnement.....	62
8.2.2	Conditions anormales de service	63
8.2.3	Propriétés diélectriques	63
8.2.4	Echauffement	63
8.2.5	Courant de court-circuit conditionnel.....	63
8.2.6	Pouvoirs de fermeture et de coupure des circuits de commande et auxiliaires	63
8.2.7	Exigences supplémentaires et essais du matériel avec séparation de protection	63
8.2.8	Variation de la température de fonctionnement	63
8.2.9	Chaleur humide	64
8.2.10	Chocs et vibrations.....	64
8.2.11	Exigences pour la détection d'un court-circuit dans le circuit de la thermistance CTP	64
8.2.12	Exigences pour la détection de rupture de conducteur dans le circuit de la thermistance CTP	64
8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	65
8.3.1	Généralités.....	65
8.3.2	Immunité	65
8.3.3	Emissions.....	65
9	Essais	65
9.1	Nature des essais	65
9.1.1	Généralités.....	65
9.1.2	Essais de type.....	65
9.1.3	Essais individuels de série.....	66
9.1.4	Essais sur prélèvement.....	66
9.1.5	Essais spéciaux.....	66
9.2	Conformité aux dispositions constructives.....	67
9.2.1	Généralités.....	67
9.2.2	Performance électrique des organes de serrage sans vis	67
9.2.3	Essai de vieillissement pour organes de serrage sans vis.....	67
9.2.4	Essai de la source d'énergie limitée.....	67
9.2.5	Claquage de composants	68

9.3	Conformité aux exigences relatives aux performances	68
9.3.1	Séquences d'essais	68
9.3.2	Conditions générales pour les essais	70
9.3.3	Fonctionnement	70
9.3.4	Fonctionnement au courant de court-circuit conditionnel	74
9.4	Essais CEM	74
9.4.1	Généralités	74
9.4.2	Immunité	75
9.4.3	Emissions	75
9.5	Essais individuels de série et sur prélèvement	76
9.5.1	Généralités	76
9.5.2	Essais de fonctionnement des unités de commande	76
9.5.3	Essais diélectriques	76
9.5.4	Essais individuels de vérification d'enclenchement et de déclenchement des unités de commande A	76
Annexe A (normative) Thermistances CTP utilisées dans les appareils de protection thermique		77
A.1	Caractéristiques de l'association de thermistances A	77
A.2	Vérification des caractéristiques d'interchangeabilité	77
A.2.1	Essais de type des thermistances A	77
A.2.2	Essais individuels de série des thermistances A	78
Annexe B (normative) Exigences supplémentaires et essais du matériel avec séparation de protection		79
B.1	Généralités	79
B.2	Définitions	79
B.3	Exigences	79
B.3.1	Méthode d'essai de mise en œuvre d'une impédance de protection	79
B.3.2	Mesure du courant de contact	80
Bibliographie		82
Figure 1 – Mesure de la détection de rupture de conducteur		73
Figure A.1 – Courbe de la caractéristique d'une thermistance A typique		78
Figure B.1 – Protection au moyen d'une impédance de protection		80
Figure B.2 – Instrument de mesure		81
Tableau 1 – Limites pour les sources d'énergie limitées sans dispositif de protection contre les surintensités		60
Tableau 2 – Limites pour les sources d'énergie limitées avec dispositif de protection contre les surintensités		60
Tableau 3 – Limites pour une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant		61
Tableau 4 – Limites de tension de perturbation aux bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques (pour entrée d'alimentation de commande)		75
Tableau 5 – Limites de l'essai d'émissions rayonnées		75

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 8: Unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP) aux machines électriques tournantes

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. 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 du présent document 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 propriété et averti de leur existence.

L'IEC 60947-8 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003, son Amendement 1:2006 et son Amendement 2:2011. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) des aspects liés à la sécurité concernant:
 - les aspects généraux;
 - les circuits à énergie limitée;
 - les circuits électroniques;
- b) l'alignement avec l'IEC 60947-1:2020;
- c) la fonction de détection de rupture de conducteur;
- d) le terme détecteur est remplacé par thermistance;
- e) la référence à l'IEC 60738-1-4.

Les dispositions des règles générales qui font l'objet de l'IEC 60947-1 s'appliquent à la présente partie de la série IEC 60947 lorsque celle-ci le précise. Les articles, paragraphes, tableaux, figures et annexes des règles générales qui s'appliquent ainsi sont identifiés par référence à l'IEC 60947-1:2020.

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

FDIS	Rapport de vote
121A/424/FDIS	121A/436/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

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

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

INTRODUCTION

Les dispositifs de protection thermique faisant appel au principe de la surveillance de la température des parties protégées constituent un moyen simple et efficace de protection des machines électriques tournantes, également appelées moteurs électriques, contre les échauffements excessifs, y compris ceux causés par des défaillances du système de refroidissement ou par une température ambiante trop élevée, alors que les dispositifs de protection faisant uniquement appel à la surveillance du courant absorbé n'assurent pas ce type de protection dans toutes les circonstances.

Puisque la température de fonctionnement et les temps de réponse des dispositifs de protection thermique sont fixés à l'avance, ils ne sont pas souvent réglés en fonction des conditions d'utilisation de la machine et ne sont donc pas pleinement efficaces pour toutes les conditions de défaut ou pour une mauvaise utilisation de la machine.

Selon le présent document, un dispositif de protection thermique peut consister en un détecteur thermique à variation de caractéristique associé à une unité de commande afin de convertir un point de la caractéristique du détecteur en une fonction de commutation. Il existe un très grand nombre de dispositifs de protection thermique et, dans tous les cas, le fabricant de la machine incorpore les détecteurs dans la machine. Le fabricant de la machine fournit l'unité de commande avec la machine ou spécifie les particularités de l'unité de commande à utiliser.

Il est également d'usage de considérer les unités de commande comme faisant partie du dispositif de commande et qu'elles ne sont pas nécessairement fournies avec la machine. Pour cette raison, il est estimé utile d'avoir un dispositif interchangeable, dans lequel les caractéristiques de l'association entre le détecteur et l'unité de commande sont spécifiées. Ce dispositif particulier n'est en aucun cas considéré comme supérieur à d'autres dispositifs satisfaisant aux exigences du présent document, mais dans certains domaines la pratique est susceptible de retenir l'utilisation de ce dispositif interchangeable, indiqué par la désignation "A".

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 8: Unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP) aux machines électriques tournantes

1 Domaine d'application

La présente partie de la série IEC 60947 spécifie les exigences pour les unités de commande qui commandent un appareil de connexion réagissant aux thermistances CTP incorporées dans les machines électriques tournantes et l'application industrielle.

Elle spécifie les exigences pour ce type de dispositif qui comprend une thermistance à coefficient de température positif (CTP) ayant des caractéristiques particulières, et son unité de commande associée.

Le présent document comprend:

- les caractéristiques, la construction, les performances et les essais de l'unité de commande; et
- son association avec une thermistance CTP désignée "A".

Le présent document ne vise pas:

- l'incorporation de protections thermiques dans des machines tournantes et de la température maximale pouvant être atteinte par leurs enroulements (voir IEC 60034-11);
- l'utilisation du produit dans des atmosphères explosives [voir IEC 60079 (toutes les parties)];
- les exigences relatives aux logiciels/micrologiciels;

NOTE 1 L'IEC TR 63201 fournit des recommandations sur les logiciels intégrés.

- les aspects liés à la cybersécurité (voir IEC TS 63208).

NOTE 2 Il n'est pas possible de spécifier toutes les exigences pour les caractéristiques de fonctionnement d'une unité de commande, puisqu'elles sont dépendantes de certains aspects des thermistances CTP. Certains aspects des exigences du dispositif de protection thermique peuvent seulement être spécifiés lorsque sont pris en compte les caractéristiques de la machine tournante à protéger et le mode d'installation de la thermistance CTP dans la machine.

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).

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

IEC 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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

IEC 60738-1:2006, *Thermistances – Coefficient de température positif à chauffage direct – Partie 1: Spécification générique*
IEC 60738-1:2006/AMD1:2009

IEC 60738-1-4:2008, *Thermistances – Coefficient de température positif de fonction échelon à chauffage direct – Partie 1-4: Spécification particulière-cadre – Application de la détection – Niveau d'assurance de la qualité EZ*

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

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

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

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60947-1:2020, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

protection thermique incorporée

protection de certaines parties (appelées parties protégées) d'une machine électrique tournante contre les températures excessives résultant de certaines conditions de surcharge thermique, au moyen d'un dispositif de protection thermique dont tout ou une partie consiste en un dispositif sensible à la température incorporé à la machine

3.1.2

dispositif de protection thermique

dispositif destiné à assurer la protection thermique d'une machine électrique tournante au moyen d'une thermistance CTP incorporée, associée à une unité de commande

3.1.3

dispositif de commande

dispositif qui transforme un point particulier sur la caractéristique d'une thermistance CTP en une fonction de commutation sur l'alimentation de la machine électrique tournante

Note 1 à l'article: Le dispositif est capable d'être réarmé (manuellement ou automatiquement) lorsque la température descend à la valeur de réarmement.

3.1.4

partie protégée

partie de la machine électrique tournante dont la température est limitée à une valeur prédéterminée par l'action du dispositif de protection thermique

3.1.5

thermistance CTP à caractéristique à évolution brutale

thermistance CTP pour laquelle l'évolution brutale de résistance pour une température fixée est capable de provoquer une manœuvre de commutation dans le système de commande

3.1.6

unité de commande

dispositif qui convertit en une fonction de commutation la variation de la caractéristique d'une thermistance CTP

Note 1 à l'article: L'unité de commande peut être une partie d'autres appareils ou de systèmes.

3.1.7

circuit de commande

circuit commandant l'appareil de connexion qui établit et interrompt l'alimentation

3.1.8

température de fonctionnement de la thermistance CTP

<TNF> température de la thermistance pour laquelle, lors d'une élévation, la variation de la caractéristique liée à la température est telle qu'elle provoque le fonctionnement de l'unité de commande associée

3.1.9

température de fonctionnement du dispositif

<TFS> température de la thermistance pour laquelle, lors d'une élévation de température, la thermistance et l'unité de commande provoquent ensemble le fonctionnement de l'unité de commande

3.1.10

température de réarmement

température de la thermistance pour laquelle, lors d'une diminution, la variation de la caractéristique liée à la température est telle qu'elle permet le réarmement de l'unité de commande

3.1.11

thermistance à coefficient de température positif **thermistance CTP**

thermistance dont la résistance augmente avec l'accroissement de température dans la portion utile de sa caractéristique

[SOURCE: IEC 60738-1:2006, 3.4, modifiée – Ajout d'un autre terme.]

3.1.12

thermistance "A"

thermistance CTP dont les caractéristiques particulières sont spécifiées à l'Annexe A

3.1.13**unité de commande "A"**

unité de commande dont les caractéristiques particulières sont spécifiées dans le présent document et prévue pour fonctionner conjointement avec une thermistance "A"

3.1.14**détection de court-circuit**

unité de commande capable de détecter les courts-circuits dans les circuits des thermistances

3.1.15**détection de rupture de conducteur**

unité de commande capable de détecter les ruptures de conducteur dans les circuits des thermistances CTP

3.2 Symboles et termes abrégés

CEM Compatibilité électromagnétique

I_e Courant assigné d'emploi (5.3.3)

I_{th} Courant thermique conventionnel à l'air libre (5.3.3)

CTP Coefficient de température positif

Q Facteur d'amplification (9.3.3.14.3)

TFS Température de fonctionnement du dispositif (3.1.9)

TNF Température de fonctionnement de la thermistance CTP (3.1.8)

U_e Tension assignée d'emploi (5.3.2)

U_i Tension assignée d'isolement (5.3.2)

U_{imp} Tension assignée de tenue aux chocs (6.1)

U_r Tension assignée du circuit de la thermistance (6.1)

U_s Tension assignée d'alimentation du circuit de commande (6.1)

4 Vide**5 Caractéristiques d'unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP)****5.1 Enumération des caractéristiques**

Les caractéristiques d'une unité de commande doivent, chaque fois que cela est possible, être indiquées de la façon suivante:

- type du matériel (voir 0);
- valeurs électriques assignées de l'unité de commande (voir 5.3);
- valeurs électriques assignées des caractéristiques des thermistances CTP et de leur circuit (voir 5.4);
- valeurs électriques assignées du circuit d'alimentation de commande (voir 0).

5.2 Type du matériel**5.2.1 Températures de fonctionnement des dispositifs de protection**

Chaque thermistance CTP, ou thermistance CTP avec unité de commande, doit avoir soit une température assignée de fonctionnement déclarée conformément à 5.2.2 (TNF), soit une température assignée de fonctionnement du dispositif déclarée conformément à 5.2.3 (TFS), ou les deux.

EXEMPLE

- a) Thermistance CTP à caractéristique à évolution brutale: la TNF est à déclarer; la TFS est sans objet.
- b) Thermistance CTP à caractéristique à évolution brutale avec son unité de commande: la TFS peut être déclarée. Pour ces dispositifs, la valeur de la TFS peut coïncider avec la valeur de la TNF pour la thermistance CTP proprement dite.

5.2.2 Température assignée de fonctionnement de la thermistance CTP

Dans le cas d'une thermistance CTP à caractéristique à évolution brutale, la valeur de la TNF doit être déclarée en o) de 6.1.

Il est recommandé que la valeur normale de la TNF, exprimée en degrés Celsius, soit choisie dans la série des nombres multiples de cinq.

5.2.3 Température assignée de fonctionnement du dispositif

Lorsque la thermistance CTP et l'unité de commande sont fournies sous forme d'unité combinée, la TFS doit être déclarée en o) de 6.1.

La tolérance sur la valeur déclarée de la TFS doit être ± 6 K, sauf spécification contraire.

NOTE La tolérance est égale à la somme des tolérances de la thermistance CTP et de l'unité de commande.

Les essais individuels de série doivent être effectués afin de vérifier le fonctionnement correct dans des conditions normales de fonctionnement conformément à 8.2.1.1.

5.2.4 Valeur maximale admissible de la température assignée de fonctionnement pour le dispositif

La valeur maximale admissible de la TFS dépend de la thermistance CTP et de l'unité de commande. Elle doit être déclarée en o) de 6.1.

NOTE Pour tout dispositif particulier, la valeur maximale de la TFS dépend des caractéristiques et des matériaux utilisés dans la fabrication de la thermistance CTP, ou des limites sur les caractéristiques de la thermistance CTP qui peuvent être modifiées par la plage de réglage disponible selon la conception de l'unité de commande.

5.2.5 Unité de commande avec température de réarmement

Lorsque la fonction de réarmement est prévue, la valeur de la température de réarmement et les tolérances doivent être déclarées en o) de 6.1.

La température de réarmement est vérifiée conformément à 9.3.3.8.

Pour redémarrer la machine (moteur électrique) après le déclenchement de l'unité de commande (déconnectée), il est important que l'enroulement de la machine et la thermistance CTP refroidissent suffisamment afin de permettre l'accélération normale de la machine sans déclenchement intempestif, spécialement avec une charge à inertie élevée. La valeur de température pour le redémarrage dépend de l'installation et des conditions de service. L'unité de commande peut être conçue de manière à permettre une sélection de différentes valeurs de température.

Pour les dispositifs à redémarrage manuel, il convient que la température maximale soit prise en compte. Pour les dispositifs à redémarrage automatique, il convient que le fabricant de la machine considère les températures différentielles minimales et maximales qui résultent des choix de la TNF ou de la TFS et de la température de réarmement avec les valeurs de tolérances déclarées. Des valeurs différentielles trop proches pourraient ne pas permettre un refroidissement suffisant pour un redémarrage sans déclenchement intempestif. Des températures différentielles trop éloignées peuvent conduire à une durée de refroidissement de la machine excessivement longue ou des températures ambiantes élevées peuvent empêcher un réarmement.

5.2.6 Unité de commande avec détection de court-circuit dans le capteur

L'unité de commande peut être déclarée avec détection de court-circuit dans le capteur. Les thermistances CTP ont une résistance faible, c'est pourquoi une mesure spéciale est nécessaire pour déceler une diminution de la résistance à une valeur voisine de zéro à la suite d'un court-circuit. Pour des applications de sécurité, ou pour augmenter la durée de vie d'une machine électrique tournante, il est recommandé d'avoir un système de détection de court-circuit dans le circuit de la thermistance CTP. En particulier, la sécurité de la protection thermique est augmentée par une telle détection de court-circuit.

La détection de court-circuit décrite fournit uniquement la détection d'un court-circuit, mais elle ne résulte pas automatiquement en une action définie. Toute action résultante dépend de la configuration de l'unité de commande et de l'application.

5.2.7 Unité de commande avec détection de rupture de conducteur du capteur

L'unité de commande peut être déclarée avec détection de rupture de conducteur du capteur. La détection de rupture de conducteur doit surveiller le circuit de la thermistance CTP, détecter toute interruption et émettre un signal correspondant.

La détection de rupture de conducteur est basée sur l'évaluation de la pente de l'augmentation de la résistance dans le circuit de la thermistance CTP, due à une rupture de conducteur dans le câble de la thermistance CTP ou à une augmentation incorrecte de la température du moteur. Dans les deux cas, la résistance dans les circuits des thermistances CTP peut être supérieure à 100 k Ω .

5.3 Valeurs électriques assignées de l'appareil de connexion de l'unité de commande

5.3.1 Valeurs électriques assignées des appareils de connexion

Les valeurs électriques assignées des appareils de connexion des unités de commande doivent être déclarées conformément aux paragraphes de 5.3.2 à 5.3.4, selon le cas.

5.3.2 Tensions assignées d'une unité de commande

Les tensions assignées d'une unité de commande sont la tension assignée d'isolement (U_i) et la tension assignée d'emploi (U_e) telles qu'elles sont définies en 5.3.1.2 et 5.3.1.1 de l'IEC 60947-1:2020.

5.3.3 Courants assignés d'une unité de commande

Les courants assignés d'une unité de commande sont le courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th}) et le courant assigné d'emploi (I_e) tels qu'ils sont définis en 5.3.2.1 et 5.3.2.3 de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Plusieurs valeurs combinées de tension assignée d'emploi et de courant assigné d'emploi peuvent être attribuées à une unité de commande.

5.3.4 Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure d'une unité de commande

Pour une unité de commande à laquelle une catégorie d'emploi a été attribuée, celle-ci doit être déclarée conformément à 4.4 de l'IEC 60947-5-1:2016 et il n'est pas nécessaire de spécifier les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, puisque ces valeurs dépendent directement de la catégorie d'emploi et des tensions et courants assignés d'emploi.

5.4 Valeurs électriques assignées de la variation de caractéristique liée aux thermistances CTP

5.4.1 Généralités

Les valeurs électriques assignées de la variation de caractéristique liée aux thermistances CTP doivent être déclarées.

5.4.2 Données électriques/valeurs assignées et caractéristiques liées à la thermistance CTP

La spécification particulière de l'IEC 60738-1-4:2008 doit être utilisée comme référence d'entrée du capteur pour les unités de commande, les tolérances ou les valeurs limites pour les paramètres suivants. Si nécessaire, les données électriques peuvent être énumérées sous forme de tableau, avec référence aux styles et aux codes comme suit:

- températures haute/basse de la catégorie climatique (THC/TBC);
- gamme de températures de fonctionnement à la tension maximale;
- tension maximale ($U_{\max}$);
- résistance de puissance nulle (R_T);
- valeur de résistance la plus basse ($R_{\min}$);
- résistance à la TNF, R-TNF (le cas échéant, voir Figure 2 de l'IEC 60738-1:2006);
- tension d'essai d'isolement (thermistances CTP isolées uniquement);
- résistance d'isolement (thermistances CTP isolées uniquement);
- temps de réponse.

5.4.3 Tension assignée du circuit de la thermistance CTP de l'unité de commande

La tension assignée du circuit de la thermistance CTP (U_r) destinée à être utilisée avec des thermistances CTP à variation de caractéristique ayant une tension assignée d'emploi définie doit être déclarée.

La tension U_r est la valeur maximale de tension qui apparaît entre chaque paire de bornes destinées au raccordement d'un circuit de thermistance CTP lorsqu'une résistance, déterminée comme ci-après, est raccordée entre ces bornes et lorsque l'unité de commande est alimentée à sa tension assignée.

La résistance à utiliser correspond à la valeur de la courbe caractéristique lorsque l'unité de commande est déconnectée, et prend en compte le nombre de thermistances CTP dans le circuit. Cette valeur peut être maximale ou minimale suivant la forme de la courbe caractéristique.

NOTE Si le circuit est un circuit à courant alternatif, la tension assignée est la valeur de crête de la tension, indiquée par $\hat{U}_r$.

5.5 Circuit d'alimentation de commande

Le paragraphe 5.5.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

La liste des caractéristiques données en 5.5.1 de l'IEC 60947-1:2020 doit être complétée par:

- l'énergie limitée (si la source est conforme à 8.1.14);
- une alimentation TBTS (TBTP) (conformément à l'Annexe N de l'IEC 60947-1:2020).

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, les circuits de commande sont considérés comme des sources de classe 2 telles que définies dans le National Electrical Code (NFPA 70) et le Code canadien de l'électricité (CSA C22.1).

5.6 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Dans les conditions normales de service, les circuits auxiliaires sont caractérisés de la même manière que les circuits de commande et sont soumis aux mêmes exigences.

Les entrées numériques et/ou les sorties numériques contenues dans les unités de commande et destinées à être compatibles avec des automates programmables doivent satisfaire aux exigences de l'Annexe S de l'IEC 60947-1:2020.

6 Informations sur le matériel

6.1 Nature des informations

Les informations suivantes doivent être indiquées:

Identification

- a) le nom du fabricant ou sa marque commerciale;
- b) la désignation du type ou le numéro de série;
- c) le numéro du présent document.

Marquage supplémentaire des unités de commande A:

En complément au numéro du présent document, l'unité de commande doit être marquée avec la lettre "A".

Caractéristiques, valeurs assignées fondamentales et utilisation

- d1) tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s (5.4.3);
- d2) pour chaque circuit pertinent, adéquation à une utilisation dans un circuit TBTS/TBTP à la valeur maximale de la tension assignée d'emploi correspondante (voir IEC 61140 et Annexe N de l'IEC 60947-1:2020);
- e) la fréquence assignée de la tension d'alimentation du circuit de commande (0);
- f) la tension assignée d'emploi, U_e , de l'unité de commande (5.3.2);
- g) le courant assigné d'emploi, I_e , de l'unité de commande (5.3.3);
- h) la catégorie d'emploi, ou les pouvoirs de fermeture et de coupure (5.3.4);
- i) un schéma du circuit qui indique le marquage des bornes et le raccordement des thermistances CTP, de l'unité de commande et de l'alimentation;
- j) la tension assignée d'isolement, U_i , du circuit de commande (5.3.2);
- k) le type des thermistances CTP avec lequel l'unité de commande doit être utilisée et, le cas échéant, la tension assignée, U_r , du circuit de la thermistance CTP (5.4.3);
- l) le code IP dans le cas de matériel sous enveloppe;
- m) l'environnement A ou l'environnement B (voir 8.3.1 de l'IEC 60947-1:2020);
- n) la tension assignée de tenue aux chocs, U_{imp} ;
- o) les températures assignées de fonctionnement (5.2.1 et 5.2.4) et la température de réarmement, le cas échéant (5.2.5);
- p) le court-circuit dans le capteur et la fonction de détection de rupture de conducteur du capteur, le cas échéant (5.2.6, 5.2.7);
- q) les valeurs assignées des circuits auxiliaires (5.6).

6.2 Marquage

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Les indications d) à q) ci-dessus doivent figurer sur le matériel ou dans les notices du fabricant.

Les indications c) et l) ci-dessus doivent être marquées sur le matériel.

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien, mise hors service et démontage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec le complément suivant.

Les instructions du fabricant doivent fournir des renseignements pour informer l'utilisateur des mesures à prendre sur le matériel pour répondre aux exigences concernant la CEM.

6.4 Informations relatives à l'environnement

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

NOTE L'IEC TS 63058 fournit la méthode d'évaluation de l'impact environnemental de l'appareillage.

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'Article 7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8 Exigences relatives à la construction et aux performances

8.1 Dispositions constructives

8.1.1 Généralités

Le paragraphe 8.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Des mesures doivent être prévues pour réduire la probabilité de blessures et de dommages matériels, dans des conditions d'installation, d'entretien, normales de fonctionnement, anormales de fonctionnement et d'utilisation anormale raisonnablement prévisible. Les exigences du présent document fournissent ces mesures de manière générique.

La protection contre les dangers causés par les circuits électroniques doit être maintenue dans des conditions normales et de premier défaut, comme spécifié dans le présent document.

Les composants utilisés dans la construction de l'équipement, conformes à une norme de produit IEC pertinente, n'exigent pas d'évaluation séparée. Les composants ou ensembles de composants, pour lesquels il n'existe pas de norme de produit pertinente, doivent être soumis à des essais conformément aux exigences du présent document. Si des appareils mécaniques de connexion sont utilisés, il convient qu'ils satisfassent aux exigences de leur propre norme de produit IEC et aux exigences supplémentaires du présent document.

Lorsque le produit est destiné à être utilisé avec un matériel auxiliaire spécifique et des accessoires de câblage dédiés, l'évaluation de la sécurité et l'essai doivent inclure ce matériel auxiliaire et ces accessoires, à moins qu'il puisse être démontré qu'ils n'affectent pas la sécurité d'un équipement quelconque.

La partie accessible de l'appareil et spécialement l'organe de commande ne doit présenter ni angles vifs ni arêtes coupantes susceptibles de blesser l'opérateur.

La notice d'utilisation doit fournir des détails de toutes les mesures de sécurité destinées à l'utilisateur. Un avertissement clair doit être fourni dans la notice d'utilisation si des ajustements ou des réglages sont susceptibles de conduire à une situation dangereuse.

Il convient de prendre attentivement en compte que l'Annexe O de l'IEC 60947-1:2020, notamment en ce qui concerne la substitution ou la réduction de l'utilisation de substances dangereuses ou, si ce n'est pas possible, la mise en place de mesures visant à prévenir leur émission et le contact avec ces substances.

Lorsqu'il y a des dispositifs de raccordement (par exemple des bornes), ceux-ci doivent pouvoir recevoir des conducteurs à âme câblée unique de 0,5 mm² à 1,5 mm², et doivent être en nombre suffisant pour permettre le raccordement du ou des circuits des thermistances CTP.

Les bornes pour le raccordement à un circuit unique de thermistance CTP doivent être marquées T1 et T2.

Les bornes pour le raccordement à plusieurs circuits de thermistance CTP doivent être marquées 1T1 et 1T2, 2T1 et 2T2, etc.

Les bornes destinées à être raccordées au châssis ou au potentiel de la terre doivent être marquées avec le symbole approprié comme spécifié dans l'IEC 60417.

L'installation doit être réalisée conformément aux instructions du fabricant, y compris les niveaux admissibles des chocs et vibrations et les limitations des positions de montage.

8.1.2 Matériaux

8.1.2.1 Exigences générales sur les matériaux

Le paragraphe 8.1.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Il n'est pas nécessaire que les parties des matériaux d'isolation situées dans des circuits électriques alimentés par des sources d'énergie limitées conformément à 8.1.14 satisfassent aux exigences du présent paragraphe.

NOTE Les aspects relatifs aux dangers du feu sont détaillés dans l'IEC TR 63054.

8.1.2.2 Essai au fil incandescent

Le paragraphe 8.1.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec le complément suivant.

Lorsque des essais sur l'équipement ou sur des sections d'équipement sont utilisés, les parties des matériaux d'isolation nécessaires pour maintenir les parties conductrices en position doivent satisfaire aux essais au fil incandescent de 9.2.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 avec une température d'essai de 850 °C.

8.1.2.3 Essai fondé sur la catégorie d'inflammabilité

Le paragraphe 8.1.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.3 Parties transportant le courant et leurs connexions

Le paragraphe 8.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Le paragraphe 8.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Il n'est pas nécessaire que les distances d'isolement et les lignes de fuite dans les circuits alimentés par des sources d'énergie limitées telles que définies en 8.1.14, y compris ceux situés sur des circuits imprimés, satisfassent aux exigences du paragraphe ci-dessus.

Si des circuits TBTS et TBTP sont accessibles, ils doivent être séparés d'autres parties actives dangereuses conformément aux exigences de l'Annexe B relatives aux impédances de protection en complément de l'Annexe N de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Si certains circuits sont uniquement accessibles dans des conditions d'entretien ou similaires, ils peuvent, en fonction du niveau de risque (gravité du dommage et probabilité d'occurrence), être pris en compte dans les conditions normales de service (voir 6.1) et utiliser uniquement l'isolation principale.

8.1.5 Vide

8.1.6 Vide

8.1.7 Vide

8.1.8 Bornes

8.1.8.1 Généralités

Le paragraphe 8.1.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec cependant les exigences supplémentaires suivantes.

8.1.8.2 Marquage et identification des bornes

Le paragraphe 8.1.8.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec le complément suivant.

Le matériel peut être équipé de moyens de raccordement à la terre uniquement à des fins fonctionnelles (par opposition à la terre de protection). Il doit porter un marquage ou une autre identification conformément à l'IEC 60445.

8.1.9 Vide

8.1.10 Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection

Le paragraphe 8.1.10 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.11 Enveloppes dédiées pour le matériel

Le paragraphe 8.1.11 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.12 Degrés de protection du matériel sous enveloppe

Le paragraphe 8.1.12 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.13 Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques

Le paragraphe 8.1.13 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.1.14 Source d'énergie limitée

8.1.14.1 Généralités

Une source d'énergie limitée peut être mise en œuvre comme un circuit secondaire dérivé de circuits raccordés à la partie active dangereuse avec les moyens de séparation suivants:

- a) séparation galvanique,
- b) impédance de limitation de courant.

NOTE Les sources de Classe 2 telles que définies dans le National Electrical Code (NFPA 70) et le Code canadien de l'électricité (CSA C22.1) possèdent les mêmes caractéristiques électriques de sortie que les sources d'énergie limitée avec séparation galvanique.

8.1.14.2 Source d'énergie limitée avec séparation galvanique

Une source d'énergie limitée avec séparation galvanique comprend un composant isolant comme un transformateur entre le circuit primaire et la sortie à énergie limitée. Elle doit être conforme à l'une des exigences suivantes:

- a) la sortie est intrinsèquement limitée conformément au Tableau 1; ou
- b) une impédance linéaire ou non linéaire limite la sortie conformément au Tableau 1. Si un dispositif à coefficient de température positif (par exemple une CTP) est utilisé, il doit satisfaire aux essais qui s'appliquent spécifiés dans l'IEC 60730-1; ou
- c) un réseau de stabilisation limite la sortie conformément au Tableau 1, avec et sans défaut unique dans le réseau de stabilisation; ou
- d) un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé et la sortie est limitée conformément au Tableau 2.

NOTE Si un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé, il peut être un fusible ou un dispositif électromécanique non réglable.

La conformité pour déterminer la puissance maximale disponible est vérifiée par l'essai de 9.2.4.

En cas d'alimentations externes sans dispositif de protection contre les surintensités, elles ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 1. En cas d'alimentations externes avec dispositifs de protection contre les surintensités, elles ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 1 – Limites pour les sources d'énergie limitées sans dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
Courant alternatif	Courant continu		
≤ 30 V eff.	≤ 30 V	≤ 8 A	100 VA
–	$30 \text{ V} < U_{oc} \leq 60 \text{ V}^e$	$\leq \frac{150}{U_{oc}} \text{ A}$	100 VA

^a U_{oc} : tension de sortie mesurée conformément avec à tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont pour un courant alternatif sensiblement sinusoïdal et un courant continu sans ondulation. Pour un courant alternatif non sinusoïdal et un courant continu avec une ondulation supérieure à 10 % de la crête, sa valeur de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : courant de sortie maximal avec toute charge non capacitive, y compris un court-circuit.

^c S (VA): puissance apparente de sortie maximale avec toute charge non capacitive comme déterminé par 9.2.4.

^d La mesure de I_{sc} est effectuée 5 s après application de la charge si la protection est assurée par un circuit électronique ou un dispositif à coefficient de température positif (par exemple une CTP), et 60 s dans les autres cas.

^e Aux Etats-Unis, la limite est de 60 V en courant continu commutant hors de la gamme de 10 Hz à 200 Hz et de 24,8 V en courant continu commutant dans la gamme de 10 Hz à 200 Hz.

Tableau 2 – Limites pour les sources d'énergie limitées avec dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^{c, d}	Courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités ^e
U_{oc}		I_{sc}	S	
Courant alternatif	Courant continu			
≤ 20 V	≤ 20 V	$\leq \frac{1000}{U_{oc}} \text{ A}$	250 VA	≤ 5 A
$20 \text{ V} < U_{oc} \leq 30 \text{ V}$	$20 \text{ V} < U_{oc} \leq 30 \text{ V}^f$			$\leq \frac{100}{U_{oc}} \text{ A}$
–	$30 \text{ V} < U_{oc} \leq 60 \text{ V}^f$			$\leq \frac{100}{U_{oc}} \text{ A}$

NOTE La raison de réalisation des mesures avec des dispositifs de protection contre les surintensités contournés conformément à ^a est de déterminer la quantité d'énergie qui est disponible pour provoquer une éventuelle surchauffe pendant le temps de fonctionnement des dispositifs de protection contre les surintensités.

^a U_{oc} : tension de sortie mesurée, tous les circuits de charge étant déconnectés. Les tensions sont pour un courant alternatif sensiblement sinusoïdal et un courant continu sans ondulation. Pour un courant alternatif non sinusoïdal et un courant continu avec une ondulation supérieure à 10 % de la crête, sa valeur de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : courant de sortie maximal avec toute charge non capacitive, y compris un court-circuit, mesuré 60 s après l'application de la charge.

^c S (VA): puissance apparente de sortie maximale avec toute charge non capacitive mesurée 60 s après l'application de la charge comme déterminé par 9.2.4.

^d Les impédances de limitation de courant restent dans le circuit pendant la mesure, mais les dispositifs de protection contre les surintensités sont contournés.

^e Les courants assignés des dispositifs de protection contre les surintensités qui coupent le circuit en moins de 120 s avec un courant égal à 210 % du courant assigné indiqué dans le tableau.

^f Aux Etats-Unis, la limite est de 60 V en courant continu commutant hors de la gamme de 10 Hz à 200 Hz et de 24,8 V en courant continu commutant dans la gamme de 10 Hz à 200 Hz.

8.1.14.3 Source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant

Une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant possède les caractéristiques suivantes:

- a) la tension de sortie est limitée conformément au Tableau 3; ou
- b) une impédance linéaire ou non linéaire limite la sortie conformément au Tableau 3, avec et sans défaut unique.

Une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant peut être dérivée soit du réseau électrique, soit d'un circuit à séparation galvanique, par exemple le secondaire d'un transformateur.

Tableau 3 – Limites pour une source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b, d}	Puissance maximale ^c
U_{oc}		I_{sc}	S
Courant alternatif	Courant continu		
≤ 30 V eff.	≤ 30 V	0,5 A	15 VA

^a U_{oc} : tension de sortie mesurée conformément avec à tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont pour un courant alternatif sensiblement sinusoïdal et un courant continu sans ondulation. Pour un courant alternatif non sinusoïdal et un courant continu avec une ondulation supérieure à 10 % de la crête, sa valeur de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : courant de sortie maximal mesuré aux bornes de sortie de la source d'énergie limitée.

^c S (VA): puissance apparente de sortie maximale telle que déterminée en 9.2.4.

^d La mesure de I_{sc} est effectuée 5 s après l'application du court-circuit.

8.1.15 Circuit à énergie de charge stockée

Les pièces, y compris les charges stockées (condensateurs), qui sont accessibles pendant l'installation ou la déconnexion ne doivent représenter aucun danger lié à l'énergie électrique après la déconnexion.

Les condensateurs raccordés aux parties actives dangereuses accessibles doivent être déchargés à un niveau d'énergie inférieur à 0,5 mJ dans les 5 s suivant la mise hors tension. Dans le cas contraire, un avertissement bien visible doit être prévu sur le produit, indiquant le temps de décharge jusqu'aux valeurs limites ou une méthode préférentielle de décharge du condensateur avant tout contact avec les pièces de connexion.

8.1.16 Conditions de défaut et anormales

Le produit doit être conçu de manière à éviter les modes ou séquences de fonctionnement susceptibles de provoquer une condition de défaut ou une défaillance de composant entraînant un danger, à moins que d'autres mesures visant à prévenir le danger ne soient prévues par l'installation et ne soient décrites dans les informations d'installation fournies avec le produit. Les exigences du présent article s'appliquent également aux conditions anormales de fonctionnement, suivant le cas.

Une analyse ou des essais des circuits doivent être effectués afin de déterminer si la défaillance d'un composant particulier (y compris les systèmes d'isolement) entraînerait un danger ou non.

Cette analyse doit inclure les situations où une défaillance du composant ou de l'isolation (principale et supplémentaire) entraînerait:

- un impact sur le risque de choc électrique;
- un risque de dégradation entraînant l'émission de flammes, de particules brûlantes ou de métal fondu provenant du feu.

L'analyse ou les essais doivent inclure l'effet des conditions de court-circuit et de circuit ouvert du composant. Les essais sont nécessaires à moins que l'analyse puisse démontrer de manière concluante que, dans des conditions de court-circuit et de circuit ouvert, aucun choc électrique et aucun risque d'incendie ne résultent de la défaillance du composant. La conformité doit être vérifiée par l'essai de 9.2.5.

Les composants évalués quant à leur fiabilité conformément aux normes de produit pertinentes sont considérés comme satisfaisant à ces exigences et ne nécessitent pas d'étude supplémentaire s'ils sont soumis à des essais dans des conditions qui satisfont aux conditions pour lesquelles le produit est conçu.

8.1.17 Protection contre les courts-circuits et les surcharges des bornes d'entrée

Si la source d'énergie des bornes d'entrée de signaux ou des bornes d'entrée de puissance externes au dispositif n'est pas conforme aux exigences relatives aux sources d'énergie limitées de 8.1.14, le produit ne doit pas présenter de danger dans des conditions de court-circuit ou de surcharge. Les instructions pour l'installation d'une protection externe contre les surintensités doivent être mises à disposition conformément à 6.3.

La conformité doit être vérifiée par examen et, si nécessaire, par simulation de conditions de premier défaut.

8.2 Exigences relatives aux performances

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Conditions normales de service

Les unités de commande doivent fonctionner de manière satisfaisante avec les thermistances CTP appropriées dans toutes les conditions de l'Article 7 et dans les conditions suivantes:

- tension d'alimentation entre 85 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation du circuit de commande (U_s);
- fréquence de la tension d'alimentation du circuit de commande (pour les unités à courant alternatif) 50 Hz ou 60 Hz;
- air propre et humidité relative ne dépassant pas 50 % à la température maximale de 40 °C;
- pour les unités à courant continu, l'ondulation et le facteur de forme sont donnés dans les instructions du fabricant.

NOTE Les conditions de service qui se trouvent hors des limites ci-dessus peuvent être données dans les instructions du fabricant.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement

Lorsque l'unité de commande fonctionne dans les conditions normales de service et que le circuit de la thermistance CTP est raccordé aux bornes de l'unité de commande, les conditions suivantes doivent être satisfaites pour être conformes aux caractéristiques A. La conformité doit être vérifiée par les essais spécifiés en 9.3.3.10.

- a) l'unité de commande doit enclencher, ou pouvoir être réarmée, lorsque la résistance du circuit de la thermistance CTP est inférieure ou égale à 750 Ω ;
- b) l'unité de commande doit déclencher lorsque la résistance du circuit de la thermistance CTP est augmentée de 1 650 Ω à 4 000 Ω ;

- c) l'unité de commande doit enclencher, ou pouvoir être réarmée, lorsque la résistance du circuit de la thermistance CTP chute de $1\,650\ \Omega$ à $750\ \Omega$;
- d) lorsqu'une résistance de $4\,000\ \Omega$ est connectée entre chaque paire de bornes prévues pour le raccordement d'un circuit de la thermistance CTP et lorsque l'unité de commande fonctionne à sa tension assignée, la tension par paire de bornes ne doit pas dépasser $7,5\ \text{V}$ (tension continue ou tension alternative de crête);
- e) il ne doit y avoir aucune modification significative dans le fonctionnement de l'unité de commande lorsque la capacité du circuit de la thermistance CTP est inférieure ou égale à $0,2\ \mu\text{F}$.

8.2.2 Conditions anormales de service

L'unité de commande doit être capable de supporter sans dommage les conditions produites lorsqu'elle est alimentée sous sa tension assignée, ainsi que:

- lorsqu'une barrette de court-circuit est placée entre chaque paire de bornes du circuit de la thermistance CTP;
- lorsque chaque paire de bornes du circuit de la thermistance CTP est mise en circuit ouvert.

Cette conformité doit être vérifiée par les essais spécifiés en 9.3.3.2.

8.2.3 Propriétés diélectriques

Le paragraphe 8.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

Les essais diélectriques à fréquence industrielle du circuit de la thermistance CTP de l'unité de commande doivent être basés sur une tension assignée d'isolement, U_i , du circuit de commande indiquée en j) de 6.1 ou si elle n'est pas disponible, à la valeur de $690\ \text{V}$.

8.2.4 Echauffement

Les circuits auxiliaires d'un matériel comprenant des appareils de connexion auxiliaires doivent pouvoir supporter leur courant thermique conventionnel sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées dans les Tableaux 2 et 3 de l'IEC 60947-1:2020, lorsqu'ils sont soumis à essai selon 9.3.3.3.

8.2.5 Courant de court-circuit conditionnel

L'élément de commutation doit supporter les contraintes résultant des courants de court-circuit dans les conditions spécifiées en 9.3.4.

8.2.6 Pouvoirs de fermeture et de coupure des circuits de commande et auxiliaires

La catégorie d'emploi doit être déclarée AC-15 et DC-13 telle que définie dans l'IEC 60947-5-1 et vérifiée par les essais de 9.3.3.5.

8.2.7 Exigences supplémentaires et essais du matériel avec séparation de protection

L'Annexe N de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les exigences supplémentaires indiquées à l'Annexe B du présent document.

8.2.8 Variation de la température de fonctionnement

Les températures de fonctionnement de la thermistance CTP (TNF ou TFS suivant le cas) avant et après les essais de vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure du dispositif de connexion dans les conditions normales et anormales d'utilisation doivent satisfaire aux exigences de 5.2.3.

Cette conformité doit être vérifiée par les essais spécifiés en 9.3.3.6.

8.2.9 Chaleur humide

L'essai de chaleur humide de l'unité de commande peut être effectué conformément à l'Annexe Q de l'IEC 60947-1:2020.

8.2.10 Chocs et vibrations

8.2.10.1 Chocs

L'unité de commande doit être soumise à essai conformément à l'IEC 60068-2-27 avec les paramètres du Tableau Q.1 de l'Annexe Q de l'IEC 60947-1:2020, catégorie E.

8.2.10.2 Vibrations

L'unité de commande doit être soumise à essai conformément à l'IEC 60068-2-6 avec les paramètres du Tableau Q.1 de l'Annexe Q de l'IEC 60947-1:2020, avec la sortie activée et non activée.

8.2.11 Exigences pour la détection d'un court-circuit dans le circuit de la thermistance CTP

Lorsque l'unité de commande fonctionne dans les conditions normales de service et que le circuit de la thermistance CTP est raccordé aux bornes de l'unité de commande, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

- a) l'unité de commande doit être enclenchée, ou pouvoir être réarmée, lorsque la résistance du circuit de la thermistance CTP est comprise entre $X \Omega$ et 750Ω ;
- b) l'unité de commande doit déclencher lorsque la résistance diminue, avant qu'elle n'atteigne 10Ω ;
- c) l'unité de commande doit enclencher, ou pouvoir être réarmée, lorsque la résistance du circuit de la thermistance CTP est augmentée, avant qu'elle n'atteigne $X \Omega$;
- d) il ne doit y avoir aucune modification significative dans le fonctionnement de l'unité de commande lorsque la capacité du circuit de la thermistance CTP est inférieure ou égale à $0,2 \mu\text{F}$.

La conformité doit être vérifiée par les essais spécifiés en 9.3.3.12.

La valeur X doit être déclarée en p) de 6.1.

NOTE La valeur de la résistance de la CTP peut être aussi faible que 20Ω .

8.2.12 Exigences pour la détection de rupture de conducteur dans le circuit de la thermistance CTP

La plage de contrôle pour l'évaluation de la rupture de conducteur doit être supérieure à la valeur de fonctionnement déclarée en o) de 6.1 [valeur de déclenchement conformément à 9.3.3.10 b)].

Une détection sûre d'une rupture de conducteur est assurée si une vitesse d'accroissement de la résistance dans le circuit de la thermistance CTP supérieure à $300 \text{ k}\Omega/\text{s}$ est mesurée.

NOTE En supposant que l'échauffement du moteur est de 10 K/s et qu'une résistance CTP a un accroissement de $3\,000 \Omega/\text{K}$, l'accroissement maximal de la résistance se traduit par $30\,000 \Omega/\text{s}$. Lors d'une rupture de conducteur, l'accroissement de la résistance est au moins 10 à 100 fois supérieure que celle due à l'accroissement de la température d'un moteur.

8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.3.1 Généralités

Le paragraphe 8.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Pour l'essai CEM, le système minimal à prendre en considération est l'unité de commande interconnectée avec une thermistance CTP raccordée avec la longueur de câble maximale spécifiée.

8.3.2 Immunité

Le paragraphe 8.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Les essais appropriés à la vérification de la conformité à ces exigences sont donnés en 9.4.2.

Les critères de performance, basés sur les critères d'acceptation donnés dans le Tableau 24 de l'IEC 60947-1:2020, doivent être le critère A en général, sauf pour les décharges électrostatiques, les surtensions, les creux de tension et les courtes interruptions pour lesquels c'est le critère B qui doit être satisfait.

Il n'est pas exigé de soumettre à essai les matériels utilisant des circuits électroniques dans lesquels tous les composants sont passifs (par exemple diodes, résistances, varistances, condensateurs, supprimeurs d'ondes de choc, inductances).

8.3.3 Emissions

Le paragraphe 8.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les compléments suivants.

Les essais appropriés à la vérification de la conformité à ces exigences sont donnés en 9.4.3.

Si le matériel est vérifié uniquement pour l'environnement A, l'avertissement suivant doit être fourni à l'utilisateur (par exemple dans le manuel d'instruction) stipulant que l'utilisation de ce matériel dans un environnement B peut causer des brouillages radioélectriques auquel cas il peut être exigé de l'utilisateur qu'il utilise des méthodes d'atténuation supplémentaires.

AVERTISSEMENT

Ce produit a été conçu pour un environnement A. L'utilisation de ce produit dans un environnement B peut engendrer des perturbations électromagnétiques non désirées qui peuvent exiger la prise de mesures d'atténuation appropriées de la part de l'utilisateur.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le paragraphe 9.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité de la conception des unités de commande au présent document.

Ils comprennent les vérifications suivantes:

- a) propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4);
- b) fonctionnement en service (voir 9.3.3.1 et 9.3.3.2);
- c) pouvoirs de fermeture et de coupure (voir 9.3.3.5);
- d) limites d'échauffement (voir 9.3.3.3);
- e) dispositions constructives (voir 9.2);
- f) comportement en court-circuit (voir 9.3.4);
- g) CEM (voir 9.4);
- h) vérification de la variation de la température de fonctionnement (voir 9.3.3.6);
- i) vérification de la température assignée de fonctionnement du dispositif (TFS) (voir 9.3.3.7);
- k) vérification de la température de réarmement (voir 9.3.3.8);
- l) essais du matériel avec séparation de protection (voir 9.3.3.9);
- m) vérification de l'enclenchement et du déclenchement des unités de commande A (voir 9.3.3.10);
- n) vérification de la tension assignée du circuit de la thermistance CTP de l'unité de commande (voir 9.3.3.11);
- o) vérification de la détection d'un court-circuit dans le circuit de la thermistance CTP (voir 9.3.3.12);
- p) vérification de la détection de rupture de conducteur dans le circuit de la thermistance CTP (voir 9.3.3.13);
- q) vérification des exigences de chocs et de vibrations (voir 9.3.3.14).

9.1.3 Essais individuels de série

Le paragraphe 9.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique lorsque les essais sur prélèvement ne sont pas effectués.

9.1.4 Essais sur prélèvement

Les essais sur prélèvement des unités de commande comprennent les essais diélectriques.

Les essais sur prélèvement peuvent être effectués à la place des essais individuels de série, le cas échéant. Le prélèvement doit au moins satisfaire aux exigences suivantes telles que spécifiées dans le Tableau 2-A de l'ISO 2859-1:1999.

Le prélèvement est basé sur $NQA \leq 1$:

- critère d'acceptation, $Ac = 0$ (aucun défaut accepté);
- critère de rejet, $Re = 1$ (pour un défaut, tout le lot doit être soumis à essai).

Le prélèvement doit être effectué à intervalles réguliers pour chaque lot individualisé.

D'autres méthodes statistiques satisfaisant aux exigences ci-dessus de l'ISO 2859-1 peuvent être utilisées, par exemple des méthodes statistiques assurant la maîtrise de la fabrication en continu ou la maîtrise de procédés incluant des indices d'aptitude.

9.1.5 Essais spéciaux

Voir 8.2.9 et 8.2.10 du présent document.