

CEI 60947-4-3
(Première édition – 1999)

Appareillage à basse tension –

Partie 4-3 : Contacteurs et démarreurs de
moteurs – Gradateurs et contacteurs à
semiconducteurs pour charges, autres que
des moteurs, à courant alternatif

IEC 60947-4-3
(First edition – 1999)

Low-voltage switchgear and controlgear –

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

CORRIGENDUM

Page 92

*Paragraphe 9.3.3.6.1, point 7) b), troisième
condition:*

Au lieu de

Si $\Delta_n < 0,05$, et la durée totale ...

lire

Si $\Delta_n \leq 0,05$, et la durée totale ...

Page 93

*Subclause 9.3.3.6.1, item 7) b), third
condition:*

Instead of

If $\Delta_n < 0,05$, and total test time ...

read

If $\Delta_n \leq 0,05$, and total test time ...

Mai 2000

May 2000

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60947-4-3

Première édition
First edition
1999-09

Appareillage à basse tension –

Partie 4-3:

**Contacteurs et démarreurs de moteurs –
Gradateurs et contacteurs à semiconducteurs
pour charges, autres que des moteurs,
à courant alternatif**

Low-voltage switchgear and controlgear –

Part 4-3:

**Contactors and motor-starters –
AC semiconductor controllers
and contactors for non-motor loads**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60947-4-3:1999

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60947-4-3

Première édition
First edition
1999-09

Appareillage à basse tension –

Partie 4-3:

**Contacteurs et démarreurs de moteurs –
Gradateurs et contacteurs à semiconducteurs
pour charges, autres que des moteurs,
à courant alternatif**

Low-voltage switchgear and controlgear –

Part 4-3:

**Contactors and motor-starters –
AC semiconductor controllers
and contactors for non-motor loads**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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 photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX **XB**
PRICE CODE

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	12
3 Définitions.....	14
3.1 Définitions concernant les appareils de commande à semiconducteurs (pour des charges autres que des moteurs) pour courant alternatif.....	14
3.2 Définitions relatives à la CEM	26
4 Classification	28
5 Caractéristiques des gradateurs et contacteurs à semiconducteurs à courant alternatif.....	28
5.1 Enumération des caractéristiques	28
5.2 Type du matériel.....	28
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux.....	34
5.4 Catégories d'emploi	38
5.5 Circuits de commande	42
5.6 Circuits auxiliaires	42
5.7 Disponible.....	44
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) ..	44
5.9 Surtensions de manœuvre	44
6 Information sur le matériel	44
6.1 Nature des informations	44
6.2 Marquage	46
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien.....	46
7 Conditions normales de service, de montage et de transport.....	48
7.1 Conditions normales de service	48
7.2 Conditions pendant le transport et le stockage.....	48
7.3 Montage	48
7.4 Perturbations du réseau électrique et influences.....	50
8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement	50
8.1 Dispositions constructives.....	50
8.2 Dispositions relatives au fonctionnement	52
8.3 Prescriptions concernant la CEM	70
9 Essais.....	78
9.1 Nature des essais.....	78
9.2 Conformité aux dispositions relatives à la construction	80
9.3 Conformité aux prescriptions relatives au fonctionnement.....	80
9.4 Essais spéciaux.....	110

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	13
3 Definitions	15
3.1 Definitions concerning a.c. semiconductor (non-motor-load) control devices	15
3.2 EMC definitions	27
4 Classification	29
5 Characteristics of a.c. semiconductor controllers and contactors	29
5.1 Summary of characteristics	29
5.2 Type of equipment	29
5.3 Rated and limiting values for main circuits	35
5.4 Utilization category	39
5.5 Control circuits	43
5.6 Auxiliary circuits	43
5.7 Vacant	45
5.8 Coordination with short-circuit protective devices (SCPD)	45
5.9 Switching overvoltages	45
6 Product information	45
6.1 Nature of information	45
6.2 Marking	47
6.3 Instructions for installation, operation and maintenance	47
7 Normal service, mounting and transport conditions	49
7.1 Normal service conditions	49
7.2 Conditions during transport and storage	49
7.3 Mounting	49
7.4 Electrical system disturbances and influences	51
8 Constructional and performance requirements	51
8.1 Constructional requirements	51
8.2 Performance requirements	53
8.3 EMC requirements	71
9 Tests	79
9.1 Kinds of tests	79
9.2 Compliance with constructional requirements	81
9.3 Compliance with performance requirements	81
9.4 Special tests	111

	Pages
Annexe A (normative) Marquage et identification des bornes	112
Annexe B (informative) Conditions de service typique pour les gradateurs et contacteurs	118
Annexe C Disponible	122
Annexe D (normative) Prescriptions pour les essais d'émission rayonnée	124
Annexe E (informative) Méthode de conversion des limites d'émission rayonnée du CISPR 11 en puissance transmise équivalente	128
Annexe F (informative) Aptitude au fonctionnement	130
Annexe G (informative) Exemples de configuration de circuits de commande	136
Annexe H (informative) Points faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur	140
 Tableau 1 – Fonctions possibles des gradateurs et contacteurs	 18
Tableau 2 – Catégories d'emploi	40
Tableau 3 – Niveaux de sévérité relatifs	42
Tableau 4 – Durée minimale (T_x) de tenue au courant de surcharge en fonction du rapport (X) du courant de surcharge	60
Tableau 5 – Prescriptions minimales pour les conditions d'essai de stabilité thermique	60
Tableau 6 – Prescriptions minimales pour les conditions d'essai de tenue aux surcharges	62
Tableau 7 – Prescriptions minimales et conditions pour les essais de fonctionnement, y compris l'aptitude au blocage et à la commutation	64
Tableau 8 – Essai de fermeture et de coupure – Conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les dispositifs mécaniques de connexion de gradateur et contacteur hybride H4, H5	66
Tableau 9 – Essai de fonctionnement conventionnel – Conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les dispositifs mécaniques de connexion des gradateurs et contacteurs H4B, H5B	68
Tableau 10 – Critères de comportement spécifiques en présence de perturbations électromagnétiques	76
Tableau 11 – Spécifications d'essai pour la stabilité thermique	90
Tableau 12 – Conditions de température initiale du boîtier	90
Tableau 14 – Limites de perturbation en tension sur les bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques	104
Tableau 15 – Limites d'essai d'émissions rayonnées	104
Tableau 16 – Creux de tension et coupures brèves	108
Tableau A.1 – Marquage des bornes des circuits principaux	112

	Page
Annex A (normative) Marking and identification of terminals.....	113
Annex B (informative) Typical service conditions for controllers and contactors.....	119
Annex C Vacant	123
Annex D (normative) Requirements for radiated emission testing	125
Annex E (informative) Method of converting CISPR 11 radiated emission limits to transmitted power equivalents	129
Annex F (informative) Operating capability	131
Annex G (informative) Examples of control-circuit configurations	137
Annex H (informative) Items subject to agreement between manufacturer and user	141
 Table 1 – Functional possibilities of controllers and contactors.....	 19
Table 2 – Utilization categories	41
Table 3 – Relative levels of severity	43
Table 4 – Minimum overload current withstand time (T_x) in relation to overload current ratio (X)	61
Table 5 – Minimum requirements for thermal stability test conditions.....	61
Table 6 – Minimum requirements for overload capability test conditions	63
Table 7 – Minimum requirements and conditions for performance testing, including blocking and commutating capability	65
Table 8 – Making and breaking capacity test – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid semiconductor controller and contactor H4, H5	67
Table 9 – Conventional operational performance – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid controllers and contactors H4B, H5B	69
Table 10 – Specific performance criteria when EM disturbances are present	77
Table 11 – Thermal stability test specifications.....	91
Table 12 – Initial case temperature requirements	91
Table 14 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radiofrequency emission	105
Table 15 – Radiated emissions test limits.....	105
Table 16 – Voltage dips and short-time interruption.....	109
Table A.1 – Main circuit terminal markings	113

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-3: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et contacteurs à semiconducteurs pour charges, autres que des moteurs, à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant des questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales; ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure du possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60947-4-3 a été établie par le sous-comité 17B: Appareillage à basse tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60947-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17B/1000/FDIS	17B/1013/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et D font partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, E, F, G et H sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2002. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée; ou

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60947-4-3 has been prepared by subcommittee 17B: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This standard shall be used in conjunction with IEC 60947-1.

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

FDIS	Report on voting
17B/1000/FDIS	17B/1013/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A and D form an integral part of this standard.

Annexes B, E, F, G and H are for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2002. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition; or

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60947 concerne les gradateurs et les contacteurs à basse tension à semiconducteurs à courant alternatif prévus pour être utilisés avec des charges autres que des moteurs. En tant que gradateurs, ils ont de nombreuses possibilités au-delà de la simple commutation de charge. En tant que contacteurs, ils assurent la même fonction que les contacteurs mécaniques, mais utilisent un ou plusieurs dispositifs de commutation à semiconducteurs dans leurs pôles principaux.

Les appareils peuvent être unipolaires ou multipolaires (voir 2.3.1 de la CEI 60947-1). Cette norme traite des dispositifs complets caractérisés comme étant une unité incorporant tout le matériel de dissipation de chaleur nécessaire et les bornes. Il comprend les appareils avec toutes les bornes nécessaires qui sont fournies avec ou sans dissipateur de chaleur démontable pour montage par les utilisateurs lorsque le constructeur donne avec le dispositif des informations détaillées pour choisir le dissipateur de chaleur et pour monter l'appareil sur le dissipateur de chaleur.

Le terme générique «gradateur» est utilisé dans la présente norme là où seules les caractéristiques de commutation des éléments de puissance à semiconducteurs représentent l'intérêt essentiel. Le terme générique «contacteur» est utilisé dans la présente norme partout où seule la caractéristique de commutation marche/arrêt représente l'intérêt essentiel. Les désignations spécifiques (par exemple variante 4, variante HxB, etc.) sont utilisées chaque fois que les caractéristiques spécifiques de ces différentes configurations représentent l'intérêt essentiel.

Les dispositions des règles générales (CEI 60947-1) sont applicables à la présente norme lorsque celle-ci le précise. Les articles, les paragraphes ainsi que les tableaux, les figures et les annexes qui sont applicables sont identifiés par référence à la CEI 60947-1 par exemple 1.2.3 de la CEI 60947-1, tableau 4 de la CEI 60947-1 ou annexe A de la CEI 60947-1.

INTRODUCTION

This part of IEC 60947 covers low-voltage a.c. semiconductor controllers and contactors (solid-state contactors) intended for the use with non-motor loads. As controllers, they have many capabilities beyond the simple switching on and off of non-motor loads. As contactors, they perform the same functions as mechanical contactors, but utilize one or more semiconductor switching devices in their main poles.

The devices may be single-pole or multi-pole (see 2.3.1 of IEC 60947-1). This standard refers to complete devices rated as a unit incorporating all necessary heat-sinking material and terminals. It includes devices with all necessary terminals, which are supplied with or without heat-sink in knocked-down form for combination by the users, when the manufacturer gives with the device detailed information about choosing the heat-sink and mounting the device on the heat-sink.

The generic term, "controller", is used in this standard wherever the unique features of the power semiconductor switching elements are the most significant points of interest. The generic term "contactor" is used in this standard wherever the feature of simple switching on and off is the most significant point of interest. Specific designations (for example, form 4, form HxB, etc.) are used wherever the unique features of various configurations comprise significant points of interest.

The provisions of the general rules (IEC 60947-1) are applicable to this standard, where specifically called for. Clauses and subclauses thus applicable, as well as tables, figures, and annexes, are identified by reference to IEC 60947-1, for example 1.2.3, table 4 of IEC 60947-1 or annex A of IEC 60947-1.

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-3: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et contacteurs à semiconducteurs pour charges, autres que des moteurs, à courant alternatif

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60947 s'applique aux gradateurs et démarreurs à semiconducteurs à courant alternatif pour des charges autres que des moteurs prévus pour effectuer des manœuvres électriques en changeant l'état des circuits électriques à courant alternatif entre l'état passant et l'état bloqué. Des applications typiques sont données au tableau 2.

En tant que gradateurs, ils peuvent être utilisés afin de réduire l'amplitude de la tension efficace en courant alternatif sur les bornes côté charge provenant de la tension appliquée, de façon continue ou pour une période spécifiée de temps. La demi-période de la forme d'onde en courant alternatif reste inchangée par rapport à celle de la tension appliquée.

Ils peuvent comprendre en série des appareils mécaniques de connexion et sont destinés à être connectés à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif.

Les gradateurs et contacteurs à semiconducteurs couverts par cette norme ne sont normalement pas prévus pour interrompre des courants de court-circuit. En conséquence, il convient qu'une protection adaptée contre les courts-circuits (voir 8.2.5) fasse partie de l'installation mais pas nécessairement du contacteur lui-même.

Dans ce contexte, cette norme donne les prescriptions pour les gradateurs et contacteurs à semiconducteurs associés à des dispositifs séparés de protection contre les courts-circuits.

La présente norme ne s'applique pas

- aux manœuvres continues de moteur à courant alternatif;
- aux gradateurs et démarreurs à basse tension à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif couverts par la CEI 60947-4-2;
- aux gradateurs électroniques de puissance couverts par la CEI 60146;
- aux relais de tout ou rien à l'état solide.

Il convient que les contacteurs et les dispositifs pour circuits de commande utilisés dans les gradateurs et contacteurs à semiconducteurs soient conformes aux prescriptions de leur norme de produit correspondante. Lorsque des dispositifs de commutation mécaniques sont utilisés, il est recommandé qu'ils satisfassent à leur propre norme de produit de la CEI et aux prescriptions supplémentaires de cette norme.

La présente norme a pour objet de fixer

- a) les caractéristiques des gradateurs et contacteurs à semiconducteurs et le matériel associé;
- b) les conditions à remplir par les gradateurs et les contacteurs à semiconducteurs pour
 - leur fonctionnement et leur comportement;

leurs propriétés diélectriques;

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

1 Scope and object

This part of IEC 60947 applies to a.c. semiconductor non-motor load controllers and contactors intended for performing electrical operations by changing the state of a.c. electric circuits between the ON-state and the OFF-state. Typical applications are given in table 2.

As controllers, they may be used to reduce the amplitude of the r.m.s. a.c. voltage on the load terminals from that of the applied voltage – either continuously or for a specified period of time. The half-wave period of the a.c. wave form remains unchanged from that of the applied voltage.

They may include a series mechanical switching device and are intended to be connected to circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V a.c.

The semiconductor controllers and contactors dealt with in this standard are not normally intended to interrupt short-circuit currents. Therefore, suitable short-circuit protection (see 8.2.5) should form part of the installation but not necessarily of the controller itself.

In this context, this standard gives requirements for semiconductor controllers and contactors associated with separate short-circuit protective devices.

This standard does not apply to

- continuous operation of a.c. motors;
- low-voltage a.c. semiconductor motor controllers and starters covered by IEC 60947-4-2;
- electronic a.c. power controllers covered by IEC 60146;
- all-or-nothing solid-state relays.

Contactors and control-circuit devices used in semiconductor controllers and contactors should comply with the requirements of their relevant product standard. Where mechanical switching devices are used, they should meet the requirements of their own IEC product standard and the additional requirements of this standard.

The object of this standard is to state

- a) the characteristics of semiconductor controllers and contactors and associated equipment;
- b) the conditions with which semiconductor controllers and contactors should comply with reference to
 - their operation and behaviour;
 - their dielectric properties;

- les degrés de protection procurés par leur enveloppe, le cas échéant;
 - leur construction;
- c) les essais prévus pour confirmer que ces conditions ont été remplies et les méthodes à adopter pour ces essais;
- d) les informations à donner sur le matériel ou dans la documentation du constructeur.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60947. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60947 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(161):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60269-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60410:1973, *Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs*

CEI 60439-1:1992, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

CEI 60664 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*

CEI 60947-1:1999, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60947-4-2:1995, *Appareillage à basse tension – Partie 4: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Section 2: Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif*

CEI 61000-2-1:1990, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Deuxième partie: Environnement – Section 1: Description de l'environnement – Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation*

CEI 61000-3-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 2: Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤16 A par phase)*

CEI 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-3:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 3: Essais d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

- the degrees of protection provided by their enclosures, where applicable;
- their construction;
- c) the tests intended for confirming that these conditions have been met, and the methods to be adopted for these tests;
- d) the information to be given with the equipment or in the manufacturer's literature.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60947. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60947 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60269-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60439-1:1992, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 60947-1:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-4-2:1995, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 2: AC semiconductor motor controllers and starters*

IEC 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61000-3-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase)*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-3:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radiofrequency, electromagnetic field immunity test*

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en sèves – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essais d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-6:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 6: Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-11:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 11: Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

CISPR 11:1997, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 14-1:1993, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission – Norme de famille de produit*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60947, les définitions de l'article 2 de la CEI 60947-1 sont applicables ainsi que les définitions supplémentaires suivantes:

3.1 Définitions concernant les appareils de commande à semiconducteurs (pour des charges autres que des moteurs) pour courant alternatif

3.1.1 Gradateurs et contacteurs à semiconducteurs (contacteurs statiques) pour courant alternatif (voir figure 1)

3.1.1.1

gradateur à semiconducteurs pour courant alternatif

appareil de connexion à semiconducteurs (voir 2.2.3 de la CEI 60947-1) qui assure une fonction de commutation d'une charge (autre que moteur) pour courant alternatif et fournit un état bloqué

NOTE 1 – Etant donné les niveaux dangereux de courants de fuite (voir 3.1.13) pouvant exister dans un gradateur à semiconducteurs à l'état bloqué, il convient de considérer les bornes comme étant en permanence sous tension.

NOTE 2 – Dans un circuit où le courant passe par zéro (alternativement ou autrement), l'effet de ne pas établir le courant après une telle valeur égale à zéro est équivalent à couper le courant.

3.1.1.1.1

gradateur à semiconducteurs (variante 4)

gradateur à semiconducteurs pour courant alternatif dans lequel la fonction de commutation peut comprendre toute méthode spécifiée par le constructeur. Il assure les fonctions de commande qui peuvent inclure toute combinaison de rampe croissante, de commande, de charge ou de rampe décroissante. Un état à pleine conduction peut être fourni

3.1.1.1.2

Disponible

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radiofrequency fields*

IEC 61000-4-11:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests – Basic EMC publication*

CISPR 11:1997, *Industrial, scientific and medical (ISM) radiofrequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 14-1:1993, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission – Product family standard*

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 60947, relevant definitions of clause 2 of IEC 60947-1 apply with the following additional definitions:

3.1 Definitions concerning a.c. semiconductor (non-motor-load) control devices

3.1.1 AC semiconductor controllers and contactors (solid-state contactors) (see figure 1)

3.1.1.1

a.c. semiconductor controller

semiconductor switching device (see 2.2.3 of IEC 60947-1) that provides a switching function for an a.c. electrical load (non-motor load) and an OFF-state

NOTE 1 – Because dangerous levels of leakage currents (see 3.1.13) can exist in a semiconductor controller in the OFF-state, the load terminals should be considered to be live at all times.

NOTE 2 – In a circuit where the current passes through zero (alternately or otherwise), the effect of "not making" the current following such a zero value is equivalent to breaking the current.

3.1.1.1.1

semiconductor controller (form 4)

a.c. semiconductor controller in which the switching function may comprise any method specified by the manufacturer. It provides control functions which may include any combination of ramp-up, load control or ramp-down. A FULL-ON state may also be provided

3.1.1.1.2

Vacant

3.1.1.1.3**gradateur à semiconducteurs direct en ligne (DOL) (variante 5)**

variante spéciale de gradateur à semiconducteurs pour courant alternatif dans lequel la fonction de commutation est limitée à la pleine tension, méthode sans rampe uniquement, et où la fonction supplémentaire de commande est limitée pour assurer la pleine conduction (également connu comme étant un contacteur à semiconducteurs (contacteur statique)).

C'est un appareil (voir 2.2.13 de la CEI 60947-1) qui assure la fonction d'un contacteur en utilisant un dispositif de commutation à semiconducteurs (voir 2.2.3 de la CEI 60947-1). Il a seulement une position de repos (état bloqué ou état ouvert dans le cas d'un gradateur hybride HxB) et est manœuvré par l'application d'un signal de commande. Il est capable de transporter des courants de charge et également de changer l'état de ladite charge (circuit électrique) entre l'état de pleine conduction et l'état bloqué (OUVERT) dans des conditions normales du circuit y compris les conditions de fonctionnement en surcharge.

3.1.1.2

Disponible

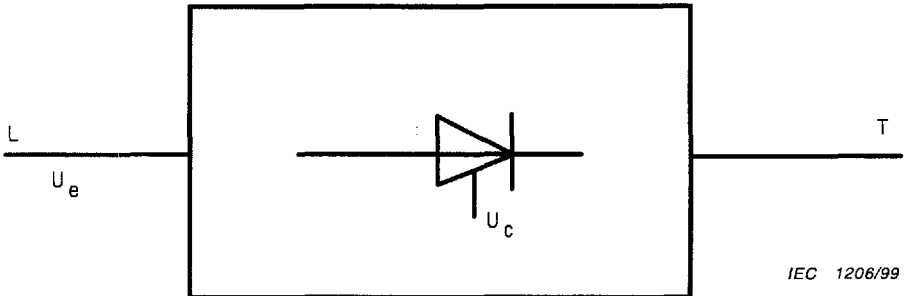
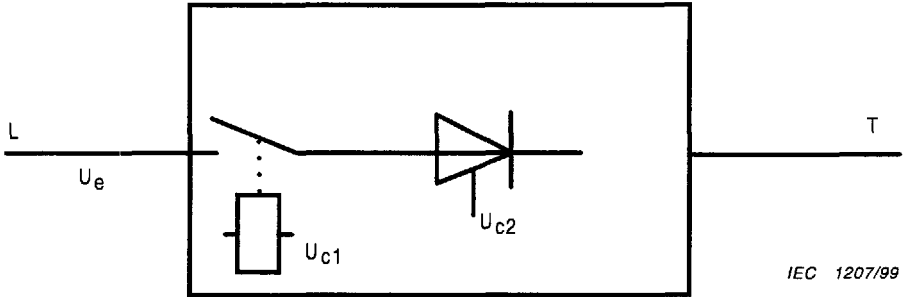
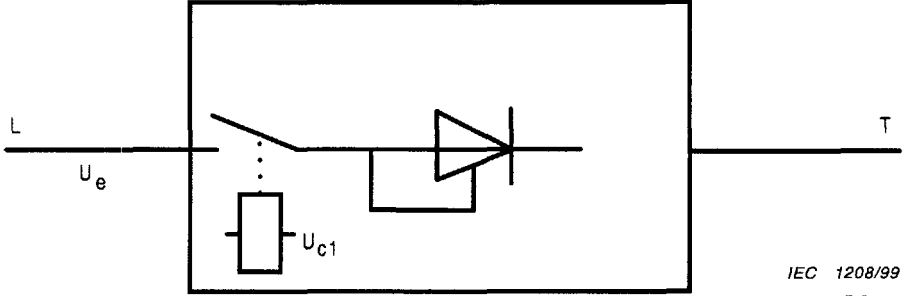
Appareil	
Gradateur (toutes variantes)	 IEC 1206/99
Gradateur hybride HxA* où x = 4 ou 5	 IEC 1207/99
Gradateur hybride HxB** où x = 4 ou 5	 IEC 1208/99
* Deux commandes séparées pour le gradateur et l'appareil mécanique de connexion en série, respectivement. ** Une commande seulement pour l'appareil mécanique de connexion en série.	

Figure 1 – Représentations graphiques des gradateurs

3.1.1.1.3

semiconductor direct-on-line (DOL) contactor (form 5)

special form of a.c. semiconductor controller in which the switching function is limited to the full-voltage, unramped method only and where the additional control function is limited to providing FULL-ON (also known as a semiconductor contactor or solid-state contactor).

It is a device (see 2.2.13 of IEC 60947-1) which performs the function of a contactor by utilizing a semiconductor switching device (see 2.2.3 of IEC 60947-1). It has only one position of rest (OFF-state or Open state in the case of an HxB hybrid controller) and is operated by the application of a control signal. It is capable of carrying load currents as well as changing the state of the said load (electrical circuit) between the FULL-ON and the OFF-states (Open) under normal circuit conditions including operating overload conditions.

3.1.1.2

Vacant

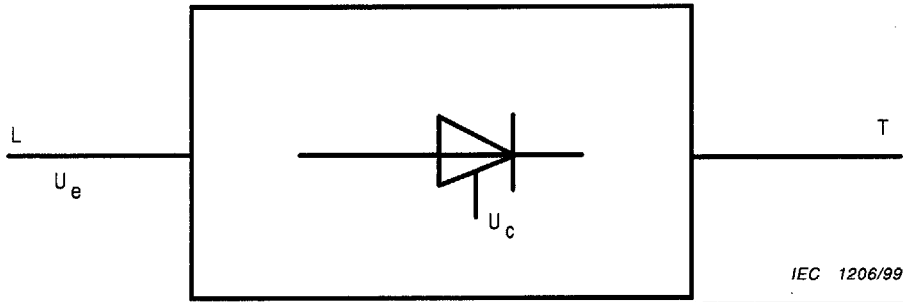
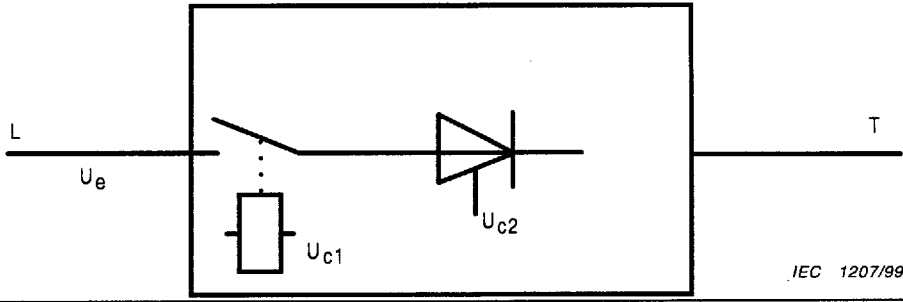
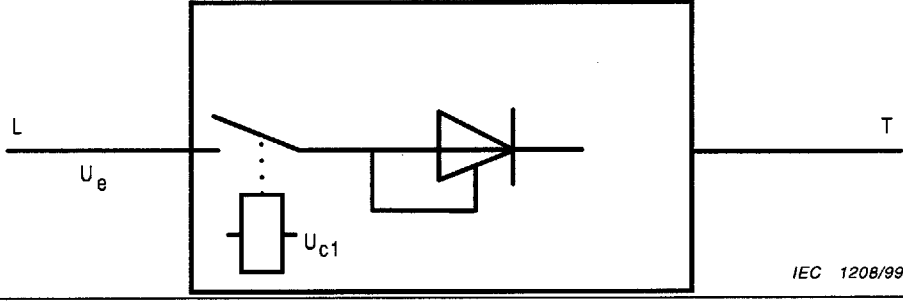
Device	
Controller (all forms)	 IEC 1206/99
Hybrid controller HxA* where x = 4 or 5	 IEC 1207/99
Hybrid controller HxB** where x = 4 or 5	 IEC 1208/99
* Two separate controls for the controller and the series mechanical switching device respectively. ** One control only for the series mechanical switching device.	

Figure 1 – Graphical possibilities of controllers

Tableau 1 – Fonctions possibles des gradateurs et contacteurs

Appareil	Variante 4	Variante 5
Gradateur à semiconducteurs	Etat bloqué Rampe croissante Commande de charge Etat de pleine conduction Rampe décroissante	Non disponible
Contacteur (DOL) à semiconducteurs	Non disponible	Etat bloqué Fonction de connexion Etat de pleine conduction
Gradateur hybride HxA* où x = 4 ou 5	H4A: – état ouvert – état bloqué – rampe croissante – commande de charge – état de pleine conduction – rampe décroissante	H5A: – état ouvert – état bloqué – fonction de connexion – état de pleine conduction
Gradateur hybride HxB** où x = 4 ou 5	H4B: – état ouvert – rampe croissante – commande de charge – état de pleine conduction – rampe décroissante	H5B: – état ouvert – fonction de connexion – état de pleine conduction
* Deux commandes séparées pour les gradateurs et l'appareil mécanique de commutation en série, respectivement.		
** Une seule commande pour l'appareil mécanique de commutation en série.		

3.1.2 Gradateurs et contacteurs hybrides (voir figure 1)

3.1.2.1

gradateurs ou contacteurs hybrides de variante HxA (où x = 4 ou 5)

gradateur à semiconducteurs de variante 4 ou 5 en série avec un appareil mécanique de connexion en tant qu'unité. Des commandes séparées sont fournies pour l'appareil mécanique en série et le gradateur ou contacteur à semiconducteurs. Toutes les fonctions de commande adaptées à la variante du gradateur spécifié sont assurées avec en plus une position d'ouverture

3.1.2.2

gradateurs ou démarreurs hybrides, variante HxB

gradateur à semiconducteur de variante 4 ou 5 en série avec un appareil mécanique de connexion et dont les caractéristiques sont assignées comme pour un appareil unique. Une seule commande est prévue pour à la fois l'appareil mécanique de connexion et le gradateur ou le contacteur à semiconducteurs. Toutes les fonctions de commande correspondant à la variante du gradateur spécifié sont prévues à l'exception de l'état bloqué

Table 1 – Functional possibilities of controllers and contactors

Device	Form 4	Form 5
Semiconductor controller	OFF-state Ramp-up Load control FULL-ON state Ramp-down	Not available
Semiconductor DOL contactor	Not available	OFF-state Switch-on function FULL-ON state
Hybrid controller HxA* where x = 4 or 5	H4A: – open state – OFF-state – ramp-up – load control – FULL-ON state – ramp-down	H5A: – open state – OFF-state – switch-on function – FULL-ON state
Hybrid controller HxB** where x = 4 or 5	H4B: – open state – ramp-up – load control – FULL-ON state – ramp-down	H5B: – open state – switch-on function – FULL-ON state
* Two separate controls for the controller and the series mechanical switching device, respectively. ** One control only for the series mechanical switching device.		

3.1.2 Hybrid controllers and contactors (see figure 1)

3.1.2.1

hybrid controllers or contactors form HxA (where x = 4 or 5)

form 4, or form 5 semiconductor controller in series with a mechanical switching device all rated as a unit. Separate control commands are provided for the series mechanical switching device and the semiconductor controller or contactor. All the control functions appropriate to the form of controller specified are provided together with an OPEN position

3.1.2.2

hybrid controllers or contactors, form HxB

form 4 or form 5 semiconductor controller in series with a mechanical switching device all rated as a unit. A single control command is provided for both the series mechanical switching device and the semiconductor controller or contactor. All the control functions appropriate to the form of controller specified are provided with the exception of an OFF-state

3.1.2.3**position d'ouverture**

condition d'un gradateur hybride à semiconducteurs où l'appareil mécanique de connexion en série est dans la position d'ouverture (voir 2.4.21 de la CEI 60947-1)

3.1.3**fonction de limitation de courant**

aptitude d'un gradateur à limiter le courant de charge à une valeur spécifiée. Elle ne comprend pas l'aptitude à limiter le courant instantané dans les conditions de court-circuit

3.1.4**commande de charge**

tout fonctionnement intentionnel provoquant des changements dans la puissance effective disponible pour la charge au cours d'une variation

- du cycle de manoeuvres imposé (c'est-à-dire une variation du facteur de marche F et/ou du nombre de cycles de manoeuvres par heure S , voir 5.3.4.6)
- ou
- de la tension aux bornes de la charge (par exemple par une commande de l'angle de phase)
- ou
- d'une combinaison des deux possibilités citées précédemment

NOTE 1 – La connexion est une variante obligatoire de commande de charge qui est reconnue séparément.

NOTE 2 – La commande de charge peut être effectuée par un gradateur de variante 5 lorsqu'un appareil de connexion externe ou un circuit de commande provoque le changement cyclique d'état bloqué à l'état de pleine conduction et l'inverse (c'est-à-dire la commande de charge par cycle de manoeuvre).

3.1.5**rampe croissante**

fonction de commutation provoquant le changement de l'état bloqué (ou de l'état ouvert, dans le cas d'un gradateur hybride HxB) à l'état passant (c'est-à-dire à l'état de pleine conduction ou à une manoeuvre de commande de charge) sur une période de temps définie (temps de croissance)

3.1.6**rampe décroissante**

fonction de commutation provoquant le changement de l'état passant (c'est-à-dire de la pleine conduction ou de la manoeuvre de commande de charge) à l'état bloqué (ou à l'état ouvert, dans le cas d'un gradateur hybride HxB) sur une période de temps définie (temps de rampe décroissante)

3.1.7**fonctionnement contrôlé**

Non défini (voir 3.1.4)

3.1.8

Disponible

3.1.9**état passant**

état d'un gradateur à semiconducteurs lorsque le courant de conduction peut passer par son circuit principal

3.1.10**pleine conduction (état des gradateurs)**

état d'un gradateur dont les fonctions de commande sont réglées pour alimenter la charge

3.1.2.3**OPEN position**

condition of a hybrid semiconductor controller when the series mechanical switching device is in the OPEN position (see 2.4.21 of IEC 60947-1)

3.1.3**current-limit function**

ability of the controller to limit the load current to a specified value. It does not include the ability to limit the instantaneous current under conditions of short circuit

3.1.4**load control**

any deliberate operation which causes changes in the effective power available to the load through variation of either

- an imposed operating cycle (i.e. variation of the cyclic duration factor F and/or the number of operating cycles per hour S , see 5.3.4.6)
- or
- the load terminal voltage (for example, through phase-angle control)
- or
- a combination of these

NOTE 1 – Switch-on is a mandatory form of load control that is recognized separately.

NOTE 2 – Load control can be performed by a form 5 controller, if an external switching device or control circuit causes the cyclic transition from the OFF-state to the FULL-ON state and back again (i.e. load control by operating cycle).

3.1.5**ramp-up**

switching (switch-on) function which causes the transition from the OFF-state (or from the Open state, in the case of a HxB hybrid controller) to the ON-state (i.e. to the FULL-ON state or to a load control operation) over a defined period of time (the ramp-up time)

3.1.6**ramp-down**

switching (switch-off) function which causes the transition from the ON-state (i.e. either from FULL-ON or from a load control operation) to the OFF-state (or the Open state, in the case of an HxB hybrid controller) over a defined period of time (ramp-down time)

3.1.7**controlled operation**

Not defined (see 3.1.4)

3.1.8

Vacant

3.1.9**ON-state**

condition of a semiconductor controller when the conduction current can flow through its main circuit

3.1.10**FULL-ON (state of controllers)**

condition of a controller when the controlling functions are set to provide normal full-voltage excitation to the load

3.1.11**courant minimal de charge**

courant minimal de fonctionnement du circuit principal nécessaire au fonctionnement correct d'un gradateur à semiconducteurs à l'état passant

NOTE – Il convient d'indiquer la valeur efficace du courant minimal de charge.

3.1.11.1**détection du courant de charge minimal**

aptitude du gradateur à détecter et à signaler que le courant de charge est inférieur à une valeur minimale spécifiée, signalement qui peut être obtenu par les états bloqué ou ouvert

3.1.12**état bloqué**

état d'un gradateur lorsqu'aucun signal de commande n'est appliqué et qu'aucun courant de valeur supérieure à celle du courant de fuite à l'état bloqué ne passe par son circuit principal

3.1.13**courant de fuite à l'état bloqué (I_L)**

courant que laisse passer le circuit principal d'un contacteur à semiconducteurs à l'état bloqué

3.1.14**manœuvre (d'un gradateur)**

passage de l'état passant à l'état bloqué ou l'inverse

3.1.14.1**fonction de commutation**

fonction conçue pour établir et couper le courant pendant la manœuvre d'un gradateur

3.1.14.2**fonction de commutation progressive**

Voir rampe croissante et rampe décroissante

3.1.14.3**fonction de commutation instantanée**

fonction de commutation provoquant la transition instantanée de l'état passant (c'est-à-dire de l'état pleine conduction ou de la manœuvre de commande de charge) à l'état bloqué (ou l'état d'ouverture, dans le cas d'un gradateur hybride HxB) ou l'inverse.

Dans le cas d'interruption, le terme «instantané» est utilisé pour indiquer le temps minimal d'ouverture (semblable à 2.5.39 de la CEI 60947-1).

Dans le cas d'établissement, le terme «instantané» est utilisé pour indiquer le temps de fermeture (voir 2.5.43 de la CEI 60947-1) plus le temps de transition déterminé seulement par l'impédance du circuit externe

3.1.14.4**point de commutation**

point sur la forme d'onde de la tension appliquée (voir 2.5.32 de la CEI 60947-1) pour lequel le dispositif de commutation à semiconducteurs devient conducteur pendant une manœuvre de fermeture

3.1.11**minimum load current**

minimum operational current in the main circuit which is necessary for correct action of a controller in the ON-state

NOTE – The minimum load current should be given as the r.m.s. value.

3.1.11.1**minimum load current detection**

ability of the controller to detect and signal that the load current is below a specified minimum value, for which signalling can be achieved by the OFF or Open states

3.1.12**OFF-state**

condition of a controller when no control signal is applied and no current exceeding the OFF-state leakage current flows through the main circuit

3.1.13**OFF-state leakage current (I_L)**

current which flows through the main circuit of a semiconductor contactor in the OFF-state

3.1.14**operation (of a controller)**

transition from the ON-state to the OFF-state or the reverse

3.1.14.1**switching function**

function designed to make or break the current during the operation of a controller

3.1.14.2**ramp switching function**

See ramp-up and ramp-down

3.1.14.3**instantaneous switching function**

switching function which causes the instantaneous transition from the ON-state (i.e. either from FULL-ON or from a load control operation) to the OFF-state (or the Open state, in the case of an HxB hybrid controller) or vice versa.

In the case of switch-off, the term "instantaneous" is used to mean the minimum opening time (see 2.5.39 of IEC 60947-1).

In the case of switch-on, the term "instantaneous" is used to mean make time (see 2.5.43 of IEC 60947-1) plus the transient time determined only by external circuit impedance

3.1.14.4**switching point**

point on the wave form of the applied voltage (see 2.5.32 of IEC 60947-1) at which the semiconductor switching device becomes conductive during a switch-on operation

3.1.14.4.1**commutation en un point défini (d'un gradateur à semiconducteurs)**

aptitude d'un gradateur à semiconducteurs à permettre le passage du courant dans le circuit principal seulement à l'instant où la tension appliquée en courant alternatif (voir 2.5.32 de la CEI 60947-1) ou alternativement la tension du circuit de commande en courant alternatif atteint un point spécifié sur sa forme d'onde

Cette forme de commutation optimisée peut être utilisée pour amortir le courant d'appel ou la «commutation douce» des transformateurs.

3.1.14.4.2**commutation au point zéro (d'un gradateur à semiconducteurs)**

variante spéciale de commutation en un point défini applicable seulement dans le cas de gradateur unipolaire à charge autre que des moteurs

Transition de l'état bloqué à l'état passant après application du signal de commande de telle façon que le dispositif de commutation à semiconducteur devienne conducteur à l'instant où la tension appliquée en courant alternatif (voir 2.5.32 de la CEI 60947-1) passe par zéro

NOTE – Ce type de manœuvre convient particulièrement aux charges résistives et aux lampes à incandescence. Il convient de ne pas l'utiliser pour les charges inductives et capacitatives étant donné que l'écart angulaire entre le courant de charge et la tension de pilotage dans ces charges provoquerait des pointes de courant transitoire sévères.

3.1.14.4.3**commutation aléatoire (d'un gradateur à semiconducteurs)**

absence de possibilité pour un gradateur à semiconducteurs de permettre le passage du courant à travers le circuit principal seulement à partir de l'instant où la tension appliquée en courant alternatif (voir 2.5.32 de la CEI 60947-1) ou alternativement à la tension du circuit de commande en courant alternatif atteint un point spécifié sur sa forme d'onde

3.1.15**cycle de manœuvres (d'un gradateur)**

suite de manœuvres d'un état à un autre et retour au premier état

NOTE – Une suite de manœuvres ne formant pas un cycle de manœuvres est appelée série de manœuvres.

3.1.16**aptitude au fonctionnement**

aptitude à effectuer une suite de cycles de manœuvre sans défaillance, dans des conditions prescrites

3.1.17**profil de courant de surcharge**

coordonnées temps/courant précisant les valeurs des courants de surcharge pendant une certaine durée (voir 5.3.5.1)

3.1.18**index caractéristique**

informations relatives aux caractéristiques assignées présentées sous une forme prescrite associant le courant assigné d'emploi, la catégorie d'emploi, le profil de courant de surcharge et le cycle de service ou la durée à l'état non passant (voir 6.1 e))

3.1.19**manœuvre de déclenchement (d'un gradateur)**

manœuvre pour établir et maintenir l'état bloqué (ou la position d'ouverture dans le cas d'un gradateur ou démarreur de variante HxB) déclenchée par un signal de commande

3.1.14.4.1**defined-point switching (of a semiconductor controller)**

ability of a semiconductor controller to permit the flow of current through the main circuit only as from the instant the a.c. applied voltage (see 2.5.32 of IEC 60947-1) or alternatively the a.c. control circuit voltage reaches a specified point on its wave form

This form of optimized switching may be used for rush-current damping or the "soft switching" of transformers.

3.1.14.4.2**zero-point switching (of a semiconductor controller)**

special form of defined point switching applicable only in the case of single pole semiconductor controllers for non-motor loads

The transition from the OFF-state to the ON-state after application of the control signal in such a way, that the semiconductor switching device becomes conductive at the instant a.c. applied voltage (see 2.5.32 of IEC 60947-1) passes through zero

NOTE – This type of operation is particularly suitable for resistive and incandescent light loads. It should not be used for inductive or capacitive loads since the angular displacement between load current and driving voltage in these loads would cause severe transient current peaks.

3.1.14.4.3**random point switching (of a semiconductor controller)**

absence of the ability of a semiconductor controller to permit the flow of current through the main circuit only as from the instant the a.c. applied voltage (see 2.5.32 of IEC 60947-1) or alternatively the a.c. control circuit voltage reaches a specified point on its wave form

3.1.15**operating cycle (of a controller)**

succession of operations from one state to the other and back to the first state

NOTE – A succession of operations not forming an operating cycle is referred to as an operating series.

3.1.16**operating capability**

under prescribed conditions, ability to perform a series of operating cycles without failure

3.1.17**overload current profile**

current-time coordinate specifying the requirement to accommodate overload currents for a period of time (see 5.3.5.1)

3.1.18**rating index**

rating information organized in a prescribed format unifying rated operational current and the corresponding utilization category, overload current profile, and the duty cycle or OFF-time (see 6.1 e))

3.1.19**tripping operation (of a controller)**

operation to establish and maintain an OFF-state (or open position in the case of a form HxB controller) initiated by a control signal

3.1.20**gradateur à déclenchement libre**

gradateur qui établit et maintient la condition de l'état bloqué, qui ne peut pas être annihilée dans le cas d'une condition de déclenchement

NOTE – Dans le cas de la variante HxB, le terme «condition à l'état bloqué» est remplacé par le terme «position d'ouverture».

3.1.21**moyens de protection contre les surcharges**

moyens conduisant un dispositif de commutation à revenir à l'état bloqué ou en position ouverte avec ou sans retard lorsque le courant dépasse une valeur prédéterminée

3.1.22**durée à l'état passant**

intervalle de temps pendant lequel le gradateur est en charge, voir par exemple la figure F.1 de l'annexe F

3.1.23**durée à l'état bloqué**

intervalle de temps pendant lequel le gradateur est à vide, voir par exemple la figure F.1 de l'annexe F

3.2 Définitions relatives à la CEM

De nombreuses définitions relatives à la CEM sont données dans la CEI 60050 et en particulier dans le chapitre 161. D'autres explications sont données dans la CEI 61000-2-1. Par esprit de commodité et afin d'éviter toute confusion, quelques définitions clés de la CEI 60050(161) sont reproduites ci-après.

3.2.1**compatibilité électromagnétique CEM (abréviation)**

aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son *environnement électromagnétique* de façon satisfaisante et sans produire lui-même des *perturbations électromagnétiques* intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement
[VEI 161-01-07]

3.2.2**émission (électromagnétique)**

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur
[VEI 161-01-08]

3.2.3**perturbation électromagnétique; parasite (électromagnétique)**

phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système, ou d'affecter défavorablement la matière vibrante ou inerte

NOTE – Une perturbation électromagnétique peut être un *bruit électromagnétique*, un *signal non désiré* ou une modification du milieu de propagation lui-même. [VEI 161-01-05]

3.2.4**perturbation radioélectrique; parasite (radioélectrique)**

perturbation électromagnétique se manifestant aux radiofréquences [VEI 161-01-13]

3.2.5**brouillage (radioélectrique)**

trouble apporté à la réception d'un signal utile par une *perturbation radioélectrique*

NOTE – En anglais, les mots «interference» et «disturbance» sont souvent utilisés indifféremment. L'expression «radiofrequency interference» est employée aussi communément pour désigner une perturbation radioélectrique

3.1.20**trip-free controller**

controller which establishes and sustains an OFF-state condition which cannot be overridden in the presence of a trip condition

NOTE – In the case of form HxB, the term "OFF-state condition" is replaced by the term "OPEN position".

3.1.21**overcurrent protective means OCPM**

means that cause a switching device to revert to the OFF-state or open position with or without time-delay when the current exceeds a predetermined value

3.1.22**ON-time**

period of time during which the controller is on-load, for example as in figure F.1 of annex F

3.1.23**OFF-time**

period of time during which the controller is off-load, for example as in figure F.1 of annex F

3.2 EMC definitions

Various EMC definitions are given in IEC 60050, particularly chapter 161. Further explanations are given in IEC 61000-2-1. For convenience and to avoid confusion, some of the key definitions from IEC 60050(161) are reproduced here.

3.2.1**electromagnetic compatibility, EMC (abbreviation)**

ability of an equipment or system to function satisfactorily in its *electromagnetic environment* without introducing intolerable *electromagnetic disturbances* to anything in that environment [IEV 161-01-07]

3.2.2**(electromagnetic) emission**

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source [IEV 161-01-08]

3.2.3**electromagnetic disturbance**

any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter

NOTE – An electromagnetic disturbance may be an *electromagnetic noise*, an *unwanted signal* or a change in the propagation medium itself. [IEV 161-01-05]

3.2.4**radio(frequency) disturbance**

electromagnetic disturbance having components in the radiofrequency range [IEV 161-01-13]

3.2.5**radiofrequency interference; RFI (abbreviation)**

degradation of the reception of a wanted signal caused by *radiofrequency disturbance*

NOTE – The English words "interference" and "disturbance" are often used indiscriminately. The expression "radiofrequency interference" is also commonly applied to a radiofrequency disturbance of an *unwanted signal*. [IEV 161-01-14]

3.2.6

transitoire (adjectif et nom)

se dit d'un phénomène ou d'une grandeur qui varie entre deux régimes établis consécutifs dans un intervalle de temps relativement court à l'échelle des temps considérée [VEI 161-02-01]

3.2.7

salve

suite d'un nombre fini d'*impulsions* distinctes ou oscillation de durée limitée [VEI 161-02-07]

3.2.8

tension de choc (progressive)

onde de tension *transitoire* se propageant le long d'une ligne ou d'un circuit et comportant une montée rapide de la tension suivie d'une décroissance plus lente de celle-ci [VEI 161-08-11]

3.2.9

immunité (à une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans *dégradation* en présence d'une *perturbation électromagnétique* [VEI 161-01-20]

4 Classification

Toutes les indications qui peuvent servir aux critères de classification sont indiquées en 5.2.

5 Caractéristiques des gradateurs et contacteurs à semiconducteurs à courant alternatif

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques des gradateurs et contacteurs doivent, chaque fois que cela est possible, être indiquées de la façon suivante:

- type du matériel (voir 5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux (voir 5.3);
- catégorie d'emploi (voir 5.4);
- circuits de commande (voir 5.5);
- circuits auxiliaires (voir 5.6);
- types et caractéristiques des relais et des déclencheurs (voir 5.7);
- coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (voir 5.8);
- surtensions de manœuvre (voir 5.9).

5.2 Type du matériel

Ce qui suit doit être indiqué.

5.2.1 Variante du matériel

Variante de gradateurs et contacteurs (voir 3.1.1 et 3.1.2).

3.2.6**transient** (adjective and noun)

pertaining to or designating a phenomenon or a quantity which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared with the time-scale of interest [IEV 161-02-01]

3.2.7**burst** (of pulses or oscillations)

sequence of a limited number of distinct *pulses* or an oscillation of limited duration [IEV 161-02-07]

3.2.8**voltage surge**

transient voltage wave propagating along a line or a circuit and characterized by a rapid increase followed by a slower decrease of the voltage [IEV 161-08-11]

3.2.9**immunity** (to a disturbance)

ability of a device, equipment or system to perform without *degradation* in the presence of an *electromagnetic disturbance* [IEV 161-01-20]

4 Classification

All data which could be used as criteria for classification is given in 5.2.

5 Characteristics of a.c. semiconductor controllers and contactors**5.1 Summary of characteristics**

The characteristics of controllers and contactors shall be stated in the following terms, where such terms are applicable:

- type of equipment (see 5.2);
- rated and limiting values for main circuits (see 5.3);
- utilization category (see 5.4);
- control circuits (see 5.5);
- auxiliary circuits (see 5.6);
- types and characteristics of relays and releases (see 5.7);
- coordination with short-circuit protective devices (see 5.8);
- switching overvoltages (see 5.9).

5.2 Type of equipment

The following shall be stated.

5.2.1 Form of equipment

Forms of controllers and contactors (see 3.1.1 and 3.1.2).

5.2.2 Nombre de pôles

5.2.2.1 Nombre de pôles principaux

5.2.2.2 Nombre de pôles principaux commandés par un élément à semiconducteurs

5.2.3 Nature du courant

Alternatif seulement.

5.2.4 Milieu de coupure (air, vide, etc.)

Applicable seulement aux dispositifs mécaniques de commutation des gradateurs et contacteurs hybrides.

5.2.5 Conditions de fonctionnement du matériel

5.2.5.1 Mode de fonctionnement

Par exemple:

- gradateur commandé symétriquement (par exemple semiconducteur commandé sur toutes les phases);
- gradateur non commandé symétriquement (par exemple thyristors et diodes).

5.2.5.2 Mode de commande

Par exemple:

- automatique (par auxiliaire automatique de commande ou commande séquentielle);
- non automatique (par exemple boutons-poussoirs);
- semi-automatique (c'est-à-dire partiellement automatique, partiellement non automatique).

5.2.5.3 Méthode de connexion

Par exemple (voir figure 2):

- charge connectée en étoile, thyristors connectés entre la charge et l'alimentation;
- charge connectée en triangle, thyristors connectés entre la charge et l'alimentation;
- charge à une seule phase, thyristors connectés entre la charge et l'alimentation.

5.2.2 Number of poles**5.2.2.1 Number of main poles****5.2.2.2 Number of main poles where the operation is controlled by a semiconductor switching element****5.2.3 Kind of current**

AC only.

5.2.4 Interrupting medium (air, vacuum, etc.)

Applicable only to mechanical switching devices of hybrid controllers and contactors.

5.2.5 Operating conditions of the equipment**5.2.5.1 Method of operation**

For example:

- symmetrically controlled controller (such as semiconductor with fully controlled phases);
- non-symmetrically controlled controller (such as thyristors and diodes).

5.2.5.2 Method of control

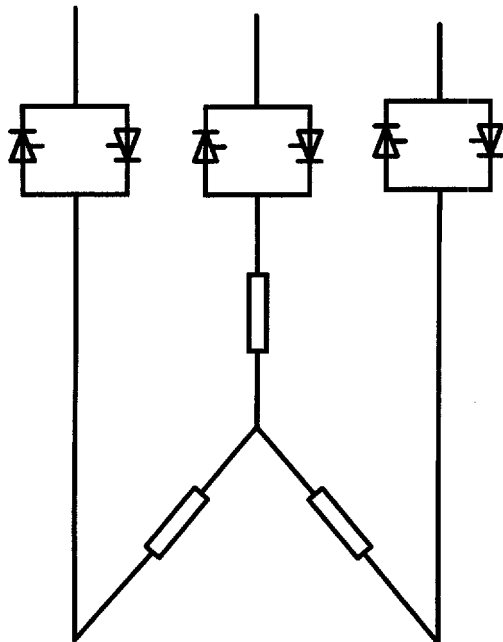
For example:

- automatic (by pilot switch or sequence control);
- non-automatic (that is push-buttons);
- semi-automatic (that is partly automatic, partly non-automatic).

5.2.5.3 Method of connecting

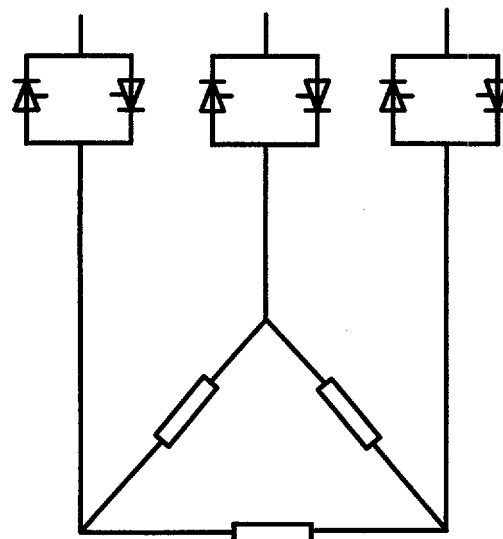
For example (see figure 2):

- load in star, thyristors connected between load and supply;
- load in delta, thyristors connected between load and supply;
- single-phase load, thyristors connected between load and supply.



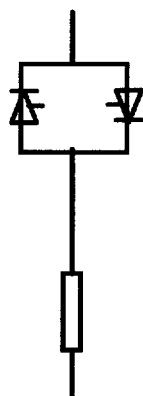
IEC 1209/99

Figure 2a – Charge en étoile
Thyristors entre charge et
alimentation



IEC 1210/99

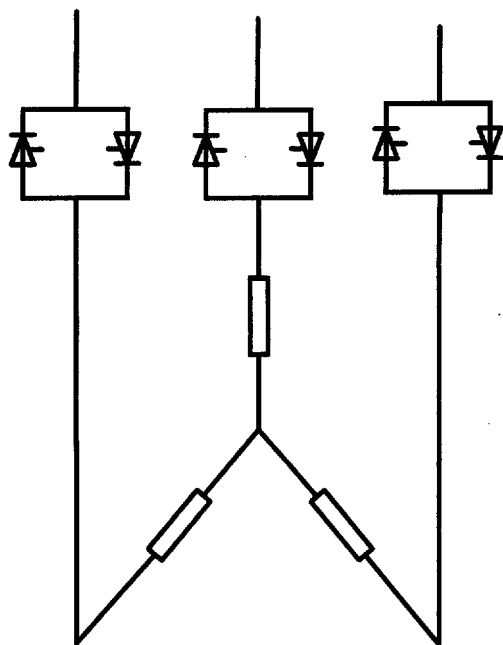
Figure 2b – Charge en triangle
Thyristors entre charge et
alimentation



IEC 1211/99

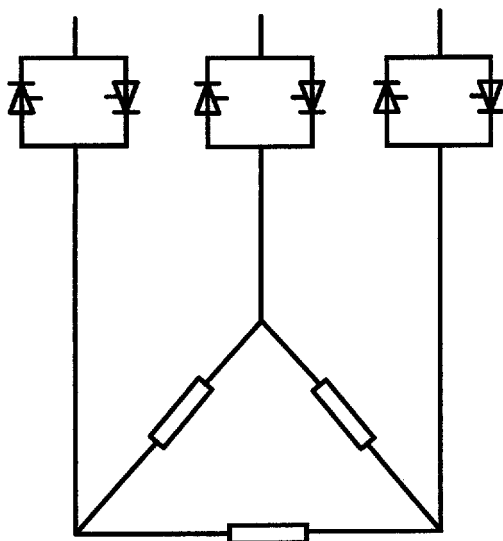
Figure 2c – Charge monophasée
Thyristors entre charge et
alimentation

Figure 2 – Méthodes de connexion



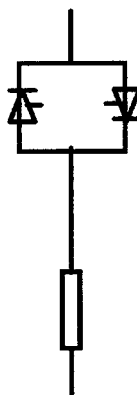
IEC 1209/99

Figure 2a – Load in star
Thyristors between load and supply



IEC 1210/99

Figure 2b – Load in delta
Thyristors between load and supply



IEC 1211/99

Figure 2c – Single-phase load
Thyristors between load and supply

Figure 2 – Methods of connecting

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites des circuits principaux

Les valeurs assignées et les valeurs limites relatives aux gradateurs et aux contacteurs doivent être indiquées conformément aux paragraphes 5.3.1 à 5.3.6, mais il peut ne pas être nécessaire de confirmer toutes les valeurs énumérées par des essais.

5.3.1 Tensions assignées

Un gradateur est défini par les tensions assignées suivantes.

5.3.1.1 Tension assignée d'emploi (U_e)

Le paragraphe 4.3.1.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

Le paragraphe 4.3.1.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

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

Le paragraphe 4.3.1.3 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.2 Courants

Un gradateur est défini par les courants suivants.

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

Le paragraphe 4.3.2.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.2.2 Courant thermique conventionnel sous enveloppe (I_{the})

Le paragraphe 4.3.2.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.2.3 Courant assigné d'emploi (I_e)

Le courant assigné d'emploi I_e des gradateurs et des contacteurs est le courant normal de fonctionnement lorsque l'appareil est à l'état de pleine conduction, et tient compte de la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1), de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4), de la catégorie d'emploi (voir 5.4), des caractéristiques de surcharge (voir 5.3.5 et du type d'enveloppe de protection, s'il y a lieu.

5.3.2.4 Courant assigné ininterrompu (I_u)

Le paragraphe 4.3.2.4 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.3 Fréquence assignée

Le paragraphe 4.3.3 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.4 Service assigné

Les services assignés considérés comme normaux sont les suivants.

5.3 Rated and limiting values for main circuits

The rated and limiting values established for controllers and contactors shall be stated in accordance with 5.3.1 to 5.3.6, but it may not be necessary to establish all applicable values by tests.

5.3.1 Rated voltages

A controller is defined by the following rated voltages.

5.3.1.1 Rated operational voltage (U_e)

Subclause 4.3.1.1 of IEC 60947-1 applies.

5.3.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

Subclause 4.3.1.2 of IEC 60947-1 applies.

5.3.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Subclause 4.3.1.3 of IEC 60947-1 applies.

5.3.2 Currents

A controller is defined by the following currents.

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

Subclause 4.3.2.1 of IEC 60947-1 applies.

5.3.2.2 Conventional enclosed thermal current (I_{the})

Subclause 4.3.2.2 of IEC 60947-1 applies.

5.3.2.3 Rated operational current (I_e)

The rated operational current, I_e , of controllers and contactors is the normal operating current when the device is in the FULL-ON state and takes into account the rated operational voltage (see 5.3.1.1), the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the utilization category (see 5.4), the overload characteristics (see 5.3.5) and the type of protective enclosure, if any.

5.3.2.4 Rated uninterrupted current (I_u)

Subclause 4.3.2.4 of IEC 60947-1 applies.

5.3.3 Rated frequency

Subclause 4.3.3 of IEC 60947-1 applies.

5.3.4 Rated duty

The rated duties considered as normal are as follows.

5.3.4.1 Service de 8 h

Service dans lequel le gradateur reste à l'état passant tout en étant parcouru par un courant constant pendant une durée assez longue pour atteindre l'équilibre thermique, mais ne dépassant pas 8 h sans interruption.

5.3.4.2 Service ininterrompu

Service dans lequel le gradateur reste en l'état passant tout en étant parcouru par un courant constant sans interruption pendant des durées supérieures à 8 h (des semaines, des mois ou même des années).

5.3.4.3 Service intermittent périodique ou service intermittent

Le paragraphe 4.3.4.3 de la CEI 60947-1 s'applique en modifiant comme suit le premier alinéa:

«Service comportant des périodes de fonctionnement en charge au cours desquelles le gradateur reste à l'état de pleine conduction (ou à l'état de charge contrôlée) et dont la relation avec les durées à vide est définie, chacune de ces durées étant trop courte pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique.»

5.3.4.4 Service temporaire

Service dans lequel le gradateur à semiconducteurs reste à l'état de pleine conduction (ou à l'état de charge contrôlée) pendant des durées insuffisantes pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique, les durées de fonctionnement en charge étant séparées par des durées à vide suffisantes pour rétablir l'égalité de la température avec celle du milieu de refroidissement. Les valeurs normalisées du service temporaire sont:

30 s, 1 min, 3 min, 10 min, 30 min, 60 min et 90 min.

5.3.4.5 Service périodique

Le paragraphe 4.3.4.5 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.3.4.6 Valeurs et symboles du cycle de service

Dans le cadre de la présente norme, le cycle de service est exprimé par deux symboles, F et S . Ceux-ci décrivent le service et fixent aussi le délai de refroidissement à prévoir.

F est le rapport de la durée en charge à la durée totale, exprimé par un pourcentage.

Les valeurs préférentielles de F sont:

$F = 1 \%, 5 \%, 15 \%, 25 \%, 40 \%, 50 \%, 60 \%, 70 \%, 80 \%, 90 \%, 99 \%$.

S est le nombre de cycles de manœuvres par heure. Les valeurs préférentielles de S sont:

$S = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ cycles de manœuvres par heure.

NOTE - D'autres valeurs de F et/ou de S peuvent être déclarées par le constructeur.

5.3.5 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge

Le paragraphe 4.3.5 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

5.3.4.1 Eight-hour duty

A duty in which the controller remains in the FULL-ON state while carrying a steady current long enough for the equipment to reach thermal equilibrium but not for more than 8 h, without interruption.

5.3.4.2 Uninterrupted duty

A duty in which the controller remains in the FULL-ON state while carrying a steady current without interruption for periods of more than 8 h (weeks, months, or even years).

5.3.4.3 Intermittent periodic duty or intermittent duty

Subclause 4.3.4.3 of IEC 60947-1 applies except that the first paragraph is changed to read:

"A duty with on-load periods in which the controller remains in the FULL-ON state (or load control state), having a definite relation to off-load periods, both periods being too short to allow the equipment to reach thermal equilibrium."

5.3.4.4 Temporary duty

Duty in which the semiconductor controller remains in the FULL-ON state (or load control state) for periods of time insufficient to allow the equipment to reach thermal equilibrium, the current-carrying periods being separated by no-load periods of sufficient duration to restore equality of temperature with the cooling medium. Standard values of temporary duty are:

30 s, 1 min, 3 min, 10 min, 30 min, 60 min and 90 min.

5.3.4.5 Periodic duty

Subclause 4.3.4.5 of IEC 60947-1 applies.

5.3.4.6 Duty cycle values and symbols

For the purpose of this standard, the duty cycle is expressed by two symbols, F and S . This describes the duty and also sets the time that must be allowed for cooling.

F is the ratio of the on-load period to the total period, expressed as a percentage.

The preferred values of F are:

$F = 1 \%, 5 \%, 15 \%, 25 \%, 40 \%, 50 \%, 60 \%, 70 \%, 80 \%, 90 \%, 99 \%$.

S is the number of operating cycles per hour. The preferred values of S are:

$S = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ operating cycles per hour.

NOTE – Other values of F and/or S may be declared by the manufacturer.

5.3.5 Normal load and overload characteristics

Subclause 4.3.5 of IEC 60947-1 applies with the following additions.

5.3.5.1 Profil du courant de surcharge

Le profil du courant de surcharge donne les coordonnées temps/courant pour les courants de surcharge contrôlés. Il est exprimé par deux symboles X et T_x .

X exprime le courant de surcharge comme un multiple de I_e choisi parmi la gamme de valeurs du tableau 4 et représente la valeur maximale du courant de fonctionnement dans des conditions de surcharge.

Des surintensités voulues ne dépassant pas dix cycles de la fréquence du réseau qui peuvent dépasser les valeurs déclarées de $X \cdot I_e$ sont négligées pour le profil de courant de surcharge.

T_x exprime la somme des durées des courants de surcharge de fonctionnement au cours de la fonction de commutation (par exemple éléments de préchauffage des lampes à vapeurs métalliques) la commande de charge et le fonctionnement en régime établi. Voir tableau 4.

5.3.5.2 Aptitude au fonctionnement

L'aptitude au fonctionnement exprime les aptitudes combinées

- de commutation du courant et de tenue au courant à l'état passant, et
- d'établissement et de maintien à l'état bloqué (blocage),

sous pleine tension dans des conditions de charge normale et de surcharge correspondant à la catégorie d'emploi, au profil de courant de surcharge et aux cycles de service spécifiés.

L'aptitude au fonctionnement est caractérisée par

- la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1);
- le courant assigné d'emploi (voir 5.3.2.3);
- le service assigné (voir 5.3.4);
- le profil du courant de surcharge (voir 5.3.5.1);
- la catégorie d'emploi (voir 5.4).

Les prescriptions sont données en 8.2.4.1.

5.3.5.3 Caractéristiques de commutation, de rampe croissante, de rampe décroissante et de commande de charge

Les conditions représentatives de service des gradateurs et des contacteurs sont décrites à l'annexe B.

5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel

Le paragraphe 4.3.6.4 de la CEI 60947-1 s'applique.

5.4 Catégories d'emploi

Le paragraphe 4.4 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Pour les gradateurs et les contacteurs, les catégories d'emploi énumérées au tableau 2 sont considérées comme normales. Tout autre type d'emploi doit reposer sur un accord entre le constructeur et l'utilisateur, mais les informations données dans le catalogue ou la soumission du constructeur peuvent constituer un tel accord.

5.3.5.1 Overload current profile

The overload current profile gives the current/time coordinates for the controlled overload current. It is expressed by two symbols, X and T_x .

X denotes the overload current as a multiple of I_e selected from the array of values in table 4 and represents the maximum value of operating current under operational overload conditions.

Deliberate overcurrents not exceeding ten cycles of the power-line frequency which may exceed the stated value of $X \cdot I_e$ are disregarded for the overload current profile.

T_x denotes the sum of duration times for the operational overload currents during the switching function (for example pre-heater elements of metal vapour lamps), load control and steady-state operating. See table 4.

5.3.5.2 Operating capability

Operating capability represents the combined capabilities of

- current commutation and current carrying in the ON-state, and
- establishing and sustaining the OFF-state (blocking),

at full voltage under normal load and overload conditions in accordance with utilization category, overload current profile and specified duty cycles.

Operating capability is characterized by

- rated operational voltage (see 5.3.1.1);
- rated operational current (see 5.3.2.3);
- rated duty (see 5.3.4);
- overload current profile (see 5.3.5.1);
- utilization category (see 5.4).

Requirements are given in 8.2.4.1.

5.3.5.3 Switch-on, ramp-up, ramp-down and load control characteristics

Typical service conditions for controllers and contactors are described in annex B.

5.3.6 Rated conditional short-circuit current

Subclause 4.3.6.4 of IEC 60947-1 applies.

5.4 Utilization category

Subclause 4.4 of IEC 60947-1 applies with the following addition.

For controllers and contactors the utilization categories as given in table 2 are considered standard. Any other type of utilization shall be based on agreement between manufacturer and user, but information given in the manufacturer's catalogue or tender may constitute such an agreement.

Chaque catégorie d'emploi (voir tableau 2) est caractérisée par les valeurs des courants, des tensions, des facteurs de puissance et des autres données des tableaux 3, 4, 5 et 6 ainsi que par les conditions d'essai spécifiées dans la présente norme.

Le premier symbole d'identification de la catégorie d'emploi désigne un gradateur (ou un gradateur ou démarreur à semiconducteurs de moteur – voir la CEI 60947-4-2).

Le deuxième symbole désigne une application typique. Dans le cas, respectivement de AC-55 et AC-56, les suffixes «a» ou «b» servent à définir l'application de façon plus précise.

NOTE – Par opposition à la convention utilisée dans la CEI 60947-4-2 pour les démarreurs et gradateurs à semiconducteurs de moteur à courant alternatif, ces suffixes ne font pas référence à l'utilisation d'un appareil de connexion de court-circuitage.

5.4.1 Attribution des caractéristiques assignées suivant les résultats d'essais

Un contacteur à semiconducteurs donné auquel a été attribuée une catégorie d'emploi vérifiée par des essais peut se voir assigner d'autres caractéristiques sans essai complémentaire pourvu que

- le courant et la tension assignée d'emploi, vérifiés par des essais, ne soient pas inférieurs aux caractéristiques assignées sans essai;
- les prescriptions relatives à la catégorie d'emploi et au cycle de service pour la caractéristique assignée par essai doivent être égales à ou plus sévères que celles à assigner sans essai; les niveaux correspondants de sévérité figurent au tableau 3;
- le profil du courant de surcharge pour la caractéristique assignée par essai doit être égal ou plus sévère que celui correspondant à la caractéristique à assigner sans essai, en correspondance avec les niveaux de sévérité relatifs du tableau 3. Seules les valeurs de X inférieures à celles essayées peuvent être assignées sans essai.

Tableau 2 – Catégories d'emploi

Catégorie d'emploi	Application typique
AC-51	Charges non inductives ou faiblement inductives, résistance de four
AC-55a	Commutation de lampes à décharge électrique
AC-55b	Commutation de lampes à incandescence
AC-56a	Commutation de transformateurs
AC-56b	Commutation de batteries de condensateurs
NOTE 1 – Un dispositif de court-circuitage du gradateur à semiconducteurs après obtention de la condition de pleine conduction peut être fourni. Celui-ci peut faire partie intégrante du contacteur à semiconducteurs ou être installé séparément.	
NOTE 2 – Lorsque la catégorie d'emploi s'applique seulement en utilisant le court-circuitage comme décrit à la note 1 ci-dessus, ceci doit alors être déclaré par le constructeur. Voir 6.1.	

Each utilization category (see table 2) is characterized by the values of the currents, voltages, power-factors and other data of tables 3, 4, 5 and 6 and by the test conditions specified in this standard.

The first digit of the utilization category identification designates a controller (or a semiconductor motor controller or starter – see IEC 60947-4-2).

The second digit designates a typical application. In the case of AC-55 and AC-56 respectively, the a- or b-suffix serves to define the application more closely.

NOTE – As opposed to the convention used in IEC 60947-4-2 for a.c. semiconductor motor controllers and starters, these suffixes do not refer to the use of a bypass switching device.

5.4.1 Assignment of ratings based on the results of tests

A designated semiconductor contactor with a rating for one utilization category which has been verified by testing can be assigned other ratings without testing provided that

- the rated operational current and voltage that are verified by testing shall not be less than the ratings that are to be assigned without testing;
- the utilization category and duty cycle requirements for the tested rating shall be equal to or more severe than the rating that is to be assigned without testing; the relative levels of severity are given in table 3;
- the overload current profile for the tested rating shall be equal to or more severe than the rating that is to be assigned without testing, in accordance with the relative levels of severity in table 3. Only values of X lower than the tested value of X may be assigned without testing.

Table 2 – Utilization categories

Utilization category	Typical application
AC-51	Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces
AC-55a	Switching of electric discharge lamp controls
AC-55b	Switching of incandescent lamps
AC-56a	Switching of transformers
AC-56b	Switching of capacitor banks
NOTE 1 – A means of bypassing the semiconductor controller after attainment of the FULL-ON condition may be provided. This may be integral with the semiconductor contactor or installed separately.	
NOTE 2 – If the utilization category applies only in conjunction with the use of a bypass as described in note 1 above, then this must be stated by the manufacturer. See 6.1.	

Tableau 3 – Niveaux de sévérité relatifs

Niveau de sévérité	Catégorie d'emploi	Profil de courant de surcharge	Prescriptions temps état passant / état bloqué
Le plus sévère	AC-51 AC-55a AC-55b AC-56a AC-56b pour tous sans court-circuitage	Plus grande valeur de $(Xl_e)^2 \cdot T_x$ (note 1)	Plus grande valeur de $F \cdot S$ (note 2)
	AC-55a seulement avec court-circuitage	Plus grande valeur de $(Xl_e)^2 \cdot T_x$ (note 1)	Plus petite valeur de temps à l'état bloqué (note 3)
NOTE 1 – Lorsque la valeur maximale de $(Xl_e)^2 \cdot T_x$ survient pour plus d'une valeur de Xl_e, la plus grande valeur Xl_e s'applique. NOTE 2 – Lorsque la valeur maximale de $F \cdot S$ survient pour plus d'une valeur de S, la plus grande valeur de S s'applique. NOTE 3 – Lorsque la valeur maximale de $(Xl_e)^2 \cdot T_x$ survient pour plus d'une valeur de la durée à l'état bloqué, la valeur minimale de la durée à l'état bloqué s'applique.			

5.5 Circuits de commande

Le paragraphe 4.5.1 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Se référer à l'annexe G pour les exemples et les illustrations. Les caractéristiques des circuits électroniques de commandes sont:

- type de courant;
- puissance consommée;
- fréquence assignée (ou courant continu);
- tension du circuit de commande U_c (nature: alternatif ou continu);
- tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s (nature: alternatif ou continu);
- nature des dispositifs du circuit de contrôle (contacts, capteurs).

NOTE – Une distinction est faite entre la tension du circuit de commande U_c , qui est le signal de commande d'entrée, et la tension d'alimentation du circuit de commande, U_s , qui est la tension à appliquer pour alimenter les bornes d'alimentation de l'équipement du circuit de commande et qui peut être différente de U_c de par la présence de transformateurs, de redresseurs, de résistances incorporés, etc.

5.6 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 4.6 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Les circuits électroniques auxiliaires remplissent des fonctions utiles (par exemple surveillance, acquisition de données, etc.) qui ne relèvent pas nécessairement des processus directs d'obtention des caractéristiques.

Table 3 – Relative levels of severity

Severity level	Utilization category	Overload current profile	ON-time/OFF-time requirements
Most severe	AC-51 AC-55a AC-55b AC-56a AC-56b all without bypass	Highest value of $(X/I_e)^2 \cdot T_x$ (note 1)	Highest value of $F \cdot S$ (note 2)
	AC-55a only in conjunction with bypass	Highest value of $(X/I_e)^2 \cdot T_x$ (note 1)	Lowest value of OFF-time (note 3)
NOTE 1 – When the highest value of $(X/I_e)^2 \cdot T$ occurs at more than one value of X/I, then the highest value of X/I applies. NOTE 2 – When the highest value of $F \cdot S$ occurs at more than one value of S, then the highest value of S applies. NOTE 3 – When the highest value of $(X/I_e)^2 \cdot T_x$ occurs at more than one value of OFF-time, then the lowest value of OFF-time shall apply.			

5.5 Control circuits

Subclause 4.5.1 of IEC 60947-1 applies with the following additions.

Refer to annex G for examples and illustrations. The characteristics of electronic control circuits are:

- kind of current;
- power consumption;
- rated frequency (or d.c.);
- rated control circuit voltage, U_c (nature: a.c./d.c.);
- rated control supply voltage, U_s (nature: a.c./d.c.);
- nature of control circuit devices (contacts, sensors).

NOTE – A distinction is made between control circuit voltage, U_c , which is the controlling input signal, and control supply voltage, U_s , which is the voltage applied to energize the power supply terminals of the control circuit equipment and may be different from U_c due to built-in transformers, rectifiers, resistors, etc.

5.6 Auxiliary circuits

Subclause 4.6 of IEC 60947-1 applies with the following additions.

Electronic auxiliary circuits perform useful functions (for example monitoring, data acquisition, etc.) that are not necessarily relevant to the direct task of governing the intended performance characteristic.

Dans des conditions normales, les circuits auxiliaires sont caractérisés de la même façon que les circuits de commande et sont tributaires des mêmes exigences. Si les fonctions auxiliaires comprennent des caractéristiques inhabituelles de fonctionnement, il convient de demander au constructeur d'en définir les valeurs critiques.

5.7 Disponible

5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

Les gradateurs et les contacteurs sont définis par le type, les grandeurs assignées et les caractéristiques de DPCC à utiliser afin d'assurer une protection correcte du gradateur contre les courants de court-circuit.

Les prescriptions sont données en 8.2.5 de la présente norme et en 4.8 de la CEI 60947-1.

5.9 Surtensions de manœuvre

A l'étude.

6 Information sur le matériel

6.1 Nature des informations

Les informations suivantes doivent être données par le constructeur.

Identification

- a) le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- b) la désignation du type ou le numéro de série;
- c) le numéro de la présente norme.

Caractéristique, valeurs assignées fondamentales et utilisation

- d) les tensions assignées d'emploi (voir 5.3.1.1);
- e) les courants assignés d'emploi correspondant à la catégorie d'emploi (voir 5.4), le profil du courant de surcharge (voir 5.3.5.1), le cycle de service (voir 5.3.4.6), ou la durée à l'état bloqué, comprenant l'index caractéristique.

La représentation prescrite pour AC-51 est donnée en exemple:

$$100A: AC-51: 1,5 \times I_e - 46 s: 50 - 30$$

Cet exemple indique un courant assigné de 100 A pour des applications générales avec des charges non inductives ou faiblement inductives. L'appareil peut supporter un courant de 150 A pendant 46 s, un facteur de marche de 50 %, 30 cycles de manœuvres normales par heure.

Lorsque le courant de fonctionnement assigné s'applique seulement quand le gradateur est utilisé avec un court-circuitage, cela doit alors être indiqué par la forme prescrite suivante de l'index caractéristique, donné par exemple pour AC-55a:

$$100A: AC-55a: 2 \times I_e - 30 s: 180 s$$

Cela indique un courant assigné de 100 A pour la commutation sur commandes de lampe à décharge électrique. L'appareil peut supporter 200 A pendant 30 s, le temps à l'état bloqué ne doit pas être inférieur à 180 s avant de procéder à une nouvelle commutation.

- f) la valeur de la ou des fréquences assignées, par exemple: 50 Hz ou 50 Hz/60 Hz;
- g) indication des services assignés, s'il y a lieu (voir 5.3.4.3);
- h) désignation de la variante (par exemple variante, 4 ou variante H4A, voir tableau 1).

Under normal conditions, auxiliary circuits are characterized in the same way as control circuits and are subject to the same kinds of requirements. If the auxiliary functions include unusual performance features, the manufacturer should be consulted to define the critical characteristics.

5.7 Vacant

5.8 Coordination with short-circuit protective devices (SCPD)

Controllers and contactors are characterized by the type, ratings and characteristics of the SCPD to be used to provide an adequate protection of the controller against short-circuit currents.

Requirements are given in 8.2.5 of this standard and in 4.8 of IEC 60947-1.

5.9 Switching overvoltages

Under consideration.

6 Product information

6.1 Nature of information

The following information shall be given by the manufacturer.

Identification

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

Characteristics, basic rated values and utilization

- d) rated operational voltages (see 5.3.1.1);
- e) rated operational currents, corresponding utilization category (see 5.4), overload current profile (see 5.3.5.1), and duty cycle (see 5.3.4.6) or OFF-time, comprising the rating index.

The prescribed format for AC-51 is shown by this example:

100A: AC-51: $1,5 \times I_e - 46 \text{ s} : 50 - 30$

This indicates 100 A current rating for general applications with non-inductive or slightly inductive loads. The device can accommodate 150 A for 46 s, 50 % on-load factor, 30 standard operating cycles per hour.

If the rated operational current only applies if the controller is used in conjunction with a bypass, then this shall be indicated by the following prescribed form of the rating index, shown by example for AC-55a:

100A: AC-55a: $2 \times I_e - 30 \text{ s} : 180 \text{ s}$

This indicates 100 A current rating for the switching on of electric discharge lamp controls. The device can accommodate 200 A for 30 s, the OFF-time shall not be less than 180 s before any subsequent switch-on may be initiated.

- f) value of the rated frequency/frequencies, for example: 50 Hz or 50 Hz/60 Hz;
- g) indication of the rated duties as applicable (see 5.3.4.3);
- h) form designation (for example form 4 or form H4A, see table 1).

Sécurité et installation

- j) la tension assignée d'isolement (voir 5.3.1.2);
- k) la tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.1.3);
- l) le code IP, dans le cas de matériel sous enveloppe (voir 8.1.11);
- m) le degré de pollution (voir 7.1.3.2);
- n) le courant assigné de court-circuit conditionnel et le type de coordination du gradateur et le type, le courant assigné et les caractéristiques du DPCC associé (voir 5.8);
- p) surtension de manœuvre (voir 5.9).

Circuits de commande

- q) la tension assignée du circuit de commande U_c , la nature du courant et la fréquence assignée et, si nécessaire la tension assignée d'alimentation de commande U_s , la nature du courant et la fréquence assignée et toutes informations nécessaires (par exemple prescription d'impédance d'adaptation) afin d'assurer un fonctionnement satisfaisant des circuits de commande (voir annexe G pour des exemples de configurations de circuit de commande);

Circuits auxiliaires

- r) la nature et les caractéristiques assignées des circuits auxiliaires (voir 5.6);

Dispositifs de protection contre les surintensités

- s) disponible.

Niveaux d'émission et d'immunité CEM

- t) la classe d'appareils et les prescriptions spécifiques à respecter (voir 8.3.2);
- u) les niveaux d'immunité obtenus et les prescriptions spécifiques à respecter (voir 8.3.3).

6.2 Marquage

Le paragraphe 5.2 de la CEI 60947-1 s'applique aux gradateurs et aux contacteurs avec les compléments suivants.

Les indications d) à u) ci-dessus doivent figurer sur la plaque signalétique ou sur le matériel, ou sur les notices du constructeur.

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

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien

Le paragraphe 5.3 de la CEI 60947-1 s'applique avec le complément suivant.

Le constructeur doit fournir des renseignements pour informer l'utilisateur des mesures à prendre sur le matériel:

- dans l'éventualité d'un court-circuit;
- pour répondre aux prescriptions concernant la CEM (voir 8.3.2).

Safety and installation

- j) rated insulation voltage (see 5.3.1.2);
- k) rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3);
- l) IP code, in case of an enclosed equipment (see 8.1.11);
- m) pollution degree (see 7.1.3.2);
- n) rated conditional short-circuit current and type of coordination of the controller and the type, current rating and characteristics of the associated SCPD (see 5.8);
- p) switching overvoltage (see 5.9).

Control circuits

- q) rated control circuit voltage U_c , nature of current and rated frequency, and, if necessary, rated control supply voltage U_s , nature of current and rated frequency and any other information (for example impedance matching requirements) necessary to ensure satisfactory operation of the control circuits (see annex G for examples of control circuit configurations);

Auxiliary circuits

- r) nature and ratings of auxiliary circuits (see 5.6);

Overcurrent protective means

- s) vacant.

EMC emission and immunity levels

- t) the equipment class and the specific requirements necessary to maintain compliance (see 8.3.2);
- u) the immunity levels attained and the specific requirements necessary to maintain compliance (see 8.3.3).

6.2 Marking

Subclause 5.2 of IEC 60947-1 applies to controllers and contactors with the following addition.

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

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

6.3 Instructions for installation, operation and maintenance

Subclause 5.3 of IEC 60947-1 applies with the following addition.

Information shall be provided by the manufacturer to advise the user on the measures to be taken with regard to the equipment:

- in the event of a short circuit;
- in connection with the requirements for EMC (see 8.3.2).

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'article 6 de la CEI 60947-1 s'applique avec les exceptions suivantes.

7.1 Conditions normales de service

Le paragraphe 6.1 de la CEI 60947-1 s'applique avec les exceptions suivantes.

7.1.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant n'excède pas +40 °C et sa moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant est de 0 °C.

La température de l'air ambiant est celle qui existe au voisinage du matériel s'il est fourni sans enveloppe, ou au voisinage de l'enveloppe s'il est fourni avec une enveloppe.

NOTE – Dans le cas des matériels prévus pour fonctionner dans des endroits où la température de l'air ambiant dépasse +40 °C (par exemple dans des ensembles d'appareillage et dans des forges, des chaufferies des pays tropicaux) ou est inférieure à 0 °C (par exemple –25 °C comme le prescrit la CEI 60439-1 pour les ensembles d'appareillage à basse tension installés à l'extérieur), il convient de consulter le constructeur. Les renseignements figurant au catalogue du constructeur peuvent répondre à cette prescription.

7.1.2 Altitude

L'altitude du lieu où le matériel doit être installé n'excède pas 1 000 m.

NOTE – Pour les matériels destinés à être utilisés à des altitudes supérieures, il est nécessaire de tenir compte de la diminution de la rigidité diélectrique et du pouvoir réfrigérant de l'air. Il convient que le matériel électrique prévu pour fonctionner dans ces conditions soit construit ou utilisé conformément à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

7.1.3 Conditions atmosphériques

7.1.3.1 Humidité

Le paragraphe 6.1.3.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

7.1.3.2 Degrés de pollution

Sauf spécification contraire du constructeur, les gradateurs et les démarreurs sont destinés à être utilisés dans les conditions d'environnement du degré de pollution 3, définies en 6.1.3.2 de la CEI 60947-1. Toutefois, d'autres degrés de pollution peuvent s'appliquer, en fonction du micro-environnement.

7.1.4 Chocs et vibrations

Le paragraphe 6.1.4 de la CEI 60947-1 s'applique.

7.2 Conditions pendant le transport et le stockage

Le paragraphe 6.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

7.3 Montage

Le paragraphe 6.3 de la CEI 60947-1 s'applique; pour ce qui concerne la CEM, voir 8.3 et 9.3.5 de la présente norme.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 6 of IEC 60947-1 applies with the following exception.

7.1 Normal service conditions

Subclause 6.1 of IEC 60947-1 applies with the following exception.

7.1.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature does not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h does not exceed +35 °C.

The lower limit of the ambient air temperature is 0 °C.

Ambient air temperature is that existing in the vicinity of the equipment if supplied without enclosure, or in the vicinity of the enclosure if supplied with an enclosure.

NOTE – If the equipment is to be used at ambient air temperatures above +40 °C (e.g. within switchgear and controlgear assemblies and in forges, boiler rooms, tropical countries) or below 0 °C (e.g. –25 °C, as required by IEC 60439-1 for outdoor installed low-voltage switchgear and controlgear assemblies) the manufacturer should be consulted. Information given in the manufacturer's catalogue may satisfy this requirement.

7.1.2 Altitude

The altitude of the site of installation shall not exceed 1 000 m.

NOTE – For equipment to be used at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and the cooling effect of the air. Electrical equipment intended to operate in these conditions should be designed or used in accordance with an agreement between manufacturer and user.

7.1.3 Atmospheric conditions

7.1.3.1 Humidity

Subclause 6.1.3.1 of IEC 60947-1 applies.

7.1.3.2 Degrees of pollution

Unless otherwise stated by the manufacturer, controllers and contactors are intended for use in pollution degree 3 environmental conditions, as defined in 6.1.3.2 of IEC 60947-1. However, other pollution degrees may be considered applicable, depending upon the micro-environment.

7.1.4 Shock and vibrations

Subclause 6.1.4 of IEC 60947-1 applies.

7.2 Conditions during transport and storage

Subclause 6.2 of IEC 60947-1 applies.

7.3 Mounting

Subclause 6.3 of IEC 60947-1 applies for EMC considerations, see 8.3 and 9.3.5 of this standard.

7.4 Perturbations du réseau électrique et influences

Pour ce qui concerne la CEM, voir 8.3 et 9.3.5.

8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement

8.1 Dispositions constructives

NOTE – Les prescriptions supplémentaires concernant les matériaux et les pièces destinées au passage du courant sont à l'étude en 7.1.1 et 7.1.2 de la CEI 60947-1. Leur application à la présente norme fera l'objet d'un examen ultérieur.

8.1.1 Matériaux

Le paragraphe 7.1.1 de la CEI 60947-1 s'applique (voir note de 8.1).

8.1.2 Parties transportant le courant et leurs connexions

Le paragraphe 7.1.2 de la CEI 60947-1 s'applique (voir note de 8.1).

8.1.3 Distances d'isolement et lignes de fuite

Le paragraphe 7.1.3 de la CEI 60947-1 s'applique avec le complément suivant. Lorsqu'un gradateur à semiconducteurs est prévu pour une utilisation qui n'inclut pas la fonction de sectionnement, aucune spécification de ligne de fuite minimale entre les conducteurs d'une même polarité d'un semiconducteur n'est requise pour le circuit principal du gradateur.

8.1.4 Disponible

8.1.5 Disponible

8.1.6 Disponible

8.1.7 Bornes

Le paragraphe 7.1.7 de la CEI 60947-1 s'applique avec la prescription complémentaire suivante.

Le paragraphe 7.1.7.4 de la CEI 60947-1 s'applique avec les prescriptions complémentaires de l'annexe A.

8.1.8 Disponible

8.1.9 Dispositions pour assurer la mise à la terre

Le paragraphe 7.1.9 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.1.10 Enveloppes pour le matériel

Le paragraphe 7.1.10 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.1.11 Degrés de protection des gradateurs et des contacteurs sous enveloppe

Le paragraphe 7.1.11 de la CEI 60947-1 s'applique.

7.4 Electrical system disturbances and influences

For EMC considerations, see 8.3 and 9.3.5.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

NOTE – Further requirements concerning materials and current-carrying parts are under consideration for 7.1.1 and 7.1.2 of IEC 60947-1. Their application to this standard will be subject to further consideration.

8.1.1 Materials

Subclause 7.1.1 of IEC 60947-1 applies (see note of 8.1).

8.1.2 Current-carrying parts and connections

Subclause 7.1.2 of IEC 60947-1 applies (see note of 8.1).

8.1.3 Clearances and creepage distances

Subclause 7.1.3 of IEC 60947-1 applies with the following additional requirement. Whenever a semiconductor controller is intended for purposes that do not include isolation, no specified minimum creepage distance is required between the leads of the semiconductor components that are of the same polarity in the mains circuits of the controller.

8.1.4 Vacant

8.1.5 Vacant

8.1.6 Vacant

8.1.7 Terminals

Subclause 7.1.7 of IEC 60947-1 applies with the following additional requirement.

Subclause 7.1.7.4 of IEC 60947-1 applies with additional requirements as given in annex A.

8.1.8 Vacant

8.1.9 Provisions for earthing

Subclause 7.1.9 of IEC 60947-1 applies.

8.1.10 Enclosures for equipment

Subclause 7.1.10 of IEC 60947-1 applies.

8.1.11 Degrees of protection of enclosed controllers and contactors

Subclause 7.1.11 of IEC 60947-1 applies.

8.2 Dispositions relatives au fonctionnement

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Généralités

Les appareils auxiliaires utilisés dans les gradateurs et les contacteurs doivent être manœuvrés suivant les instructions du constructeur et suivant la norme de matériel correspondante.

8.2.1.1.1 Les gradateurs et les contacteurs doivent être construits de façon à

- a) être à déclenchement libre (voir 3.1.20);
- b) être susceptibles de revenir à l'état ouvert ou bloqué par les moyens prévus lorsqu'ils sont en fonctionnement et à tout instant de l'état bloqué à l'état passant ou pendant l'état à pleine conduction.

La conformité est vérifiée selon 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.2 Les gradateurs et les contacteurs ne doivent pas présenter de mauvais fonctionnement sous l'effet de chocs mécaniques ou sous l'effet de perturbations électromagnétiques causés par le fonctionnement de leurs appareils internes.

La conformité est vérifiée selon 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.3 Les contacts mobiles des appareils mécaniques en série dans les gradateurs et contacteurs hybrides doivent être couplés mécaniquement afin que tous les pôles ferment et ouvrent pratiquement ensemble lorsqu'ils sont commandés manuellement ou automatiquement.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement des gradateurs

Les gradateurs et les contacteurs doivent fonctionner de façon satisfaisante à toute tension comprise entre 85 % et 110 % de leur tension assignée d'emploi U_e et de leur tension assignée de commande U_c , lorsqu'ils sont essayés selon 9.3.3.6.3. Lorsqu'un domaine de tension est annoncé, 85 % doit s'appliquer à la valeur la plus basse et 110 % à la valeur la plus élevée.

8.2.1.3 Disponible

8.2.1.4 Disponible

8.2.1.5 Disponible

8.2.1.5.1 Disponible

8.2.1.5.2 Relais et déclencheurs associés aux gradateurs

Les relais et les déclencheurs à associer à un gradateur pour assurer la protection de la charge doivent fonctionner pendant une durée T_x , à un courant $X \cdot I_e$ où X et T_x sont les valeurs données par l'index caractéristique déclaré. Dans le cas où il existe plus d'un index caractéristique, X et T_x sont les valeurs correspondant à l'index pour lequel le produit $(X/I_e)^2 \times T_x$ est le plus grand.

8.2.2 Echauffement

Les prescriptions des paragraphes 7.2.2, 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.2.3 de la CEI 60947-1 s'appliquent aux gradateurs et aux contacteurs à l'état neuf et propre.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

Auxiliary devices used in controllers and contactors shall be operated in accordance with the manufacturer's instructions and their relevant product standard.

8.2.1.1.1 Controller and contactors shall be so constructed that they

- a) are trip-free (see 3.1.20);
- b) can be caused to return to the OPEN or OFF-state by the operating means at any time during switching from the OFF to the ON-state or while in the FULL-ON state.

Compliance is verified in accordance with 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.2 Controllers and contactors shall not malfunction due to mechanical shock or electromagnetic interference caused by operation of their internal devices.

Compliance is verified in accordance with 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.3 The moving contacts of the series mechanical switching device in hybrid load controllers and contactors shall be so mechanically coupled that all poles make and break substantially together whether operated manually or automatically.

8.2.1.2 Limits of operation of controllers

Controllers and contactors shall function satisfactorily at any voltage between 85 % and 110 % of their rated operational voltage U_e , and rated control supply voltage U_s , when tested in accordance with 9.3.3.6.3. Where a range is declared, 85 % shall apply to the lower value and 110 % to the higher.

8.2.1.3 Vacant

8.2.1.4 Vacant

8.2.1.5 Vacant

8.2.1.5.1 Vacant

8.2.1.5.2 Relays and releases associated with controllers

Relays and releases to be associated with a controller to provide protection for the load shall operate within a time T_x at a current $X \cdot I_e$, where X and T_x are the values given by the declared rating index. In the case of more than one declared rating index, X and T_x are the values corresponding to the rating index giving the highest product $(XI_e)^2 \times T_x$.

8.2.2 Temperature rise

The requirements of 7.2.2, 7.2.2.1, 7.2.2.2 and 7.2.2.3 of IEC 60947-1 apply to controllers and contactors in a clean, new condition.

Les échauffements des différents organes du contacteur à semiconducteurs, mesurés au cours d'un essai effectué dans les conditions spécifiées en 9.3.3.3 ne doivent pas dépasser les valeurs limites précisées en 7.2.2.1 et 7.2.2.2 de la CEI 60947-1.

Des écarts d'échauffement sur les surfaces métalliques des radiateurs des appareils à semiconducteur sont admis: 50 K dans le cas où il n'est pas nécessaire de les toucher en service normal.

8.2.2.1 Disponible

8.2.2.2 Disponible

8.2.2.3 Disponible

8.2.2.4 Circuit principal

Le circuit principal d'un gradateur ou d'un contacteur parcouru par du courant à l'état de pleine conduction, doit pouvoir supporter, sans dépasser les limites d'échauffement spécifiées en 7.2.2.1 de la CEI 60947-1 lorsqu'il est essayé conformément à 9.3.3.4,

- dans le cas d'un gradateur ou d'un contacteur prévu pour un service de 8 h: son courant thermique conventionnel (voir 5.3.2.1 et/ou 5.3.2.2);
- dans le cas d'un gradateur ou d'un contacteur prévu pour un service ininterrompu, un service intermittent ou un service temporaire: le courant assigné d'emploi correspondant (voir 5.3.2.3).

8.2.2.5 Circuits de commande

Le paragraphe 7.2.2.5 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.2.6 Disponible

8.2.2.7 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 7.2.2.7 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.2.8 Autres parties

Le paragraphe 7.2.2.8 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.3 Propriétés diélectriques

Les prescriptions suivantes sont basées sur le principe de la série des CEI 60664 et fournissent les moyens pour assurer la coordination de l'isolement du matériel avec les conditions d'installation.

Le matériel doit être capable de supporter

- la tension assignée de tenue aux ondes de choc (voir 5.3.1.3) selon la catégorie de surtension donnée dans l'annexe H de la CEI 60947-1;
- la tension de tenue aux ondes de choc à travers les contacts des appareils aptes au sectionnement, comme elle est donnée dans le tableau 14 de la CEI 60947-1;
- la tension de tenue à fréquence industrielle.

NOTE 1 – Une tension en courant continu peut être utilisée pourvu que sa valeur ne soit pas inférieure à la valeur de la tension de crête d'essai alternative.

NOTE 2 – La corrélation entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux ondes de choc du matériel est donnée dans l'annexe H de la CEI 60947-1.

The temperature rises of the several parts of the semiconductor contactor measured during a test carried out under the conditions specified in 9.3.3.3 shall not exceed the limiting values stated in 7.2.2.1 and 7.2.2.2 of IEC 60947-1.

Temperature rise deviations on the metallic radiator surface of semi-conductor devices is permitted: 50 K in the case where they need not be touched during normal operation.

8.2.2.1 Vacant

8.2.2.2 Vacant

8.2.2.3 Vacant

8.2.2.4 Main circuit

The main circuit of a controller or contactor which carries current in the FULL-ON state, shall be capable of carrying, without the temperature rises exceeding the limits specified in 7.2.2.1 of IEC 60947-1 when tested in accordance with 9.3.3.3.4,

- for a controller or contactor intended for 8 h duty: its conventional thermal current (see 5.3.2.1 and/or 5.3.2.2);
- for a controller or contactor intended for uninterrupted duty, intermittent or temporary duty: the relevant rated operational current (see 5.3.2.3).

8.2.2.5 Control circuits

Subclause 7.2.2.5 of IEC 60947-1 applies.

8.2.2.6 Vacant

8.2.2.7 Auxiliary circuits

Subclause 7.2.2.7 of IEC 60947-1 applies.

8.2.2.8 Other parts

Subclause 7.2.2.8 of IEC 60947-1 applies.

8.2.3 Dielectric properties

The following requirements are based on the principles of the IEC 60664 series and provide the means of achieving coordination of insulation of equipment with the conditions within the installation.

The equipment shall be capable of withstanding

- the rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3) in accordance with the overvoltage category given in annex H of IEC 60947-1;
- the impulse withstand voltage across the contact gaps of devices suitable for isolation as given in table 14 of IEC 60947-1;
- the power-frequency withstand voltage.

NOTE 1 – A direct voltage may be used instead, provided its value is not less than the projected alternating test voltage crest value.

NOTE 2 – The correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment is given in annex H of IEC 60947-1.

La tension assignée de tenue aux ondes de choc pour une tension de fonctionnement assignée donnée (voir notes 1 et 2 de 4.3.1.1 de la CEI 60947-1) ne doit pas être inférieure à celle correspondant, dans l'annexe H de la CEI 60947-1, à la tension nominale du réseau d'alimentation du circuit à l'endroit où le matériel est utilisé, et à la catégorie de surtension appropriée.

Les prescriptions de ce paragraphe doivent être vérifiées par les essais de 9.3.3.4.

8.2.3.1 Tension de tenue aux ondes de choc

1) Circuit principal

Le paragraphe 7.2.3.1 1) de la CEI 60947-1 s'applique.

2) Circuits auxiliaires et circuits de commande

Le paragraphe 7.2.3.1 2) de la CEI 60947-1 s'applique avec 2) a) modifié comme suit:

- a) Pour les circuits auxiliaires et les circuits de commande qui sont directement alimentés à partir du circuit principal à la tension assignée d'emploi, les distances d'isolement entre les parties actives et les parties destinées à être reliées à la terre, ainsi que les distances entre les pôles doivent supporter la tension d'essai donnée au tableau 12 de la CEI 60947-1 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

NOTE – Il convient que l'isolation solide du matériel associée aux distances d'isolement soit soumise à la tension de tenue aux chocs.

8.2.3.2 Tension de tenue à la fréquence industrielle des circuits principaux, auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2.3.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.3.3 Distances d'isolement

Le paragraphe 7.2.3.3 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.3.4 Lignes de fuite

Le paragraphe 7.2.3.4 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.3.5 Isolation solide

Le paragraphe 7.2.3.5 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.3.6 Espacements entre circuits distincts

Le paragraphe 7.2.3.6 de la CEI 60947-1 s'applique.

8.2.4 Prescriptions de fonctionnement dans des conditions normales de charge et de surcharge

Les prescriptions relatives aux caractéristiques normales de charge et de surcharge conformes à 5.3.5 sont données en 8.2.4.1 et 8.2.4.2.

The rated impulse withstand voltage for a given rated operational voltage (see notes 1 and 2 of 4.3.1.1 of IEC 60947-1) shall be not less than that corresponding in annex H of IEC 60947-1 to the nominal voltage of the supply system of the circuit at the point where the equipment is to be used, and the appropriate overvoltage category.

The requirements of this subclause shall be verified by the tests of 9.3.3.4.

8.2.3.1 Impulse withstand voltage

1) Main circuit

Subclause 7.2.3.1 1) of IEC 60947-1 applies.

2) Auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.3.1 2) of IEC 60947-1 applies with 2) a) modified as follows:

- a) For auxiliary and control circuits which operate directly from the main circuit at the rated operational voltage, clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall withstand the test voltage given in table 12 of IEC 60947-1 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

NOTE – Solid insulation of equipment associated with clearances should be subjected to the impulse voltage.

8.2.3.2 Power-frequency withstand voltage of the main, auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.3.2 of IEC 60947-1 applies.

8.2.3.3 Clearances

Subclause 7.2.3.3 of IEC 60947-1 applies.

8.2.3.4 Creepage distances

Subclause 7.2.3.4 of IEC 60947-1 applies.

8.2.3.5 Solid insulation

Subclause 7.2.3.5 of IEC 60947-1 applies.

8.2.3.6 Spacing between separate circuits

Subclause 7.2.3.6 of IEC 60947-1 applies.

8.2.4 Normal load and overload performance requirements

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

8.2.4.1 Prescriptions d'aptitude au fonctionnement

Les gradateurs et les contacteurs doivent être amenés à établir l'état passant à commuter, à supporter les niveaux définis de courants de charge et, si applicable, de surcharge, et à établir et maintenir l'état bloqué sans défaillance ou sans défaut quelconque lorsqu'ils sont essayés conformément à 9.3.3.6.

Pour les gradateurs et les contacteurs prévus pour les catégories d'emploi AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b et prévus pour usage **sans** court-circuitage, les valeurs de T_x correspondant aux valeurs X ne doivent pas être inférieures à celles données au tableau 4.

Les gradateurs et les contacteurs prévus pour la catégorie d'emploi AC-55a et prévus pour usage **avec** court-circuitage doivent être capables de s'adapter aux applications où des temps longs de fermeture à des courants supérieurs au courant assigné permanent sont requis (par exemple allumage de lampes avec des temps de préchauffage). Il doit être compris que la capacité thermique maximale du gradateur peut être totalement épuisée pendant la période en charge. En conséquence, un intervalle de temps convenable sans charge (par exemple un moyen de court-circuitage) doit être accordé au gradateur immédiatement après la période en charge. Les valeurs de T_x et la correspondance pour les valeurs X ainsi que l'intervalle minimal de temps sans charge doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur et doit être déclaré dans l'index caractéristique utilisant le format prescrit (voir 6.1).

Les caractéristiques doivent être vérifiées selon les conditions données aux tableaux 5 et 6 de cette norme et dans les parties correspondants de 8.3.3.5.2, 8.3.3.5.3 et 8.3.3.5.4 de la CEI 60947-1.

Lorsque $X \cdot I_e$ est supérieur à 1 000 A, la vérification de l'aptitude aux surcharges doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur (par exemple par modèle sur ordinateur).

Aux tableaux 5 et 6, le cycle de service pour les catégories d'emploi AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b, tous sans court-circuitage ($F - S = 50 - 1$), et le temps à l'état bloqué pour les catégories d'emploi AC-55a avec court-circuitage (temps à l'état bloqué = 1 440 s) sont les prescriptions les moins sévères pour un cycle de service de 8 h. Le constructeur peut déclarer satisfaire à un cycle de service plus sévère et dans ce cas, il doit effectuer un essai pour le cycle de service le plus sévère en accord avec le tableau 3.

Pour les catégories d'utilisation AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b sans court-circuitage, des valeurs d'essai plus sévères pour le temps à l'état passant et le temps à l'état bloqué peuvent être calculées par

$$\text{temps à l'état passant (s)} = 36 F/S$$

$$\text{temps à l'état bloqué (s)} = 36 (100 - F)/S$$

Pour les catégories d'emploi AC-55a avec court-circuitage, le constructeur peut déclarer être apte à effectuer les cycles de manœuvres de démarrage avec des temps à l'état bloqué qui sont inférieurs aux 1 440 s permises comme normales. Cependant, cela doit être vérifié en faisant un essai avec le temps à l'état bloqué déclaré par le constructeur.

Pour les gradateurs et les contacteurs prévus pour cycle de service intermittent, temporaire ou périodique, le constructeur doit choisir parmi les rangs pour F et S donnés en 5.3.4.6.

8.2.4.1 Operating capability requirements

Controllers and contactors shall be required to establish an ON-state, to commute, to carry designated levels of load and, if applicable, overload currents, and to establish and sustain an OFF-state condition without failure or any type of damage, when tested in accordance with 9.3.3.6.

For controllers and contactors designated for the utilization categories AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b and intended for use **without** a bypass, values of T_x corresponding to X values shall be not less than those given in table 4.

Controllers and contactors designated for the utilization category AC-55a and intended for use **with** a bypass shall be capable of accommodating those applications where long switch-on times at currents greater than the rated continuous current are required (for example switching of lamps with preheating times). It shall be understood that the maximum thermal capacity of the controller may be fully depleted during the on-load period. Therefore, a suitable off-load period (for example bypass means) shall be provided for the controller immediately after the on-load period has expired. The values of T_x and the corresponding X values as well as the minimum off-load period shall be subject to agreement between manufacturer and user and shall be declared in the rating index using the prescribed format (see 6.1).

Ratings shall be verified under the conditions stated in tables 5 and 6 of this standard and in the relevant parts of 8.3.3.5.2, 8.3.3.5.3, and 8.3.3.5.4 of IEC 60947-1.

Where $X \cdot I_e$ is greater than 1 000 A, verification of the overload capability shall be subject to agreement between manufacturer and user (for example by computer modelling).

In tables 5 and 6, the duty cycle for utilization categories AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b all without bypass ($F - S = 50 - 1$), and the OFF-time for utilization categories AC-55a with bypass (OFF-time = 1 440 s), are the least severe requirements for an 8 h duty. The manufacturer may claim compliance with a more severe duty in which case he shall conduct a test for the most severe duty in accordance with table 3.

For utilization categories AC-51, -55a, -55b, -56a, -56b without bypass, more severe test values for ON-time and OFF-time may be calculated by

$$\text{ON-time (s)} = 36 F/S$$

$$\text{OFF-time (s)} = 36(100 - F)/S$$

For utilization categories AC-55a with bypass, the manufacturer may claim compliance with the capability to perform starting duty operations with OFF-times that are less than the 1 440 s that are allowed as standard. However, this shall be verified by testing with the OFF-time declared by the manufacturer.

For controllers and contactors intended for intermittent, temporary or periodic duty, the manufacturer shall select from the arrays for F and S given in 5.3.4.6.

Tableau 4 – Durée minimale (T_x) de tenue au courant de surcharge en fonction du rapport (X) du courant de surcharge

	$T_x = 20 \text{ ms}$	$T_x = 200 \text{ ms}$	$T_x = 1 \text{ s}$	$T_x = 10 \text{ s}$	$T_x = 60 \text{ s}$	$T_x = 300 \text{ s}$	Continu
AC-51	$X = 1,4$	$X = 1,4$	$X = 1,4$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-55a	$X = 10$	$X = 6$	$X = 4$	$X = 3$	$X = 2$	$X = 1,8$	$X = 1$
AC-55b	$X = 10$	$X = 6$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-56a	$X = 30$	$X = 6$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-56b	$X = 30$	$X = 1,4$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$

Tableau 5 – Prescriptions minimales pour les conditions d'essai de stabilité thermique

Catégorie d'emploi	Variante de gradateur	Courant d'essai (I_T) Durée à l'état passant du cycle de manoeuvres s		Cycle de fonction
		Niveau d'essai		Durée à l'état bloqué s
Sans court-circuitage		I_T	Durée à l'état passant s	
AC-51	4, H4	$X I_e$	T_x	T_x
AC-55a	5, H5			
AC-55b				
AC-56a				
AC-56b				
Avec court-circuitage		I_T	Durée à l'état passant s	
AC-55a	4, H4 5, H5	$3 \cdot I_e$	240	$\leq 1\,440$

Paramètres du circuit d'essai:

I_e = courant assigné d'emploi

I_T = courant d'essai

U_T = tension d'essai (peut prendre n'importe quelle valeur)

$\cos \varphi$ = facteur de puissance du circuit d'essai (peut prendre n'importe quelle valeur)

nombre de cycles de manoeuvres ¹⁾

¹⁾ Le nombre de cycles de manoeuvres dépend de la durée nécessaire pour que le gradateur atteigne son équilibre thermique.

**Table 4 – Minimum overload current withstand time (T_x)
in relation to overload current ratio (X)**

	$T_x = 20 \text{ ms}$	$T_x = 200 \text{ ms}$	$T_x = 1 \text{ s}$	$T_x = 10 \text{ s}$	$T_x = 60 \text{ s}$	$T_x = 300 \text{ s}$	Continuous
AC-51	$X = 1,4$	$X = 1,4$	$X = 1,4$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-55a	$X = 10$	$X = 6$	$X = 4$	$X = 3$	$X = 2$	$X = 1,8$	$X = 1$
AC-55b	$X = 10$	$X = 6$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-56a	$X = 30$	$X = 6$	$X = 1,2$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$
AC-56b	$X = 30$	$X = 1,4$	$X = 1,1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$	$X = 1$

Table 5 – Minimum requirements for thermal stability test conditions

Utilization category	Form of controller	Test current, I_T , Operating cycle ON-time s		Operating cycle
		Test level		OFF-time s
Without bypass		I_T	ON-time s	
AC-51	4, H4 5, H5	XI_e	T_x	T_x
AC-55a				
AC-55b				
AC-56a				
AC-56b				
With bypass		I_T	ON-time s	
AC-55a	4, H4 5, H5	$3 \cdot I_e$	240	≤1 440

Parameters of the test circuit:

I_e = rated operational current

I_T = test current

U_T = test voltage (may be any value)

$\cos \varphi$ = test circuit power factor (may be any value)

number of operating cycles ¹⁾

¹⁾ The number of operating cycles will depend upon the length of time required for the controller to reach thermal equilibrium.

Tableau 6 – Prescriptions minimales pour les conditions d'essai de tenue aux surcharges

Catégorie d'emploi	Paramètres du circuit d'essai			Cycle de fonction ⁴⁾ Durée à l'état passant	Cycle de fonction ⁴⁾ Durée à l'état bloqué	Nombre de cycles de manoeuvres
	I_c/I_e	U_r/U_e ¹⁾	$\cos \varphi$ ²⁾	s	s	
AC-51	X	1,1	0,8	T_x ³⁾	≥ 10	5
AC-55a	3,0	1,1	0,45	0,05	≥ 10	5
AC-55b	1,5	1,1	⁵⁾	0,05	60	50
AC-56a	30	1,1	≤ 1	0,05	≥ 10	5
AC-56b	⁷⁾	1,1	⁶⁾	0,05	≥ 10	1 000

I_c = courant d'essai
 I_e = courant assigné d'emploi
 U_e = tension assignée d'emploi
 U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle

Conditions de température

La température initiale du boîtier C, pour chaque essai, ne doit pas être inférieure à 40 °C plus l'échauffement maximal du boîtier pendant l'essai d'échauffement (9.3.3.3) ou en variante, la température du boîtier correspondant aux prescriptions minimales respectives pour la condition d'essai de stabilité thermique (tableau 5). Pendant l'essai, la température ambiante de l'air doit être comprise entre +10 °C et +40 °C.

1) U/U peut prendre n'importe quelle valeur pendant la séquence d'essai sauf pour les trois dernières périodes pleines de la fréquence industrielle à l'état passant, plus la première seconde à l'état bloqué.
 2) $\cos \varphi$ peut avoir n'importe quelle valeur pendant les durées sous tension réduite.
 3) Voir tableau 4.
 4) Le temps de commutation ne doit pas être supérieur à trois périodes pleines de la fréquence industrielle.
 5) Essais à effectuer avec une charge de lampe à incandescence.
 6) Essais à effectuer avec une charge capacitive.
 7) Les caractéristiques capacitives peuvent être dérivées des essais de commutation de capacité ou assignées sur la base de pratique et d'expérience établies. Comme guide, la référence peut être la formule

$$I_{pmax} \leq I_{TSM} \sqrt{2}$$

où I_{pmax} est le courant de crête d'appel d'un condensateur et I_{TSM} est l'onde non répétitive sur le courant.

Table 6 – Minimum requirements for overload capability test conditions

Utilization category	Parameters of the test circuit			Operating cycle ⁴⁾ ON-time s	Operating cycle ⁴⁾ OFF-time s	Number of operating cycles
	I_c/I_e	U_r/U_e ¹⁾	$\cos \varphi$ ²⁾			
AC-51	X	1,1	0,8	T_x ³⁾	≥ 10	5
AC-55a	3,0	1,1	0,45	0,05	≥ 10	5
AC-55b	1,5	1,1	5)	0,05	60	50
AC-56a	30	1,1	≤ 1	0,05	≥ 10	5
AC-56b	7)	1,1	6)	0,05	≥ 10	1 000
I_c = test current I_e = rated operational current U_e = rated operational voltage U_r = power-frequency recovery voltage						
Temperature conditions The initial case temperature C , for each test shall be not less than 40 °C plus the maximum case temperature rise during the temperature rise test (9.3.3.3), or alternatively the case temperature corresponding to the respective minimum requirement for the thermal stability test condition (table 5). During the test, the ambient air temperature shall be between +10 °C and +40 °C.						
1) U/U may be any value during the test sequence except for the last three full periods of power frequency of the ON-time plus the first second of the OFF-time. 2) $\cos \varphi$ may be any value during the reduced voltage periods. 3) See table 4. 4) Changeover time shall not be greater than three full periods of the power frequency. 5) Tests to be carried out with an incandescent light load. 6) Tests to be carried out with a capacitive load. 7) Capacitive ratings may be derived by capacitor switching tests or assigned on the basis of established practice and experience. As a guide, reference may be made to the formula: $I_{pmax} \leq I_{TSM} \sqrt{2}$ where I_{pmax} is the peak inrush current of capacitor and I_{TSM} is the non-repetitive surge on-state current.						

Tableau 7 – Prescriptions minimales et conditions pour les essais de fonctionnement, y compris l'aptitude au blocage et à la commutation

Catégorie d'emploi	Paramètres de la charge d'essai du circuit d'essai			Cycles d'essai	
	U/U_e	Puissance	$\cos \varphi$	Durée à l'état passant s	Durée à l'état bloqué s
AC-51	1,0	1)	1)	1)	1)
AC-55a	1,0	2)	2)	2)	2)
AC-55b	1,0	3)	3)	3)	3)
AC-56a	1,0	4)	4)	4)	4)
AC-56b	1,0	5)	5)	5)	5)

Les essais suivants doivent être effectués:

- essai 1: 100 cycles de manoeuvres avec 85 % U_e et 85 % U_s ;
- essai 2: 1 000 cycles de manoeuvres avec 110 % U_e et 110 % U_s .

Pendant les essais,

- la charge et l'air ambiant peuvent être à n'importe quelle température entre 10 °C et 40 °C;
- le dispositif de mesure de la tension efficace vraie doit être connecté entre la borne côté source et la borne côté charge sur chaque pôle de l'EUT;
- les réglages sont limités seulement aux moyens de réglages externes fournis par le constructeur sur le produit normal présenté. Les gradateurs équipés avec des rampes croissantes doivent être réglés au temps maximal de montée ou 10 s, la valeur qui est la plus petite.

Résultats à obtenir:

- $|\Delta U| < 0,10$ pour chaque pôle où $\Delta U = (U_F - U_0)/U_0$.
- Aucune trace visuelle de dommage (c'est-à-dire fumée, décoloration)
- Pas de perte de fonctionnalité comme spécifiée par le constructeur

1) La charge d'essai doit être une charge légèrement inductive. Le facteur de puissance assigné doit être entre 0,8 et 1,0. La durée à l'état passant et à l'état bloqué doit être appropriée à la charge (catégorie d'emploi).

2) La charge d'essai doit être une lampe à décharge électrique. La durée à l'état passant et à l'état bloqué doit être appropriée à la charge (catégorie d'emploi).

3) La charge d'essai doit être une lampe à incandescence. La durée à l'état passant et à l'état bloqué doit être appropriée à la charge (catégorie d'emploi).

4) La charge d'essai doit être un transformateur. La durée à l'état passant et à l'état bloqué doit être appropriée à la charge (catégorie d'emploi).

5) Les charges d'essai doivent être un condensateur ou une batterie de condensateurs. La durée à l'état passant et à l'état bloqué doit être appropriée à la charge (catégorie d'emploi).

**Table 7 – Minimum requirements and conditions for performance testing,
including blocking and commutating capability**

Utilization category	Test load parameters of the test circuit			Test cycles	
	U/U_e	Power	$\cos \phi$	ON-time s	OFF-time s
AC-51	1,0	1)	1)	1)	1)
AC-55a	1,0	2)	2)	2)	2)
AC-55b	1,0	3)	3)	3)	3)
AC-56a	1,0	4)	4)	4)	4)
AC-56b	1,0	5)	5)	5)	5)
The following tests are to be carried out: – test 1: 100 operating cycles with 85 % U_e and 85 % U_s; – test 2: 1 000 operating cycles with 110 % U_e and 110 % U_s. During the tests: – the load and the ambient air may be at any temperature between 10 °C and 40 °C; – true r.m.s. voltage measuring means shall be connected between the line side terminal and the load side terminal on each pole of the EUT; – settings are limited to only those external adjusting means provided by the manufacturer in the normal product offerings. Controllers fitted with ramp-up functions shall be set at the maximum ramping time or 10 s, whichever is less. Results to be obtained: a) $\Delta U < 0,10$ for each pole where $\Delta U = (U_F - U_0)/U_0$. b) No visual evidence of damage (i.e. smoke, discoloration). c) No loss of functionality as specified by the manufacturer. 1) The test load shall be any convenient slightly inductive load. The rated power factor shall be between 0,8 and 1,0. ON-time and OFF-time shall be appropriate to the load (utilization category). 2) The test load shall be any convenient electric discharge lamp. ON-time and OFF-time shall be appropriate to the load (utilization category). 3) The test load shall be any convenient incandescent lamp. ON-time and OFF-time shall be appropriate to the load (utilization category). 4) The test load shall be any convenient transformer. ON-time and OFF-time shall be appropriate to the load (utilization category). 5) The test load shall be any convenient capacitor or capacitor bank. ON-time and OFF-time shall be appropriate to the load (utilization category).					

8.2.4.2 Pouvoirs de fermeture et de coupure des gradateurs et des contacteurs hybrides

L'appareil mécanique de connexion en série dans les gradateurs et les contacteurs hybrides doit pouvoir établir et couper les courants sans défaillance dans des conditions définies à la fois dans les tableaux 8 et 9 pour les catégories d'emploi prescrites et le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans les conditions définies en 9.3.3.5.

Tableau 8 – Essai de fermeture et de coupure – Conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les dispositifs mécaniques de connexion de gradateur et contacteur hybride H4, H5

Catégorie d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \varphi$	Durée à l'état passant s	Durée à l'état bloqué s	Nombre de cycles de manoeuvres
AC-51	1,5	1,05	0,80	0,05	1)	50
AC-55a	3,0		0,45			
AC-55b	1,5 2)		2)			
AC-56a	30		3)			
AC-56b	4)		4)			
I_c = courant établi et coupé, exprimé en valeur efficace symétrique, en courant alternatif I_e = courant assigné d'emploi U_e = tension assignée d'emploi U = tension de rétablissement à fréquence industrielle.			Courant I_c A		Durée à l'état bloqué s	
1) La durée à l'état bloqué ne doit pas être supérieure aux valeurs données ci-contre. 2) Essais à effectuer avec une lampe à incandescence. 3) I_c crête = $30 \cdot I_e \sqrt{2}$ Cos φ préférentiel: $\leq 0,45$ 4) Les caractéristiques capacitives peuvent être dérivées des essais de commutation de condensateur ou assignées sur la base de la pratique établie et de l'expérience.			$I_c \leq 100$		10	
			$100 < I_c \leq 200$		20	
			$200 < I_c \leq 300$		30	
			$300 < I_c \leq 400$		40	
			$400 < I_c \leq 600$		60	
			$600 < I_c \leq 800$		80	
			$800 < I_c \leq 1\,000$		100	
			$1\,000 < I_c \leq 1\,300$		140	
			$1\,300 < I_c \leq 1\,600$		180	
			$1\,600 < I_c$		240	

8.2.4.2 Making and breaking capacities for hybrid controllers and contactors

The series mechanical switching device in hybrid controllers and contactors shall be capable of making and breaking currents without failure under the conditions stated in both tables 8 and 9 for the required utilization categories and the number of operations indicated as specified in 9.3.3.5.

Table 8 – Making and breaking capacity test – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid semiconductor controller and contactor H4, H5

Utilization category	Make and break conditions					
	I_c/I_e	U_r/U_e	Cos φ	ON-time s	OFF-time s	Number of operating cycles
AC-51	1,5	1,05	0,80	0,05	1)	50
AC-55a	3,0		0,45			
AC-55b	1,5 ²⁾		2)			
AC-56a	30		3)			
AC-56b	4)		4)			
I_c = current made and broken, expressed in a.c. r.m.s. symmetrical values I_e = rated operational current U_e = rated operational voltage U_r = power-frequency recovery voltage			Current I_c A		OFF-time s	
1) OFF-time shall not be greater than the values given in the chart. 2) Tests to be carried out with incandescent light load. 3) $I_{c \text{ peak}} = 30 \cdot I_e \sqrt{2}$ Cos φ preferred: ≤0,45 4) Capacitive ratings may be derived by capacitor switching tests or assigned on the basis of established practice and experience.			$I_c \leq 100$		10	
			$100 < I_c \leq 200$		20	
			$200 < I_c \leq 300$		30	
			$300 < I_c \leq 400$		40	
			$400 < I_c \leq 600$		60	
			$600 < I_c \leq 800$		80	
			$800 < I_c \leq 1\,000$		100	
			$1\,000 < I_c \leq 1\,300$		140	
			$1\,300 < I_c \leq 1\,600$		180	
			$1\,600 < I_c$		240	

Tableau 9 – Essai de fonctionnement conventionnel – Conditions d'établissement et de coupure selon les catégories d'emploi pour les dispositifs mécaniques de connexion des gradateurs et contacteurs H4B, H5B

Catégorie d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \varphi$	Durée à l'état passant s	Durée à l'état bloqué s	Nombre de cycles de manoeuvres
AC-51	1,0	1,05	0,80	0,05	1)	6 000 ⁴⁾
AC-55a	2,0		0,45		1)	
AC-55b	1,0 ²⁾		2)		60	
AC-56a	3)		3)			
AC-56b	3)		3)			
I_c = courant établi et coupé, exprimé en valeur efficace symétrique, en courant alternatif I_e = courant assigné d'emploi U_e = tension assignée d'emploi U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle						
1) Les durées à l'état bloqué ne doivent pas être supérieures aux valeurs données dans le tableau 8.						
2) Essais à effectuer avec une lampe à incandescence.						
3) A l'étude.						
4) Pour les appareils de commutation manoeuvrés manuellement, le nombre de cycles de manoeuvres doit être de 1 000 avec charge suivis de 5 000 sans charge.						

8.2.5 Coordination avec dispositif de protection contre les courts-circuits

8.2.5.1 Fonctionnement dans des conditions de court-circuit

Le court-circuit assigné conditionnel des gradateurs et contacteurs protégés par un ou des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) doit être vérifié par des essais de court-circuit comme spécifié en 9.3.4. Ces essais sont obligatoires.

Les caractéristiques assignées du DPCC doivent convenir à toute valeur donnée du courant assigné d'emploi, de la tension assignée d'emploi et de la catégorie d'emploi correspondante.

Deux types de coordination sont admis, le type 1 ou le type 2. Les conditions d'essais sont données pour ces deux types en 9.3.4.3.

La coordination de type 1 exige qu'en conditions de court-circuit, l'appareil ne cause pas de danger aux personnes ou à l'installation et peut ne pas être en état de fonctionnement pour d'autres services sans réparation ou remplacement de pièces.

La coordination de type 2 exige qu'en conditions de court-circuit, l'appareil ne cause pas de danger aux personnes et à l'installation et doit convenir à un usage ultérieur. Pour les gradateurs et contacteurs hybrides, le risque de soudure de contacts est admis, dans ce cas le constructeur doit indiquer les mesures à prendre pour la maintenance du matériel.

NOTE – L'emploi d'un DPCC non conforme aux recommandations du constructeur peut compromettre la coordination.

Table 9 – Conventional operational performance – Making and breaking conditions according to utilization categories for the mechanical switching device of hybrid controllers and contactors H4B, H5B

Utilization category	Make and break conditions					
	I_c/I_e	U_r/U_e	Cos φ	ON-time s	OFF-time s	Number of operating cycles
AC-51	1,0	1,05	0,80	0,05	1)	6 000 ⁴⁾
AC-55a	2,0		0,45		1)	
AC-55b	1,0 ²⁾		2)		60	
AC-56a	3)		3)			
AC-56b	3)		3)			
I_c = current made and broken, expressed in a.c. r.m.s. symmetrical values I_e = rated operational current U_e = rated operational voltage U_r = power-frequency recovery voltage						
1) OFF-times shall not be greater than the values given in table 8. 2) Tests to be carried out with incandescent light load. 3) Under consideration. 4) For manually operated switching devices, the number of operating cycles shall be 1 000 on load, followed by 5 000 off load.						

8.2.5 Coordination with short-circuit protective devices

8.2.5.1 Performance under short-circuit conditions

The rated conditional short-circuit of controllers and contactors backed up by short-circuit device(s) (SCPDs) shall be verified by short-circuit tests as specified in 9.3.4. These tests are mandatory.

The rating of the SCPD shall be adequate for any given rated operational current, rated operational voltage and the corresponding utilization category.

Two types of coordination are permissible, type 1 or type 2. Test conditions for both are given in 9.3.4.3.

Type 1 coordination requires that, under short-circuit conditions, the device shall cause no danger to persons or to the installation and may not be suitable for further service without repair and replacement of parts.

Type 2 coordination requires that, under short-circuit conditions, the device shall cause no danger to persons or to the installation and shall be suitable for further use. For hybrid controllers and contactors, the risk of contact welding is recognized, in which case the manufacturer shall indicate the measures to be taken as regards the maintenance of the equipment.

NOTE – Use of an SCPD not in compliance with the manufacturer's recommendations may invalidate the coordination.

8.2.5.2 Disponible

8.2.6 Surtensions de manœuvre

A l'étude.

8.3 Prescriptions concernant la CEM

8.3.1 Généralités

Il est largement admis que l'obtention de la compatibilité électromagnétique entre différents ensembles d'appareils électriques et électroniques est un objectif souhaitable. En effet, dans bon nombre de pays des prescriptions obligatoires pour la CEM existent. Les niveaux d'essai et les prescriptions pour l'obtention d'un niveau admissible de CEM sont donnés aux articles 8 et 9.

Etant donné le caractère particulier d'un gradateur à semiconducteurs, la raison technique pour les prescriptions des essais des émissions rayonnées est donnée à l'annexe D.

Les prescriptions précisées dans les paragraphes suivants sont incluses afin de permettre l'obtention de compatibilité électromagnétique pour les gradateurs et les contacteurs. Toutes les spécifications d'immunité ou d'émission applicables sont couvertes et aucun essai supplémentaire n'est demandé ou nécessaire. Le résultat en CEM n'est pas garanti dans le cas où le démarreur ou gradateur est sujet à une défaillance de composant électronique. Ces conditions ne sont pas prises en compte et ne font pas partie des prescriptions d'essai.

Tous les phénomènes, que ce soit en émission ou en immunité, sont considérés individuellement; les limites sont données pour des conditions qui ne sont pas considérées comme ayant des effets cumulatifs.

Les gradateurs et les contacteurs sont des dispositifs complexes qui doivent être interconnectés avec d'autres matériels (par exemple charges, câbles, etc.) pour former un système. Etant donné que les autres matériels ou les interconnexions peuvent ne pas être de la responsabilité du constructeur du contacteur à semiconducteurs, les gradateurs et contacteurs doivent être caractérisés en tant que dispositif eux-mêmes par les essais décrits ici, effectués soit dans les locaux du constructeur ou dans un laboratoire d'essai au choix du constructeur. Il est de la responsabilité du réalisateur du système (qui peut être également le constructeur des gradateurs et contacteurs) de s'assurer que les systèmes contenant des gradateurs et des contacteurs, satisfont aux prescriptions de toutes les règles et règlements applicables au niveau des systèmes.

Ces paragraphes ne décrivent ni n'affectent les recommandations de sécurité pour un gradateur ou contacteur à semiconducteurs telles que la protection contre les chocs électriques, la coordination d'isolement et les essais diélectriques correspondants, le fonctionnement dangereux, ou les conséquences dangereuses d'une défaillance.

Les limites d'émission précisées peuvent ne pas fournir une complète protection contre les brouillages avec la réception radio ou télévision lorsque le gradateur ou le contacteur est employé à moins de 10 m de la ou des antennes de réception.

8.3.2 Emission

Selon le CISPR 11, il existe deux classes de matériel.

a) Classe d'appareil A

La classe d'appareil A est la classe courante prévue pour les utilisations dans des environnements industriels.

8.2.5.2 Vacant

8.2.6 Switching overvoltages

Under consideration.

8.3 EMC requirements

8.3.1 General

It is widely accepted that the achievement of electromagnetic compatibility between different items of electrical and electronic apparatus is a desirable objective. Indeed, in many countries mandatory requirements for EMC exist. The test levels and requirements to achieve an acceptable level of EMC are given in clauses 8 and 9.

Because of the special nature of a semiconductor controller, a technical rationale for the requirements of radiated emission testing is given in annex D.

The requirements specified in the following subclauses are included to permit the achievement of electromagnetic compatibility for controllers and contactors. All relevant immunity and emission requirements are covered and additional tests are not required or necessary. EMC performance is not guaranteed in the event that the contactor is subject to electronic component failure. These conditions are not considered and do not form part of the test requirements.

All phenomena, whether emission or immunity, are considered individually: the limits given are for conditions which are not considered to have cumulative effects.

Controllers and contactors are complex devices which must be interconnected with other equipment (for example loads, cables etc.) to form a system. Because the other equipment or the interconnections may not be under the control of the manufacturer of the semiconductor contactor, controllers and contactors shall be characterized as stand-alone devices by the tests described herein, conducted either at the manufacturer's premises or at a test laboratory of the manufacturer's choosing. It shall be the responsibility of the system integrator (who may also be the manufacturer of controllers and contactors) to ensure that systems containing controllers and contactors comply with the requirements of any rules and regulations applicable at the systems level.

These subclauses do not describe or affect the safety requirements for a semiconductor controller or contactor such as protection against electric shocks, insulation coordination and related dielectric tests, unsafe operation, or unsafe consequence of a failure.

The emission limits specified may not provide full protection against interference to radio and television reception when the controller or contactor is used closer than 10 m to the receiving antenna(e).

8.3.2 Emission

According to CISPR 11 there are two equipment classes.

a) Class A equipment

Class A equipment is the usual class, and is intended for use in industrial environments.

Le matériel installé dans un emplacement couvert par cette classification n'est pas directement raccordé à un réseau public de distribution à basse tension, mais est considéré comme étant raccordé à un réseau industriel de distribution avec un transformateur de distribution particulier.

Lorsque les prescriptions de la classe d'appareil A sont insuffisantes pour un environnement industriel particulier, par exemple lorsque des chaînes de mesure sensibles peuvent être perturbées, alors l'utilisateur doit spécifier la classe d'appareil B.

Lorsqu'il existe une probabilité d'utilisation en dehors de l'environnement industriel, une étiquette convenable doit être fixée à tout gradateur ou contacteur à semiconducteurs de classe A pour prévenir que leur utilisation dans un environnement domestique peut provoquer des brouillages radio, par exemple:

ATTENTION

Ce produit a été conçu pour la classe d'appareil A. L'utilisation du produit dans des environnements domestiques peut produire des brouillages radio, dans ce cas l'utilisateur peut être amené à employer des moyens d'atténuation supplémentaire

Lorsqu'il n'est pas possible de fixer l'étiquette au produit, le constructeur peut donner cette information dans le manuel d'utilisation de telle façon qu'elle attire le regard.

b) Classe d'appareil B

La classe d'appareil B doit être spécifiée lorsque le matériel est prévu pour être installé dans des locaux commerciaux ou des locaux pour industrie légère directement raccordés au réseau public de distribution à basse tension.

La classe d'appareil doit être déclarée par le constructeur dans le manuel utilisateur.

8.3.2.1 Emission basse fréquence relative à la fréquence du réseau

8.3.2.1.1 Harmoniques

Les gradateurs de courant assigné inférieur à 16 A et connectés au réseau public de distribution basse tension doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 61000-3-2. Les prescriptions pour les gradateurs hors du domaine d'application de la CEI 61000-3-2 sont à l'étude. Les essais ne sont pas demandés pour les gradateurs qui fonctionnent dans l'état de pleine conduction, par exemple les variantes 5 et certaines variantes 4 de gradateurs, car les émissions harmoniques sont de courte durée lors du démarrage et il n'y a pas d'émission harmonique significative dans l'état de pleine conduction.

8.3.2.1.2 Variation de tension

Ce phénomène ne provient pas de l'action d'un gradateur à semiconducteurs, par conséquent aucun essai n'est demandé.

8.3.2.2 Emission haute fréquence

8.3.2.2.1 Emissions conduites de fréquence radioélectrique (RF)

Les limites indiquées au tableau 14 doivent être vérifiées en accord avec les méthodes de 9.3.5.1.1.

8.3.2.2.2 Emissions rayonnées

Les limites indiquées au tableau 15 doivent être vérifiées en accord avec les méthodes de

Equipment installed in a location covered by this classification is not directly connected to a public low-voltage distribution network but is considered to be connected to an industrial power distribution network with a dedicated distribution transformer.

Where class A standards are insufficient for a particular industrial environment, as for example, when sensitive measurement channels may be affected, then the user shall specify class B equipment.

When there exists a likelihood of use outside the industrial environment, a suitable label shall be attached to any class A semiconductor controller or contactor advising that its use within a domestic environment could give rise to radio interference, for example:

ATTENTION

This product has been designed for class A equipment. Use of the product in domestic environments may cause radio interference, in which case the user may be required to employ additional mitigation methods.

If it is not possible to attach the label to the product, the manufacturer may have the option to present this information in the user information manual, provided the information is displayed in a manner that is conspicuous.

b) Class B equipment

Class B equipment is to be specified when it is to be installed in commercial or light industrial premises connected directly to the public low-voltage distribution network.

The equipment class shall be stated by the manufacturer in the user information manual.

8.3.2.1 Low-frequency emission with reference to main power frequency

8.3.2.1.1 Harmonics

Controllers rated less than 16 A and connected to the public low-voltage distribution network shall comply with the requirements of IEC 61000-3-2. Controllers not within the scope of IEC 61000-3-2 are under consideration. Tests are not required on controllers which run in the FULL-ON state, for example forms 5 and certain form 4 controllers, because the harmonic emissions are of short duration during starting and there are no significant harmonic emissions in the FULL-ON state.

8.3.2.1.2 Voltage fluctuation

This phenomenon does not arise from the action of a semiconductor controller, therefore no tests are required.

8.3.2.2 High-frequency emission

8.3.2.2.1 Conducted radiofrequency (RF) emission

The limits given in table 14 shall be verified in accordance with the procedures of 9.3.5.1.1.

8.3.2.2.2 Radiated emissions

The limits given in table 15 shall be verified in accordance with the procedures of 9.3.5.1.2.

8.3.3 Immunité

8.3.3.1 Généralités

Les perturbations des systèmes électriques peuvent être destructrices ou non destructrices en fonction de l'intensité de ces perturbations. Des perturbations destructrices (tension ou courant) causent des dommages irréversibles à un gradateur. Des perturbations non destructrices peuvent créer des dysfonctionnements temporaires ou des fonctionnements anormaux, mais le gradateur revient au fonctionnement normal après que la perturbation a été réduite ou supprimée; dans quelques cas cela peut nécessiter une intervention manuelle.

Il convient de consulter le constructeur dans les cas où de sévères perturbations extérieures peuvent survenir lorsqu'elles sont supérieures aux niveaux auxquels le gradateur a été essayé, par exemple des installations dans des endroits éloignés avec de longues lignes de puissance, proximité d'appareils ISM définis par le CISPR 11.

NOTE – L'utilisation soignée de méthodes de découplage pendant l'installation aide à minimiser l'influence des perturbations transitoires extérieures. Par exemple, il convient de séparer le câblage du circuit de commande du câblage du circuit de puissance. Lorsque des couplages de câblage par proximité ne peuvent être évités, il est recommandé d'utiliser des paires torsadées ou des câblages blindés pour les connexions du circuit de commande.

Un certain nombre de prescriptions sont détaillées. Les résultats d'essai sont précisés à l'aide des critères de comportement de la CEI 61000-4. Par commodité, les critères de comportement sont rappelés ici et décrits avec plus de détails spécifiques dans le tableau 10.

Ces critères sont:

- 1) Fonctionnement normal dans les limites spécifiées.
- 2) Dégradation ou perte de fonction temporaire qui est autorécupérable.
- 3) Dégradation ou perte de fonction temporaire nécessitant une intervention d'un opérateur ou un réarmement. Les fonctions normales doivent pouvoir être restaurées par simple intervention, par exemple par réarmement manuel ou redémarrage. Aucun composant ne doit être endommagé.

Les critères de comportement acceptables, utilisés pour le comportement général (A) lorsqu'un gradateur complet est essayé, sont indiqués au tableau 10. Lorsqu'il n'est pas possible d'essayer le gradateur complet, les éléments de circuit séparés (B, C) sont utilisés.

8.3.3 Immunity

8.3.3.1 General

Electrical system influences may be destructive or non-destructive depending on the intensity of the influence. Destructive influences (voltage or current) cause irreversible damage to a controller. Non-destructive influences may cause temporary malfunction or abnormal operation, but the controller returns to normal operation after the influence has been minimized or removed; in some cases this may require manual intervention.

The manufacturer should be consulted in those instances where severe external influences may occur, which are greater than the levels for which the controller has been tested, for example installations in remote locations with long power transmission lines, close proximity to ISM equipment as defined in CISPR 11.

NOTE – The careful application of de-coupling practices during installation helps to minimize the external transient influences. For example, control-circuit wiring should be separated from power-circuit wiring. Where closely coupled wiring cannot be avoided, twisted pairs or shielded wiring should be used for control-circuit connections.

A number of requirements are listed. The test results are specified using the performance criteria of IEC 61000-4 series. For convenience, the performance criteria are quoted here and described in more specific detail in table 10.

These criteria are:

- 1) Normal performance within the specification limits.
- 2) Temporary degradation or loss of function or performance which is self-recoverable.
- 3) Temporary degradation or loss of function or performance which requires operator intervention or system reset. Normal functions must be restorable by simple intervention, for example by manual reset or restart. There must not be any damaged components.

In table 10, the acceptable performance criteria, which are used when a complete controller is tested, are described for overall performance (A). When it is not possible to test the complete controller, the individual circuit elements (B, C) are used.

**Tableau 10 – Critères de comportement spécifiques
en présence de perturbations électromagnétiques**

Article	Critères de comportement durant les essais		
	1	2	3
A Comportement général	Pas de changements décelables des caractéristiques de fonctionnement. Fonctionnement attendu.	Changements décelables (visibles ou audibles) des caractéristiques de fonctionnement. Auto-récupérable.	Changements des caractéristiques de fonctionnement. Déclenchement des systèmes de protection. Non autorécupérable.
B Fonctionnement des afficheurs et panneaux de commande	Pas de changement visible de l'information affichée. Seulement une légère fluctuation de l'intensité lumineuse des DEL ou un léger mouvement des caractères.	Changements temporaires visibles ou perte d'information. Illumination de DEL non désirée.	Arrêt. Perte d'affichage permanent ou affichage d'information erronée. Mode de fonctionnement non autorisé. Non autorécupérable.
C Traitement de l'information et fonction de détection	Pas de perturbation de communication ou d'échange de données vers des systèmes externes.	Perturbation temporaire de la communication avec des erreurs possibles de transmission des systèmes internes ou externes.	Traitement erroné de l'information. Perte de données et/ou d'information. Erreurs dans la communication. Non autorécupérable.

8.3.3.2 Décharges électrostatiques

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.1.

8.3.3.3 Champs électromagnétiques à fréquence radio

Les valeurs d'essai et les procédures sont données en 9.3.5.2.2.

8.3.3.4 Transitoires rapides (5/50 ns)

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.3.

8.3.3.5 Ondes de chocs (1,2/50 µs – 8/20 µs)

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.4.

8.3.3.6 Harmoniques et encoches de commutation

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.5.

8.3.3.7 Creux de tension et microcoupures

Les valeurs et méthodes d'essai sont données en 9.3.5.2.6.

8.3.3.8 Champs magnétiques à fréquence industrielle

Les essais ne sont pas requis. L'immunité est démontrée par les essais satisfaisants d'aptitude au fonctionnement (voir 9.3.3.6).

Table 10 – Specific performance criteria when EM disturbances are present

Item	Performance criteria during tests		
	1	2	3
A Overall performance	No noticeable changes of the operating characteristic. Operating as intended.	Noticeable changes (visual or audible) of the operating characteristic. Self-recoverable.	Changes in operating characteristic. Triggering of protective devices. Not self-recoverable.
B Operation of displays and control panels	No changes to visible display information. Only slight light intensity fluctuation of LED's, or slight movement of characters.	Temporary visible changes or loss of information. Undesired LED illumination.	Shut-down. Permanent loss or display of wrong information. Unpermitted operating mode. Not self-recoverable.
C Information processing and sensing functions	Undisturbed communication and data interchange to external devices.	Temporarily disturbed communication with possible error reports of the internal and external devices.	Erroneous processing of information. Loss of data and/or information. Errors in communication. Not self-recoverable.

8.3.3.2 Electrostatic discharges

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.1.

8.3.3.3 Radiofrequency electromagnetic fields

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.2.

8.3.3.4 Fast transients (5/50 ns)

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.3.

8.3.3.5 Surges (1,2/50 µs – 8/20 µs)

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.4.

8.3.3.6 Harmonics and commutation notches

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.5.

8.3.3.7 Voltage dips and short-time interruptions

The test values and procedures are given in 9.3.5.2.6.

8.3.3.8 Power-frequency magnetic field

Tests are not required. Immunity is demonstrated by the successful completion of the operating capability test (see 9.3.3.6).

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le paragraphe 8.1.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité de la conception des gradateurs et des contacteurs, de toutes les variantes, à la présente norme. Ils comprennent les vérifications

- a) de l'échauffement (voir 9.3.3.3);
- b) des propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4);
- c) de l'aptitude au fonctionnement (voir 9.3.3.6);
- d) du fonctionnement et limites de fonctionnement (voir 9.3.3.6.3);
- e) des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure ainsi que le fonctionnement conventionnel en service des appareils mécaniques de connexion en série avec les matériels hybrides (voir 9.3.3.5);
- f) du fonctionnement en conditions de court-circuit (voir 9.3.4);
- g) des propriétés mécaniques des bornes (8.2.4 de la CEI 60947-1 s'applique);
- h) des degrés de protection des gradateurs et des contacteurs sous enveloppe (l'annexe C de la CEI 60947-1 s'applique);
- i) de l'essai de CEM (voir 9.3.5).

9.1.3 Essais individuels

Le paragraphe 8.1.3 de la CEI 60947-1 s'applique lorsque les essais sur prélèvement (voir 9.1.4) ne sont pas faits.

Les essais individuels des gradateurs et des contacteurs comprennent

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (voir 9.3.6.2);
- les essais diélectriques (voir 9.3.6.3).

9.1.4 Essais sur prélèvement

Les essais sur prélèvement des gradateurs et contacteurs comprennent

- le fonctionnement et les limites de fonctionnement (voir 9.3.6.2);
- les essais diélectriques (voir 9.3.6.3).

Le paragraphe 8.1.4 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Un constructeur peut utiliser s'il le désire les essais sur prélèvement à la place des essais individuels. L'échantillonnage doit satisfaire aux prescriptions indiquées dans la CEI 60410 ou être supérieur (voir tableau II-A de la CEI 60410).

L'échantillonnage est basé sur un $NQA \leq 1$:

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

9 Tests

9.1 Kinds of tests

9.1.1 General

Subclause 8.1.1 of IEC 60947-1 applies.

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of controllers and contactors of all forms with this standard. They comprise the verification of

- a) temperature-rise limits (see 9.3.3.3);
- b) dielectric properties (see 9.3.3.4);
- c) operating capability (see 9.3.3.6);
- d) operation and operating limits (see 9.3.3.6.3);
- e) rated making and breaking capacity and conventional operational performance of series mechanical switching devices of hybrid equipment (see 9.3.3.5);
- f) performance under short-circuit conditions (see 9.3.4);
- g) mechanical properties of terminals (8.2.4 of IEC 60947-1 applies);
- h) degrees of protection of enclosed controllers and contactors (annex C of IEC 60947-1 applies);
- i) EMC tests (see 9.3.5).

9.1.3 Routine tests

Subclause 8.1.3 of IEC 60947-1 applies where sampling tests (see 9.1.4) are not made instead.

Routine tests for controllers and contactors comprise

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

9.1.4 Sampling tests

Sampling tests for controllers and contactors comprise

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

Subclause 8.1.4 of IEC 60947-1 applies with the following amplification.

A manufacturer may use sampling tests instead of routine tests at his own discretion. Sampling shall meet or exceed the following requirements as specified in IEC 60410 (see table II-A of IEC 60410).

Sampling is based on $AQL \leq 1$:

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

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

D'autres méthodes statistiques satisfaisant aux prescriptions de la CEI 60410 peuvent être utilisées, par exemple des méthodes statistiques assurant la maîtrise de la fabrication en continu ou la maîtrise de procédés incluant des calculs de capacité.

Les essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement conformément à 8.3.3.4.3 de la CEI 60947-1 sont à l'étude.

9.1.5 Essais spéciaux

A l'étude.

9.2 Conformité aux dispositions relatives à la construction

Le paragraphe 8.2 de la CEI 60947-1 s'applique (toutefois, voir la note de 8.1 de la présente norme).

9.3 Conformité aux prescriptions relatives au fonctionnement

9.3.1 Séquences d'essais

Chaque séquence d'essais est effectuée sur un échantillon à l'état neuf.

NOTE 1 – Avec l'accord du constructeur, plus d'une séquence d'essais ou toutes les séquences d'essais peuvent être effectuées sur un seul échantillon. Cependant, les essais doivent être effectués selon la séquence donnée pour chaque échantillon.

NOTE 2 – Quelques essais sont inclus dans les séquences uniquement afin de réduire le nombre d'échantillons requis, les résultats n'ayant aucune signification pour les essais qui précèdent et les essais qui suivent dans la séquence. En conséquence, pour la commodité des essais et avec l'accord du constructeur, ces essais peuvent être effectués sur des échantillons neufs séparés et omis dans la séquence correspondante. Cela n'est applicable que pour les essais suivants lorsqu'ils sont prescrits:

- 8.3.3.4.1 point 5) de la CEI 60947-1: Vérification des lignes de fuite;
- 8.2.4 de la CEI 60947-1: Propriétés mécaniques des bornes;
- annexe C de la CEI 60947-1: Degrés de protection du matériel sous enveloppe.

Pour faciliter les essais, la conformité avec 8.2.4.2 est omise de la séquence d'essai suivante. Néanmoins, le constructeur est obligé de vérifier la conformité par d'autres moyens convenables.

Les séquences d'essais doivent être les suivantes:

a) Séquence d'essais I

- 1) Vérification de l'échauffement (voir 9.3.3.3)
- 2) Vérification des propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4)

b) Séquence d'essais II: vérification de l'aptitude au fonctionnement (voir 9.3.3.6)

- 1) Essai de stabilité thermique (voir 9.3.3.6.1)
- 2) Essai de capacité de surcharge (voir 9.3.3.6.2)
- 3) Essai d'aptitude à la commutation et capacité de blocage (voir 9.3.3.6.3) comprenant la vérification du fonctionnement et des limites de fonctionnement.

c) Séquence d'essais III

Vérification du fonctionnement en condition de court-circuit (voir 9.3.4).

d) Séquence d'essais IV

- 1) Vérification des propriétés mécaniques des bornes (voir 8.2.4 de la CEI 60947-1)
- 2) Vérification des degrés de protection des matériels sous enveloppe (voir annexe C de

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

Alternative statistical methods that ensure compliance with IEC 60410 requirements can be used, for example statistical methods controlling continuous manufacturing or process control with capability index.

Sampling tests for clearance verification according to 8.3.3.4.3 of IEC 60947-1 are under consideration.

9.1.5 Special tests

Under consideration.

9.2 Compliance with constructional requirements

Subclause 8.2 of IEC 60947-1 applies (however, see note to 8.1 of this standard).

9.3 Compliance with performance requirements

9.3.1 Test sequences

Each test sequence is made on a new sample.

NOTE 1 – With the agreement of the manufacturer more than one test sequence or all sequences may be conducted on one sample. However, the tests are to be conducted in the sequence given for each sample.

NOTE 2 – Some tests are included in the sequences solely to reduce the number of samples required, the results have no significance for the preceding or following tests in the sequence. Therefore, for convenience of testing and by agreement with the manufacturer, these tests may be conducted on separate new samples and omitted from the relevant sequence. This only applies to the following tests when called for:

- 8.3.3.4.1 item 5) of IEC 60947-1: Verification of creepage distance;
- 8.2.4 of IEC 60947-1: Mechanical properties of terminals;
- annex C of IEC 60947-1: Degrees of protection of enclosed equipment.

For convenience of testing, compliance with 8.2.4.2 is omitted from the following test sequence. None the less, the manufacturer is obliged to verify compliance by other convenient means.

The test sequence shall be as follows:

- a) Test sequence I
 - 1) Verification of temperature rise (see 9.3.3.3)
 - 2) Verification of dielectric properties (see 9.3.3.4)
- b) Test sequence II: operating capability verification (see 9.3.3.6)
 - 1) Thermal stability test (see 9.3.3.6.1)
 - 2) Overload capability test (see 9.3.3.6.2)
 - 3) Blocking and commutating capability test (see 9.3.3.6.3) including verification of operation and operating limits
- c) Test sequence III

Performance under short-circuit conditions (see 9.3.4)
- d) Test sequence IV
 - 1) Verification of mechanical properties of terminals (8.2.4 of IEC 60947-1)
 - 2) Verification of degrees of protection of enclosed equipment (see annex C of IEC 60947-1)

e) Séquence d'essais V

Essais de CEM (voir 9.3.5).

9.3.2 Conditions générales d'essai

Le paragraphe 8.3.2 de la CEI 60947-1 s'applique avec le complément suivant.

Sauf prescription contraire de la clause d'essai concernée, le couple de serrage des connexions doit être celui qui est précisé par le constructeur ou, s'il n'est pas précisé, celui qui figure au tableau 4 de la CEI 60947-1.

Lorsque plusieurs radiateurs sont spécifiés, celui qui a la résistance thermique la plus élevée doit être utilisé.

Des moyens de mesure en valeur efficace vraie doivent être utilisés pour la tension et le courant.

9.3.3 Fonctionnement à vide, dans les conditions normales de charge et dans les conditions de surcharge

9.3.3.1 Disponible

9.3.3.2 Disponible

9.3.3.3 Echauffement

9.3.3.3.1 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 8.3.3.3.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.3.3.2 Mesure de la température des organes

Le paragraphe 8.3.3.3.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.3.3.3 Echauffement d'un organe

Le paragraphe 8.3.3.3.3 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.3.3.4 Echauffement du circuit principal

Le paragraphe 8.3.3.3.4 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Les dispositifs de mesure doivent être fixés sur la surface du boîtier du dispositif de commutation à semiconducteurs susceptible d'avoir l'échauffement le plus élevé pendant cet essai. La température finale du boîtier C_f , et la température ambiante finale A_f , doivent être enregistrées pour être utilisées pendant l'essai de 9.3.3.6.2.

Le circuit principal doit être chargé comme indiqué en 8.2.2.4.

Tous les circuits auxiliaires parcourus normalement par du courant doivent être alimentés à la valeur maximale de leur courant assigné d'emploi (voir 5.6) et les circuits de commande doivent être alimentés à leurs tensions assignées.

9.3.3.3.5 Echauffement des circuits de commande

Le paragraphe 8.3.3.3.5 de la CEI 60947-1 s'applique avec le complément suivant.

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai de 9.3.3.3.4.

e) Test sequence V

EMC tests (see 9.3.5).

9.3.2 General test conditions

Subclause 8.3.2 of IEC 60947-1 applies with the following addition.

Unless otherwise specified in the relevant test clause, the clamping torque for connections shall be that specified by the manufacturer or, if not specified, the torque given in table 4 of IEC 60947-1.

Where several heat-sinks are specified, the one which has the highest thermal resistance shall be used.

True r.m.s. voltage and current measuring means shall be used.

9.3.3 Performance under no load, normal load and overload conditions**9.3.3.1 Vacant****9.3.3.2 Vacant****9.3.3.3 Temperature rise****9.3.3.3.1 Ambient air temperature**

Subclause 8.3.3.3.1 of IEC 60947-1 applies.

9.3.3.3.2 Measurement of the temperature of parts

Subclause 8.3.3.3.2 of IEC 60947-1 applies.

9.3.3.3.3 Temperature rise of a part

Subclause 8.3.3.3.3 of IEC 60947-1 applies.

9.3.3.3.4 Temperature rise of the main circuit

Subclause 8.3.3.3.4 of IEC 60947-1 applies with the following additions.

Temperature sensing means shall be attached to the outer surface of the case of the semiconductor switching device that is most likely to produce the highest temperature rise during this test. The final case temperature C_f , and the final ambient temperature A_f , shall be recorded for use in the test of 9.3.3.6.2.

The main circuit shall be loaded as stated in 8.2.2.4.

All auxiliary circuits which normally carry current shall be loaded at their maximum rated operational current (see 5.6) and the control circuits shall be energized at their rated voltages.

9.3.3.3.5 Temperature rise of control circuits

Subclause 8.3.3.3.5 of IEC 60947-1 applies, with the following addition.

The temperature rise shall be measured during the test of 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Disponible

9.3.3.3.7 Echauffement des circuits auxiliaires

Le paragraphe 8.3.3.3.7 de la CEI 60947-1 s'applique avec le complément suivant.

L'échauffement doit être mesuré au cours de l'essai de 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Propriétés diélectriques

9.3.3.4.1 Essais de type

1) Conditions générales pour les essais de tension de tenue

Le paragraphe 8.3.3.4.1 1) de la CEI 60947-1 s'applique à l'exception de la dernière note. Voir aussi 8.2.3.

2) Vérification de la tension de tenue aux chocs

a) Généralités

Le paragraphe 8.3.3.4.1 2) a) de la CEI 60947-1 s'applique.

b) Tension d'essai

Le paragraphe 8.3.3.4.1 2) b) de la CEI 60947-1 s'applique avec la phrase suivante ajoutée.

Pour tout élément dont la tenue diélectrique n'est pas sensible à l'altitude (par exemple opto-coupleur, élément enrobé, etc.), l'application du coefficient correcteur d'altitude n'est pas applicable.

c) Application de la tension d'essai

Le matériel étant monté et préparé comme spécifié au point 1) ci-dessus, la tension d'essai est appliquée comme suit:

- i) entre tous les pôles du circuit principal reliés entre eux (y compris les circuits de commande et auxiliaire reliés au circuit principal) et l'enveloppe ou l'embase de montage avec, le cas échéant, les contacts dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- ii) pour les pôles du circuit principal déclarés isolés galvaniquement des autres pôles: entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux et à l'enveloppe ou l'embase de montage avec, le cas échéant, les contacts dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- iii) entre chaque circuit de commande et circuit auxiliaire qui n'est pas normalement relié au circuit principal et
 - le circuit principal;
 - les autres circuits;
 - les parties conductrices exposées;
 - l'enveloppe ou l'embase de montage, qui, dans les cas appropriés, peuvent être reliés entre eux;
- iv) pour les matériels aptes au sectionnement, à travers les pôles du circuit principal, les bornes amont étant reliées entre elles et les bornes aval étant reliées entre elles. La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes amont et aval du matériel, les contacts étant en position d'ouverture sectionnée, et sa valeur doit être comme cela est spécifié en 1) b) de 7.2.3.1 de la CEI 60947-1.

9.3.3.3.6 Vacant**9.3.3.3.7 Temperature rise of auxiliary circuits**

Subclause 8.3.3.3.7 of IEC 60947-1 applies with the following addition.

The temperature rise shall be measured during the test of 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Dielectric properties**9.3.3.4.1 Type tests****1) General conditions for withstand voltage tests**

Subclause 8.3.3.4.1 1) of IEC 60947-1 applies except the last note. See also 8.2.3.

2) Verification of impulse withstand voltage**a) General**

Subclause 8.3.3.4.1 2) a) of IEC 60947-1 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 2) b) of IEC 60947-1 applies with the following sentence added.

For any part for which the dielectric properties are not sensitive to altitude (e.g. optocoupler, potted parts, etc.) the correction factor for altitude is not applicable.

c) Application of test voltage

With the equipment mounted and prepared as specified in item 1) above, the test voltage is applied as follows:

- i) between all the terminals of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the enclosure or mounting plate, with the contacts, if any, in all normal positions of operation;
- ii) for poles of the main circuit declared galvanically separated from the other poles: between each pole and the other poles connected together and to the enclosure or mounting plate, with the contacts, if any, in all normal positions of operation;
- iii) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and
 - the main circuit;
 - the other circuits;
 - the exposed conductive parts;
 - the enclosure or mounting plate, which, wherever appropriate, may be connected together;
- iv) for equipment suitable for isolation, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together. The test voltage shall be applied between the line and load terminals of the equipment with the contacts in the isolated open position and its value shall be as specified in item 1) b) of 7.2.3.1 of IEC 60947-1.

- d) Critères d'acceptation
Le paragraphe 8.3.3.4.1 2) d) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 3) Vérification de la tenue à fréquence industrielle de l'isolation solide
- a) Généralités
Le paragraphe 8.3.3.4.1 3) a) de la CEI 60947-1 s'applique.
- b) Tension d'essai
Le paragraphe 8.3.3.4.1 3) b) de la CEI 60947-1 s'applique avec la phrase suivante ajoutée à la fin du premier alinéa.
Si une tension d'essai alternative ne peut pas être utilisée en raison de la présence d'éléments de filtres CEM qui ne peuvent pas être facilement déconnectés, une tension d'essai continue ayant la même valeur que la valeur crête de la tension alternative sélectionnée peut être appliquée.
- c) Application de la tension d'essai
Le paragraphe 8.3.3.4.1 3) c) de la CEI 60947-1 s'applique avec les deux dernières phrases modifiées comme suit:
La tension d'essai doit être appliquée pendant 5 s, dans les conditions suivantes:
- suivant les prescriptions des points i), ii) et iii) du 2) c) ci-dessus;
 - dans le cas de gradateurs ou démarreurs hybrides à semi-conducteurs, à travers les pôles du circuit principal, les bornes amont étant reliées ensemble et les bornes aval étant reliées ensemble.
- d) Critères d'acceptation
Le paragraphe 8.3.3.4.1 3) d) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 4) Vérification de la tenue à fréquence industrielle après les essais de manœuvre en charge et les essais de court-circuit
- a) Généralités
Le paragraphe 8.3.3.4.1 4) a) de la CEI 60947-1 s'applique.
- b) Tension d'essai
Le paragraphe 8.3.3.4.1 4) b) de la CEI 60947-1 s'applique.
- c) Application de la tension d'essai
Le paragraphe 8.3.3.4.1 4) c) de la CEI 60947-1 s'applique avec la phrase suivante ajoutée à la fin de l'alinéa.
L'usage d'une feuille métallique, comme mentionné au 8.3.3.4.1 1) de la CEI 60947-1, n'est pas requis.
- d) Critères d'acceptation
Le paragraphe 8.3.3.4.1 4) d) de la CEI 60947-1 s'applique.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 2) d) of IEC 60947-1 applies.

3) Power-frequency withstand verification of solid insulation

a) General

Subclause 8.3.3.4.1 3) a) of IEC 60947-1 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 3) b) of IEC 60947-1 applies with the following sentence added at the end of the first paragraph.

If an alternating test voltage cannot be applied due to the EMC filter components, which cannot easily be disconnected, a direct test voltage may be used having the same value as the crest value of the projected alternating test voltage.

c) Application of test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 3) c) of IEC 60947-1 applies with the two last sentences modified as follows:

The test voltage shall be applied for 5 s, with the following conditions:

- in accordance with items i), ii) and iii) of 2) c) above;
- for hybrid semiconductor controller or starters, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 3) d) of IEC 60947-1 applies.

4) Power-frequency withstand verification after switching and short-circuit tests

a) General

Subclause 8.3.3.4.1 4) a) of IEC 60947-1 applies.

b) Test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 4) b) of IEC 60947-1 applies.

c) Application of test voltage

Subclause 8.3.3.4.1 4) c) of IEC 60947-1 applies with the following sentence added at the end of the paragraph.

The use of a metal foil, as mentioned in 8.3.3.4.1 1) of IEC 60947-1, is not required.

d) Acceptance criteria

Subclause 8.3.3.4.1 4) d) of IEC 60947-1 applies.

- 5) Vérification de la tenue à fréquence industrielle après traitement à l'humidité
Le paragraphe 8.3.3.4.1 5) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 6) Vérification de la tenue en courant continu
Le paragraphe 8.3.3.4.1 6) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 7) Vérification des lignes de fuite
Le paragraphe 8.3.3.4.1 7) de la CEI 60947-1 s'applique (voir aussi 8.1.3).
- 8) Vérification du courant de fuite du matériel apte au sectionnement
Le courant de fuite ne doit pas dépasser les valeurs du 7.2.7 de la CEI 60947-1.

9.3.3.4.2 Disponible

9.3.3.4.3 Essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement

- 1) Généralités
Le paragraphe 8.3.3.4.3 1) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 2) Tension d'essai
La tension d'essai doit être celle correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs.
Les plans et les règles d'échantillonnage sont à l'étude.
- 3) Application de la tension d'essai
Le paragraphe 8.3.3.4.3 3) de la CEI 60947-1 s'applique.
- 4) Critères d'acceptation
Le paragraphe 8.3.3.4.3 4) de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.3.5 Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure et fonctionnement conventionnel en service des appareils mécaniques de connexion en série dans les matériels hybrides

On doit vérifier que l'appareil mécanique de connexion en série dans un matériel hybride satisfait aux prescriptions de 8.2.4.2. Cette vérification peut être réalisée en essayant cet appareil comme un composant séparé ou en court-circuitant chaque pôle de l'appareil à semi-conducteurs. Si l'appareil mécanique de connexion en série a satisfait au préalable à des essais non moins sévères que les conditions données aux tableaux 8 et 9, aucun essai n'est exigé.

9.3.3.6 Aptitude au fonctionnement

La conformité aux prescriptions de l'aptitude au fonctionnement de 8.2.4.1 doit être vérifiée pour les trois essais suivants.

- 5) Power-frequency withstand verification after humidity treatment
Subclause 8.3.3.4.1 5) of IEC 60947-1 applies.
- 6) Verification of d.c. withstand voltage
Subclause 8.3.3.4.1 6) of IEC 60947-1 applies.
- 7) Verification of creepage distances
Subclause 8.3.3.4.1 7) of IEC 60947-1 applies (see also 8.1.3).
- 8) Verification of leakage current of equipment suitable for isolation
The maximum leakage current shall not exceed the values of 7.2.7 of IEC 60947-1.

9.3.3.4.2 Vacant

9.3.3.4.3 Sampling tests for verification of clearances

- 1) General
Subclause 8.3.3.4.3 1) of IEC 60947-1 applies.
- 2) Test voltage
The test voltage shall be that corresponding to the rated impulse withstand voltage.
Sampling plans and procedure are under consideration.
- 3) Application of test voltage
Subclause 8.3.3.4.3 3) of IEC 60947-1 applies.
- 4) Acceptance criteria
Subclause 8.3.3.4.3 4) of IEC 60947-1 applies.

9.3.3.5 Rated making and breaking capacity and conventional operational performance of series mechanical switching devices of hybrid equipment

It shall be verified that the series mechanical switching device in hybrid equipment meets the requirements of 8.2.4.2. This verification can be achieved by testing the series mechanical switching device as a separate component or by shorting out each pole of the semiconductor device. If the series mechanical switching device has passed previous tests no less severe than the requirements and conditions given in tables 8 and 9, no testing is required.

9.3.3.6 Operating capability

Compliance with the operating capability requirements of 8.2.4.1 shall be verified by the following three tests.

- a) Essai de stabilité thermique.
- b) Essai d'aptitude en surcharge.
- c) Essai de tenue au blocage et aptitude à la commutation.

Les essais simulent un service de 8 h.

Les connexions au circuit principal doivent être semblables à celles qui sont prévues lorsque le matériel est en service. La tension de commande doit être fixée à 110 % de la tension assignée d'alimentation de commande U_s .

Tableau 11 – Spécifications d'essai pour la stabilité thermique

Détails de l'essai	Niveau	Instructions
Objectif de l'essai	Vérifier que la variation de température entre des cycles successifs de fonctionnement identiques dans une séquence est inférieure à 5 % dans une période de 8 h.	
Durée de l'essai	Effectuer l'essai jusqu'à $\Delta_n \leq 0,05$ ou après 8 h $\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1})/(C_{n-1})$	
Conditions d'essai	Tableau 5	
Température de l'EUT ¹⁾	C _n , température de boîtier	Moyens de détection de la température fixés sur la surface extérieure d'un dispositif de connexion à semiconducteurs (voir 9.3.3.3.4). Surveiller le composant de puissance à semiconducteurs susceptible d'être le plus chaud.
Température ambiante	A _n , tout niveau convenable	Moyens de détection de la température pour surveiller les changements de la température ambiante (8.3.3.3.1 de la CEI 60947-1 s'applique).
Résultats à obtenir	a) $\Delta_n \leq 0,05$ pendant une période de 8 h b) Pas de détérioration visuelle évidente (c'est-à-dire fumée, décoloration)	
1) Matériel en essai		

Tableau 12 – Conditions de température initiale du boîtier

Numéro du cycle de manœuvre	Température initiale du boîtier, C_i °C
1	Non inférieure à 40 °C.
2	Température la plus élevée permettant à nouveau le réarmement après le premier cycle de manoeuvres du relais de surcharge recommandé par le constructeur et destiné à être utilisé avec le gradateur ou le contacteur.
3 et 4	≤ 40 °C plus l'échauffement maximal du boîtier pendant l'essai d'échauffement (voir 9.3.3.3).

- a) Thermal stability tests.
- b) Overload capability tests.
- c) Blocking and commutation capability test.

The tests simulate 8 h duty.

Connections to the main circuit shall be similar to those intended to be used when the equipment is in service. The control voltage shall be fixed at 110 % of the rated control supply voltage U_s .

Table 11 – Thermal stability test specifications

Test details	Level	Instructions
Test objective	To verify that the temperature variation between successive identical operating cycles in a sequence reduces to less than 5 % within a period of 8 h.	
Test duration	Run test until $\Delta_n \leq 0,05$ or 8 h have elapsed $\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$	
Test conditions	Table 5	
EUT ¹⁾ temperature	C_n , case temperature	Temperature sensing means attached to the outer surface of one semiconductor switching device (see 9.3.3.3.4). Monitor the semiconductor switching device that is likely to be the hottest.
Ambient temperature	A_n , any level convenient	Temperature sensing means to monitor changes in ambient temperature (8.3.3.3.1 of IEC 60947-1 applies).
Results to be obtained	a) $\Delta_n \leq 0,05$ within 8 h b) No visual evidence of damage (i.e. smoke, discoloration)	
1) Equipment under test.		

Table 12 – Initial case temperature requirements

Operating cycle number	Initial case temperature, C_i °C
1	Not less than 40 °C.
2	Highest temperature enabling resetting after the first operating cycle of the overcurrent protective means recommended by the manufacturer to be used together with the controller or the contactor.
3 and 4	≥ 40 °C plus the maximum case temperature rise during the temperature-rise test (see 9.3.3.3).

9.3.3.6.1 Procédure d'essai de stabilité thermique

Les spécifications d'essais et les critères d'acceptation sont donnés dans le tableau 11. Les profils d'essais sont représentés à la figure F.1.

- 1) Attribuer un numéro d'ordre, n , à chaque période de passage de courant dans les séquences d'essais (c'est-à-dire $n = 0, 1, 2, \dots, n-1, N$).
- 2) Enregistrer la température initiale du boîtier C_0 . Enregistrer la température ambiante initiale A_0 .
- 3) Ajuster le courant d'essai, I_T (voir tableau 5). Mettre n à une nouvelle valeur telle que $n = n + 1$.
- 4) Appliquer la tension d'essai U_T , aux bornes d'entrée principales de l'EUT (matériel en essai). U_T peut rester appliquée pour la durée de l'essai ou peut être appliquée et retirée de façon synchronisée avec le fonctionnement de la tension de commande U_C .

Commuter l'EUT sur l'état passant (la tension de commande de l'EUT, U_C , est appliquée).

- 5) Après un temps T_x (voir tableau 5), commuter l'EUT à l'état bloqué.
- 6) Enregistrer la température du boîtier C_n . Enregistrer la température ambiante A_n .
- 7) Décision pour arrêter (ou poursuivre) l'essai:

- a) Calculer le facteur de changement de l'échauffement du boîtier:

$$\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$$

- b) Vérifier la conformité des résultats à obtenir (voir tableau 11)

Si $\Delta_n > 0,05$, et la durée totale de l'essai est inférieure à 8 h et les résultats à obtenir a) et b) du tableau 11) sont respectés, répéter les étapes 3 à 7.

Si $\Delta_n > 0,05$, et la durée totale de l'essai est supérieure à 8 h ou les résultats à obtenir ne sont pas respectés, arrêter l'essai. C'est un défaut.

Si $\Delta_n < 0,05$, et la durée totale de l'essai est inférieure à 8 h et les résultats à obtenir sont respectés, arrêter l'essai. C'est une conformité.

9.3.3.6.2 Procédure d'essai de capacité de surcharge

- 1) Conditions d'essai

- a) Se référer au tableau 6. Le profil d'essai est représenté à la figure F.2.
- b) Les gradateurs et contacteurs utilisant un dispositif supplémentaire pouvant commander la coupure du courant, en plus du relais de surcharge fournissant une protection en conditions de surcharge pendant le fonctionnement normal à l'état pleine conduction, doivent être essayés avec ce dispositif en place. Dans cet essai, il est acceptable que le dispositif fasse commuter l'EUT à l'état bloqué dans un temps plus court que la durée de conduction spécifiée.

- 2) Réglage de l'EUT

- a) L'EUT doit être réglé pour réduire le temps d'établissement du courant d'essai.
- b) L'EUT équipé d'une limitation de courant doit être réglé à la valeur la plus élevée de X spécifiée pour I_e .

- 3) Essai

- a) Etablir les conditions initiales.
- b) Appliquer la tension d'essai aux bornes du circuit principal d'entrée de l'EUT.
(Avec la variante HxA, le contact du dispositif de connexion mécanique en série est fermé. Avec la variante HxB, celui-ci est ouvert.)

La tension d'essai doit être appliquée pendant la durée de l'essai.

9.3.3.6.1 Thermal stability test procedure

Test specifications and acceptance criteria are given in table 11. The test profiles are illustrated in figure F.1.

- 1) Assign a sequence number, n , to each on-load period in the test series (i.e. $n = 0, 1, 2, \dots, n-1, N$).
- 2) Record initial case temperature C_0 . Record initial ambient temperature A_0 .
- 3) Set test current, I_T (see table 5). Change n to a new value where $n = n + 1$.
- 4) Apply test voltage U_T , to the input main circuit terminals of the EUT (equipment under test). U_T may remain applied for the duration of the test or, may be switched ON-OFF in synchronism with the operation of control voltage U_C .

Switch EUT to ON-state (EUT control voltage, U_C , is ON).

- 5) After time interval T_x (table 5), switch EUT to OFF-state.
- 6) Record case temperature C_n . Record ambient temperature A_n .
- 7) Decision to terminate (or continue) test:

- a) Calculate case temperature-rise change factor:

$$\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1}) / (C_{n-1})$$

- b) Check compliance with results to be obtained (see table 11)

If $\Delta_n > 0,05$, and total test time is less than 8 h and results to be obtained (a) and b) of table 11) are not violated, repeat steps 3 through 7.

If $\Delta_n > 0,05$, and total test time is greater than 8 h or results to be obtained are violated, end test. This is a failure.

If $\Delta_n < 0,05$, and total test time is less than 8 h and results to be obtained are not violated, end test. This is successful compliance.

9.3.3.6.2 Overload capability test procedure

- 1) Test conditions

- a) Refer to table 6. The test profile is represented in figure F.2.
- b) Controllers and contactors utilizing a current-controlled cut-out device in addition to an overcurrent protective means that provides protection against overload conditions during running in the FULL-ON state, shall be tested with the cut-out device in place. In this test, it is acceptable for the cut-out device to switch the EUT to the OFF-state in a time shorter than the specified ON-time.

- 2) EUT adjustments

- a) EUT shall be adjusted to minimize the time to establish the test current level.
- b) EUT fitted with a current-limit function shall be set to the highest value of X specified for I_e .

- 3) Test

- a) Establish initial conditions.
- b) Apply test voltage to the input main circuit terminals of the EUT.

(With form HxA, the series mechanical switching device contact is closed. With form HxB, the series mechanical switching device is open.)

The test voltage shall be applied for the duration of the test.

- c) Commuter l'EUT à l'état passant.
- d) A la fin du temps prescrit à l'état passant (voir tableau 6) commuter l'EUT à l'état bloqué.

NOTE – Dans le cas de la variante HxB, l'état bloqué est remplacé par l'état ouvert.

- e) Répéter les étapes c) et d) deux fois. Finir l'essai.
- 4) Vérifier les critères (voir 9.3.3.6.4)
- a) Pas de perte de l'aptitude à la commutation.
 - b) Pas de perte de capacité de blocage.
 - c) Pas de perte de fonction.
 - d) Pas de détérioration visible.

9.3.3.6.3 Capacité de blocage et aptitude à la commutation

Les spécifications d'essai sont données dans le tableau 7. Les profils d'essai sont décrits à la figure F.3.

Pour la variante HxA, les contacts du dispositif de connexion mécanique en série doivent être maintenus en position fermée pendant l'essai.

Pour la variante HxB, les contacts du dispositif de connexion mécanique en série peuvent être manœuvrés pour effectuer les cycles d'essai. Cependant, les mesures de tension entre les pôles doivent être effectuées avec les contacts en série fermés et les éléments de commutation à semiconducteurs à l'état bloqué. Le constructeur doit donner des instructions pour équiper l'EUT de dispositifs spéciaux permettant de satisfaire une prescription de mesure de la tension.

- 1) L'EUT est monté et connecté de façon normale avec des longueurs de câble entre l'EUT et la charge d'essai inférieures à 10 m.
- 2) Les tensions U_e et U_s sont appliquées à l'EUT et maintenues pendant la durée de l'essai. La tension de commande U_c est coupée.
- 3) Mesurer la tension U aux bornes de chaque pôle de l'EUT et enregistrer celle-ci comme étant un ensemble U_0 .
- 4) Avec la tension de commande U_c , faire fonctionner l'EUT entre l'état passant et l'état bloqué comme spécifié au tableau 13. Si le gradateur ne fonctionne pas comme prévu, ou s'il apparaît une détérioration, l'essai est arrêté et considéré comme non satisfaisant.
- 5) Après le nombre de cycles de manoeuvres requis, avec U_e appliquée et U_c coupée, répéter les mesures de tension de l'étape 3). Enregistrer celles-ci comme mesures finales U_F correspondant aux valeurs initiales U_0 .
- 6) Critères pour satisfaire à l'essai

Calculer la variation de tension entre chaque pôle:

$$\Delta U = (U_F - U_0) / U_0$$

Les résultats à obtenir pour que l'essai soit satisfaisant sont donnés au tableau 7.

9.3.3.6.4 Comportement du gradateur à semiconducteurs pendant et après les essais d'aptitude au fonctionnement

- a) Aptitude à la commutation

Si les appareils à semiconducteurs n'effectuent pas une manœuvre convenable, les premiers signes de défaillance sont mis en évidence par une dégradation des performances. La poursuite du fonctionnement dans ces conditions provoquera un emballement thermique. Le résultat final serait un échauffement excessif et une perte d'aptitude au blocage.

- c) Switch the EUT to ON-state.
- d) After the ON-time (see table 6), switch the EUT to the OFF-state.

NOTE – In the case of form HxB, the OFF-state will be replaced by the OPEN-state.

- e) Repeat steps c) and d) twice. End test.
- 4) Verify the criteria (see 9.3.3.6.4)
- a) No loss of commutating capability.
 - b) No loss of blocking capability.
 - c) No loss of functionality.
 - d) No visual evidence of damage.

9.3.3.6.3 Blocking and commutating capability test

Test specifications are given in table 7. The test profiles are shown in figure F.3.

For form HxA, the contacts of the series mechanical switching device shall be maintained in the closed position for the duration of the test.

For form HxB, the contacts of the series mechanical switching device may be operated to perform the testing cycles. However, the measurements of voltage across the poles shall be performed with the series contacts closed and with the semiconductor switching devices in the OFF-state. The manufacturer shall provide instructions for fitting the EUT with special features that will permit compliance with the voltage measurement requirements.

- 1) The EUT is mounted and connected as in normal use with cable length between the EUT and test load of not greater than 10 m.
- 2) The voltages U_e and U_s are applied to the EUT and maintained for the duration of the test. Control voltage U_c is OFF.
- 3) Measure the voltage U across each pole of the EUT and record as a set U_0 .
- 4) By means of the control voltage U_c , cycle the EUT between the ON-state and OFF-state as specified in table 13. If the controller does not perform as intended, or if evidence of damage develops, the test is discontinued and considered a failure.
- 5) After the required number of operating cycles, with U_e ON and U_c OFF, repeat the voltage measurements of step 3). Record these readings as a set of final data points U_F , corresponding to the initial data points U_0 .
- 6) Criteria to pass the test

Calculate the variation in voltage across each pole:

$$\Delta U = (U_F - U_0)/U_0$$

The results to be obtained for successful compliance are given in table 7.

9.3.3.6.4 Behaviour of the semiconductor controller during, and condition after, the operating capability tests

- a) Commutating capability

If semiconductor devices do not commute properly, the early stage of the failure mode is evidenced by degraded performance. Continued operation in this mode will cause thermal runaway. The ultimate result will be excessive heating and loss of blocking capability.

b) Stabilité thermique

Les appareils à semiconducteurs soumis à des cycles de manœuvres rapides peuvent ne pas être convenablement refroidis. Les premiers effets peuvent être le début d'emballement thermique, conduisant à une perte d'aptitude au blocage.

c) Aptitude au blocage

L'aptitude au blocage est la possibilité de passer à l'état bloqué et d'y demeurer chaque fois que cela est demandé. Des contraintes thermiques excessives diminuent l'aptitude au blocage. Cette défaillance est mise en évidence par la disparition partielle ou totale de la commande.

d) Etat de marche

Certaines défaillances peuvent ne pas être trop graves à leur début. Elles sont mises en évidence par la perte progressive d'une fonction. La rapidité de leur détection et des remèdes qui y sont apportés peut éviter des dommages permanents.

e) Examen visuel

Au stade final, des contraintes thermiques excessives dues à des températures élevées peuvent causer des dommages permanents. La détection visuelle (fumée ou décoloration) permet une alerte précoce vis-à-vis d'une panne définitive.

9.3.4 Fonctionnement dans des conditions de court-circuit

Ce paragraphe spécifie les conditions d'essai pour la vérification de la conformité aux prescriptions de 8.2.5.1. Les prescriptions spécifiques concernant les modalités et les séquences d'essai, l'état du matériel après les essais et les types de coordination sont indiqués en 9.3.4.1 et 9.3.4.3.

9.3.4.1 Conditions générales pour les essais de court-circuit

Les conditions générales pour les essais de court-circuit sont les suivantes:

- manœuvre «O»: le courant de court-circuit est appliqué au gradateur ou au contacteur qui a été préalablement mis à l'état de pleine conduction par l'application d'un courant au moins égal au courant de charge minimal;
- manœuvre «CO»: pour un matériel raccordé directement à l'alimentation.

La température initiale du boîtier ne doit pas être inférieure à 40 °C.

9.3.4.1.1 Prescriptions générales pour les essais de court-circuit

Le paragraphe 8.3.4.1.1 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.4.1.2 Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement dans des conditions de court-circuit

Le paragraphe 8.3.4.1.2 de la CEI 60947-1 s'applique à l'exception de la coordination de type 1 pour laquelle l'élément fusible F et la résistance R_L sont remplacés par un fil rigide de 6 mm² et de longueur pouvant varier entre 1,2 m et 1,8 m, connecté au point neutre, ou, après accord du constructeur, à l'un des pôles.

NOTE – Ces dimensions plus importantes du fil ne sont pas utilisées à des fins de détection, mais pour établir une condition de mise à la terre permettant une évaluation du dommage.

9.3.4.1.3 Facteur de puissance du circuit d'essai

Le paragraphe 8.3.4.1.3 de la CEI 60947-1 s'applique.

b) Thermal stability

Semiconductor devices subject to rapid operating cycles may not cool properly. The early effects may initiate a thermal runaway condition leading to loss of blocking capability.

c) Blocking capability

Blocking capability is the ability to turn OFF and remain OFF whenever required. Excessive thermal stress will degrade blocking capability. The failure mode is evidenced by a partial or total loss of control.

d) Functionality

Some failure modes may not be catastrophic in the early stages. These failures are evident from gradual loss of function. Early detection and correction may prevent permanent damage.

e) Visual inspection

Ultimately, excessive thermal stresses due to elevated temperatures may cause permanent damage. Visual evidence (smoke or discoloration) provides early warning of ultimate failure.

9.3.4 Performance under short-circuit conditions

This subclause specifies test conditions for verification of compliance with the requirements of 8.2.5.1. Specific requirements regarding test procedure, test sequence, condition of equipment after the test and types of coordination are given in 9.3.4.1 and 9.3.4.3.

9.3.4.1 General conditions for short-circuit tests

General conditions for short-circuit tests are as follows:

- "O" operation: the short-circuit current is applied to the controller or contactor which is already being maintained in the full-on state by a current at least equal to the minimum load current;
- "CO" operation for direct on-line equipment.

Initial case temperature shall be not less than 40 °C.

9.3.4.1.1 General requirements for short-circuit tests

Subclause 8.3.4.1.1 of IEC 60947-1 applies.

9.3.4.1.2 Test circuit for the verification of short-circuit ratings

Subclause 8.3.4.1.2 of IEC 60947-1 applies except that for type 1 coordination, the fusible element F and the resistance R_L are replaced by a solid 6 mm² wire 1,2 m to 1,8 m in length, connected to the neutral, or with the agreement of the manufacturer, to one of the poles.

NOTE – This larger size of wire is not used as a detector but to establish an earth condition allowing the damage to be evaluated.

9.3.4.1.3 Power factor of the test circuit

Subclause 8.3.4.1.3 of IEC 60947-1 applies.

9.3.4.1.4 Disponible**9.3.4.1.5 Etalonnage du circuit d'essai**

Le paragraphe 8.3.4.1.5 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.4.1.6 Procédure d'essai

Le paragraphe 8.3.4.1.6 de la CEI 60947-1 s'applique avec les compléments suivants.

Le gradateur ou contacteur et son DPCC associé doivent être installés et connectés dans des conditions normales d'utilisation. Ils doivent être connectés dans le circuit d'essai en utilisant une longueur de câble maximale de 2,4 m (adapté au courant assigné du gradateur ou contacteur) pour chaque circuit principal.

Si le DPCC est séparé du gradateur ou du contacteur, il doit être connecté en utilisant le câble spécifié ci-dessus (la longueur totale du câble ne doit pas excéder 2,4 m).

Les essais en triphasé sont considérés comme étant valables pour les applications monophasées.

9.3.4.1.7 Disponible**9.3.4.1.8 Interprétation des enregistrements**

Le paragraphe 8.3.4.1.8 de la CEI 60947-1 s'applique.

9.3.4.2 Disponible**9.3.4.3 Courant de court-circuit conditionnel des gradateurs et des contacteurs**

Le gradateur ou le contacteur et le DPCC associé doivent être soumis aux essais de 9.3.4.3.1.

Les essais doivent être effectués de manière à obtenir les valeurs maximales de I_g et de U_g pour la catégorie d'emploi AC-51.

Lorsque le même composant est utilisé pour plusieurs valeurs assignées, l'essai doit être effectué dans les conditions correspondant au courant assigné I_g le plus élevé.

Les commandes doivent être alimentées par une alimentation électrique séparée et à la tension de commande spécifiée. Le DPCC utilisé doit être comme précisé en 8.2.5.1.

Si le DPCC est un disjoncteur avec un courant de réglage ajustable, l'essai doit être réalisé avec le disjoncteur réglé au courant maximal pour la coordination de type 1, et au réglage maximal déclaré pour la coordination de type 2.

Pendant l'essai, toutes les ouvertures de l'enveloppe doivent être fermées comme en service normal et la porte ou le couvercle fermé(e) comme prévu.

Un gradateur ou un contacteur répondant à une gamme assignée de charges et muni de moyens de protection contre les surintensités interchangeable doit être essayé avec le moyen de protection contre les surintensités d'impédance la plus élevée et avec celui d'impédance la plus faible, avec les DPCC correspondants.

La manœuvre O ou CO doit être réalisée avec un échantillon à I_q .

9.3.4.1.4 Vacant**9.3.4.1.5 Calibration of the test circuit**

Subclause 8.3.4.1.5 of part 1 applies.

9.3.4.1.6 Test procedure

Subclause 8.3.4.1.6 of IEC 60947-1 applies with the following additions.

The controller or contactor and its associated SCPD shall be mounted and connected as in normal use. They shall be connected in the circuit using a maximum of 2,4 m of cable (corresponding to the operational current of the controller or contactor) for each main circuit.

If the SCPD is separate from the controller or contactor, it shall be connected using the cable specified above (the total length of cable shall not exceed 2,4 m).

Three-phase tests are considered to cover single-phase applications.

9.3.4.1.7 Vacant**9.3.4.1.8 Interpretation of records**

Subclause 8.3.4.1.8 of IEC 60947-1 applies.

9.3.4.2 Vacant**9.3.4.3 Conditional short-circuit current of controllers and contactors**

The controller or contactor and the associated SCPD shall be subjected to the tests given in 9.3.4.3.1.

The tests shall be conducted under conditions corresponding to the maximum I_g and the maximum U_g for utilization category AC-51.

When the same semiconductor component is used for several ratings, the test shall be performed under the conditions corresponding to the highest rated current I_g .

The controls shall be energized by a separate electrical supply at the specified control voltage. The SCPD used shall be as stated in 8.2.5.1.

If the SCPD is a circuit-breaker with an adjustable current setting, the test shall be done with the circuit-breaker adjusted to the maximum setting for type 1 coordination and to the maximum declared setting for type 2 coordination.

During the test, all openings of the enclosure shall be closed as in normal service and the door or cover secured by the means provided.

A controller or contactor covering a range of load ratings and equipped with interchangeable overcurrent protective means shall be tested with the overcurrent protective means with the highest impedance and the overcurrent protective means with the lowest impedance together with the corresponding SCPDs.

The O or CO operation shall be performed with one sample at I_q .

9.3.4.3.1 Essai au courant conditionnel de court-circuit I_q

Le circuit doit être réglé au courant de court-circuit présumé I_q égal au courant assigné de court-circuit conditionnel.

Si le DPCC est un fusible et si le courant d'essai se situe dans le domaine de limitation de courant du fusible, le fusible doit alors être, si possible, choisi pour admettre les valeurs maximales de courant coupé I_c (correspondant à la figure 3 de la CEI 60269-1) et de contrainte thermique I^2t .

Sauf pour les contacteurs DOL, une opération de coupure du DPCC doit être réalisée avec le contacteur en état de pleine conduction et le DPCC fermé; le courant de court-circuit doit être établi par un dispositif de connexion séparé.

Pour les contacteurs DOL, une manœuvre de coupure du DPCC doit être réalisée en fermant le contacteur sur le court-circuit.

9.3.4.3.2 Disponible

9.3.4.3.3 Résultats à obtenir

Le gradateur ou le contacteur doit être considéré comme ayant satisfait aux essais au courant présumé I_q si les conditions suivantes sont remplies pour le type de coordination annoncé.

Pour les deux types de coordination:

- a) le courant de défaut a été interrompu de façon satisfaisante par le DPCC ou le contacteur. De plus, l'élément fusible ou le raccordement solide placé entre l'enveloppe et l'alimentation ne doit pas avoir fondu;
- b) la porte ou le couvercle de l'enveloppe n'a pas été ouvert(e) par l'effet de souffle, et il est possible de l'ouvrir. On peut cependant admettre une déformation de l'enveloppe pourvu que le degré de protection de cette dernière ne soit pas inférieur à IP2X;
- c) aucun dommage n'a été causé à un conducteur ou à une borne et aucun conducteur n'a été arraché de sa borne;
- d) aucune craquelure ou cassure d'un socle isolant, susceptible d'affecter le montage d'une partie active, ne s'est produite;

Coordination de type 1:

- e) aucune projection d'organe n'a eu lieu au delà de l'enveloppe. Les dommages causés au gradateur et au moyen de protection contre les surintensités sont admis. Le gradateur ou le contacteur peut être hors d'état de fonctionnement après l'essai;

Coordination de type 2:

- f) aucun dommage n'a été causé au moyen de protection contre les surintensités ni à aucun autre organe, et aucun remplacement d'organe n'est autorisé durant l'essai. Pour les gradateurs et contacteurs hybrides, la soudure des contacts est admise à la condition que l'on puisse facilement les séparer (par exemple à l'aide d'un tournevis) sans déformation appréciable. Dans le cas de contacts soudés comme décrit ci-dessus, la fonctionnalité de l'appareil doit être vérifiée dans les conditions du tableau 6 pour la catégorie d'utilisation déclarée, en effectuant 10 cycles de manœuvre (au lieu de trois);
- g) le déclenchement du moyen de protection contre les surintensités doit être vérifié à un multiple du courant de réglage et doit être conforme aux caractéristiques de déclenchement annoncées, selon 5.7, aussi bien avant qu'après l'essai de court-circuit;

9.3.4.3.1 Test at the rated conditional short-circuit current at I_q

The circuit shall be adjusted to the prospective short-circuit current I_q equal to the rated conditional short-circuit current.

If the SCPD is a fuse and the test current is within the current-limiting range of the fuse then, if possible, the fuse shall be selected to allow the maximum value of cut-off current I_c (according to figure 3 of IEC 60269-1) and the maximum let-through I^2t values.

Except for direct on-line contactors, one breaking operation of the SCPD shall be performed with the contactor in the full-ON state and the SCPD closed; the short-circuit current shall be switched on by a separate switching device.

For direct on-line contactors, one breaking operation of the SCPD shall be performed by closing the contactor on to the short circuit.

9.3.4.3.2 Vacant**9.3.4.3.3 Results to be obtained**

The controller or contactor shall be considered to have passed the tests at the prospective current I_q if the following conditions are met for the claimed type of coordination.

For both types of coordination,

- a) the fault current has been successfully interrupted by the SCPD or the contactor. In addition, the fusible element or solid connection between the enclosure and supply shall not have melted;
- b) the door or cover of the enclosure has not been blown open, and it is possible to open the door or cover. Deformation of enclosure is considered acceptable, provided the degree of protection by the enclosure is not less than IP2X;
- c) there is no damage to the conductors or terminals and the conductors have not been separated from the terminals;
- d) there is no cracking or breaking of an insulating base to the extent that the integrity of mounting of a live part is impaired;

Type 1 coordination:

- e) there has been no discharge of parts beyond the enclosure. Damage to the controller and overcurrent protective means is acceptable. The contactor or the controller may be inoperative after the test;

Type 2 coordination:

- f) no damage to the overcurrent protective means or other parts has occurred and no replacement of parts is permitted during the test. For hybrid controllers and contactors, welding of contacts is permitted, if they are easily separated (e.g. by a screwdriver) without significant deformation. In the case of welded contacts as described above, the functionality of the device shall be verified under the conditions of table 6 for the declared utilization category by carrying out 10 operating cycles (instead of three);
- g) the tripping of the overcurrent protective means shall be verified at a multiple of the current setting and shall conform to the published tripping characteristics, according to 5.7, both before and after the short-circuit test;

- h) on doit vérifier, par un essai diélectrique sur le gradateur ou le contacteur, que l'isolation est suffisante. La tension d'essai doit être appliquée comme spécifié en 9.3.3.4.1 4).

9.3.5 Essais CEM

Tous les essais d'émission ou d'immunité sont des essais de type et doivent être réalisés dans des conditions représentatives, à la fois de fonctionnement et d'environnement, en utilisant les méthodes de câblage recommandées par le constructeur et en incluant toute enveloppe spécifiée par celui-ci.

Tous les essais doivent être faits en régime établi. Une lampe à incandescence et une charge capacitive sont nécessaires pour ces essais dans le cas des catégories d'utilisation AC-55b et AC-56b respectivement. Toutefois, dans le cas d'un appareil utilisable pour plusieurs catégories d'emploi, les essais doivent être réalisés seulement à l'aide d'une charge correspondant à la catégorie AC-51. Si l'appareil n'est pas prévu pour être utilisé en catégorie AC-51, les essais doivent être réalisés dans la catégorie d'emploi définie par accord entre constructeur et utilisateur. Excepté pour l'essai d'émission harmonique, il n'est pas nécessaire de charger le circuit d'éclairage ou le condensateur. Si pour certains essais la charge employée est de puissance inférieure à celle de la gamme de puissance du gradateur à semi-conducteurs, cela doit être spécifié dans le rapport d'essai. Dans le cas de la catégorie AC-51, le matériel en essai doit être essayé au courant assigné d'emploi et avec un $\cos \varphi = 1^{-0,05}$. Pour les appareils de courant $I_g \leq 16$ A, le courant d'essai doit être I_g . Pour les appareils de courant $I_g > 16$ A, le courant d'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur, pourvu que ce courant soit supérieur à 16 A. Cette valeur doit être indiquée dans le rapport d'essai. Les essais ne sont pas nécessaires sur les sorties de puissance. Sauf prescriptions contraires du constructeur, la longueur des connexions à la charge doit être de 3 m.

Le rapport d'essai doit donner toutes les informations pertinentes relatives aux essais (par exemple les conditions de charge, les dispositions des câbles, etc.). Une description fonctionnelle ainsi qu'une définition des limites de spécification pour les critères de comportement doivent être fournies par le constructeur et notées dans le rapport d'essai. Le rapport d'essai doit inclure toutes les mesures spéciales qui ont été prises pour obtenir la conformité, par exemple l'utilisation de câbles blindés ou spéciaux. Une liste des appareils auxiliaires, qui, avec le gradateur, constituent le matériel nécessaire pour satisfaire aux prescriptions d'immunité ou d'émission, doit également être incluse dans le rapport. Les essais doivent être menés avec les valeurs assignées de tension d'alimentation U_s et effectués d'une manière reproductible.

Les gradateurs de variante 4 dans lesquels les éléments de commutation de puissance, par exemple des thyristors, ne conduisent pas en permanence durant une partie ou la totalité des régimes permanents de fonctionnement, doivent être essayés dans des conditions de conduction minimale, choisies par le fabricant pour représenter le fonctionnement du gradateur aux points correspondants à l'émission ou à la susceptibilité maximale (voir 9.3.5.1).

9.3.5.1 Essais d'émission CEM

9.3.5.1.1 Essai d'émission conduite aux fréquences radioélectriques

La description de l'essai, la méthode d'essai et l'installation d'essai sont donnés dans le CISPR 11.

Il est suffisant d'essayer deux échantillons d'une gamme de gradateurs de différents calibres de puissance, qui représentent le plus grand et le plus petit calibre de puissance de la gamme.

L'émission ne doit pas dépasser les valeurs données au tableau 14.

- h) the adequacy of the insulation shall be verified by a dielectric test on the controller or contactor. The test voltage shall be applied as specified in 9.3.3.4.1 4).

9.3.5 EMC tests

All emission and immunity tests are type tests and shall be carried out under representative conditions, both operational and environmental, using the manufacturer's recommended wiring practices and including any enclosures specified by the manufacturer.

All tests shall be made under steady-state conditions. An incandescent light load and a capacitive load are required for the purpose of testing in the case of AC-55b and AC-56b, respectively. However, for a device intended to be used for several utilization categories, the tests shall be made only with a load corresponding to AC-51. If the device is not intended for AC-51 category use, the tests shall be made for the utilization category defined by agreement between manufacturer and user. Except for the harmonic emission test, it is not necessary to load the lighting circuit or capacitor. If the load used in any test is of lower power than the intended power range of the semiconductor controller, it shall be stated in the test report. For category AC-51, the equipment under test shall be tested at the rated operational current and with a $\cos \varphi = 1^{-0.05}$. For devices of current $I_e \leq 16$ A, the test current shall be I_e . For devices of current $I_e > 16$ A, the test current shall be the object of an agreement between the manufacturer and the user, provided this current is more than 16 A. This value shall be stated in the test report. Tests are not required on the power output port. Unless otherwise specified by the manufacturer, the length of the connections to the test load shall be 3 m.

The test report shall give all the relevant information relating to the tests (for example load conditions, cable arrangement, etc.). A functional description and a definition of specification limits for the performance criteria shall be provided by the manufacturer and noted in the test report. The test report shall include any special measures that have been taken to achieve compliance, for example the use of shielded or special cables. A list of auxiliary equipment which, together with the controller, comprises the equipment necessary to comply with the immunity or emission requirements, shall also be included in the report. The tests shall be carried out at the rated supply voltage U_s and in a reproducible manner.

Form 4 controllers, in which the power switching elements, for example thyristors, are not fully conducting during some or all steady-state modes of operation, shall be tested under conditions of minimum conduction chosen by the manufacturer to represent the operation of the controller at the points of sustained maximum emission or susceptibility (see 9.3.5.1).

9.3.5.1 EMC emission tests

9.3.5.1.1 Conducted radiofrequency emission test

The description of the test, the test method and the test set-up are given in CISPR 11.

It shall be sufficient to test two samples from a range of controllers of different power ratings which represent the highest and lowest power ratings of the range.

The emission shall not exceed the levels given in table 14.

Tableau 14 – Limites de perturbation en tension sur les bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques

Classe d'appareils (type de réseau)	A* (industriel)		B (public)	
	Quasi-crête dB (μV)	Moyenne dB (μV)	Quasi-crête dB (μV)	Moyenne dB (μV)
0,15 – 0,5	100	90	66 à 56 (décroît avec le log de la fréquence)	56 à 46 (décroît avec le log de la fréquence)
0,5 – 5	86	76	56	46
5 – 30	90 à 70 (décroît avec le log de la fréquence)	80 à 60 (décroît avec le log de la fréquence)	60	50
* Limites conformes à celles du CISPR 11, groupe 2.				

9.3.5.1.2 Essais d'émissions rayonnées aux fréquences radioélectriques

La description de l'essai, la méthode d'essai et l'installation d'essai sont données dans le CISPR 11, avec une variante de procédure à l'annexe D.

NOTE – Aux Etats-Unis, les dispositifs numériques dont la puissance consommée est inférieure à 6 nW sont exemptés d'essais d'émission aux fréquences radioélectriques.

Il est suffisant d'essayer un échantillon unique représentatif d'une gamme de gradateurs ou de contacteurs de différentes puissances assignées.

Les émissions ne doivent pas dépasser les niveaux donnés au tableau 15.

Tableau 15 – Limites d'essai d'émissions rayonnées

Bande de fréquences MHz	Valeur du champ	
	Classe d'appareils A*	Classe d'appareils B
30 – 230	30 dB (μV/m) quasi-crête à 30 m	30 dB (μV/m) quasi-crête à 10 m
230 – 1 000	37 dB (μV/m) quasi-crête à 30 m	37 dB (μV/m) quasi-crête à 10 m
* Les essais des classes d'appareils A peuvent être effectués à une distance de 10 m avec des limites augmentées de 10 dB.		

9.3.5.2 Essais d'immunité CEM

Lorsqu'une gamme de gradateurs comprend des électroniques de commande configurées de façon similaire, dans des tailles de boîtiers similaires, il est seulement nécessaire d'essayer un seul échantillon représentatif du gradateur ou du contacteur comme spécifié par le constructeur.

Table 14 – Terminal disturbance voltage limits for conducted radiofrequency emission

Equipment class (network type)	A* (Industrial)		B (public)	
	Quasi-peak dB (μV)	Average dB (μV)	Quasi-peak dB (μV)	Average dB (μV)
0,15 – 0,5	100	90	66 to 56 (decrease with log of frequency)	56 to 46 (decrease with log of frequency)
0,5 – 5	86	76	56	46
5 – 30	90 to 70 (decrease with log of frequency)	80 to 60 (decrease with log of frequency)	60	50
* Limits conform with CISPR 11, group 2.				

9.3.5.1.2 Radiated radiofrequency emission test

The description of the test, the test method and the test set-up are given in CISPR 11 with an alternative procedure given in annex D.

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

It shall be sufficient to test a single representative sample from a range of controllers and contactors of different power ratings.

The emission shall not exceed the levels given in table 15.

Table 15 – Radiated emissions test limits

Frequency band MHz	Field strength	
	Equipment class A*	Equipment class B
30 to 230	30 dB (μV/m) quasi-peak at 30 m	30 dB (μV/m) quasi-peak at 10 m
230 to 1 000	37 dB (μV/m) quasi-peak at 30 m	37 dB (μV/m) quasi-peak at 10 m
* Equipment class A tests may be carried out at 10 m distance with the limits raised by 10 dB.		

9.3.5.2 EMC immunity tests

Where a range of controllers comprise similarly configured control electronics, within similar frame sizes, it is only necessary to test a single representative sample of the controller or contactor as specified by the manufacturer.

9.3.5.2.1 Décharges électrostatiques

Les gradateurs et les contacteurs doivent être essayés conformément aux méthodes de la CEI 61000-4-2. Les niveaux d'essai de décharge au contact de 4 kV et de décharge dans l'air de 8 kV doivent être employés avec 10 impulsions positives et 10 impulsions négatives appliquées à chaque point sélectionné. L'intervalle de temps entre chaque impulsion successive doit être égal à 1 s. Les essais ne sont pas requis sur les bornes de puissance. Les décharges doivent être appliquées seulement aux points qui sont accessibles durant l'utilisation normale.

Le gradateur doit satisfaire au critère de comportement 2 du tableau 10.

Les essais ne sont pas possibles si le gradateur est présenté sur un châssis ouvert ou avec un degré de protection IP00. Dans ce cas, le constructeur doit fixer une étiquette d'avertissement sur l'appareil informant de la possibilité de dommages dus aux décharges statiques.

9.3.5.2.2 Champ électromagnétique aux fréquences radioélectriques

Les essais au champ électromagnétique aux fréquences radioélectriques sont séparés en deux plages de fréquences: 0,15 MHz à 80 MHz et 80 MHz à 1 000 MHz. Pour la plage 0,15 MHz à 80 MHz, les méthodes d'essais sont données dans la CEI 61000-4-6. Le niveau d'essai doit être de 140 dB μ V (niveau 3).

Les fréquences doivent être choisies par le constructeur et indiquées dans le rapport d'essai. Le gradateur ou le contacteur doit satisfaire au critère de comportement 1 du tableau 10.

Pour la plage 80 MHz à 1 000 MHz, les méthodes d'essai sont données dans la CEI 61000-4-3. Le niveau d'essai doit être 10 V/m et la plage de fréquence balayée de 80 MHz à 1 000 MHz. Le gradateur ou le contacteur doit satisfaire au critère de comportement 1 du tableau 10.

Les essais ne sont pas requis lorsque le gradateur ou le contacteur est livré comme un composant à installer dans une enveloppe métallique spécifique pour la CEM. Dans ce cas, le constructeur doit fournir une notice écrite ou une instruction indiquant les précautions à prendre en cas d'ouverture de l'enveloppe.

9.3.5.2.3 Transitoires rapides (5/50 ns)

Le gradateur ou le contacteur doit être essayé suivant les méthodes de la CEI 61000-4-4.

Le niveau d'essai pour les lignes de puissance en courant alternatif doit être de 2,0 kV/5,0 kHz via le réseau de couplage/découplage. La tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min.

Les bornes pour les circuits de commande ou auxiliaires, prévues pour la connexion de conducteurs de plus de 3 m, doivent être essayées à 2,0 kV/5,0 kHz au moyen de la pince de couplage.

Le gradateur ou le contacteur doit satisfaire au critère de comportement 2 du tableau 10.

9.3.5.2.4 Ondes de choc (1,2/50 μ s – 8/20 μ s)

Le gradateur ou le contacteur doit être essayé suivant les méthodes de la CEI 61000-4-5.

Le niveau d'essai pour les bornes de puissance doit être de 2 kV entre phase et terre et 1 kV entre phases.

9.3.5.2.1 Electrostatic discharge

Controllers and contactors shall be tested using the methods of IEC 61000-4-2. Test levels of 4 kV contact discharge or 8 kV air discharge shall be used with 10 positive and 10 negative pulses applied to each selected point, the time interval between each successive single discharge being 1 s. Tests are not required on power terminals. Discharges shall be applied only to points which are accessible during normal usage.

The controller shall comply with performance criterion 2 of table 10.

Tests are not possible if the controller is an open frame or chassis unit or of degree of protection IP00. In this case, the manufacturer shall attach a label to the unit advising of the possibility of damage due to static discharge.

9.3.5.2.2 Radiofrequency electromagnetic field

Radiofrequency electromagnetic field tests are divided into two frequency ranges: 0,15 MHz to 80 MHz and 80 MHz to 1 000 MHz. For the range 0,15 MHz to 80 MHz, the test methods are given in IEC 61000-4-6. The test level shall be 140 dB μ V (level 3).

The frequencies shall be selected by the manufacturer and stated in the test report. The controller or contactor shall comply with performance criterion 1 of table 10.

For the range 80 MHz to 1 000 MHz, the test methods are given in IEC 61000-4-3. The test level shall be 10 V/m swept over the frequency range 80 MHz to 1 000 MHz. The controller or contactor shall comply with performance criterion 1 of table 10.

Tests are not required where the load controller or contactor is to be supplied as a component to be installed in a specific-purpose EMC metallic enclosure. In this case, the manufacturer shall provide a written notice or instruction specifying the precautions to be taken whenever the enclosure is to be opened.

9.3.5.2.3 Fast transients (5/50 ns)

The controller or contactor shall be tested using the methods of IEC 61000-4-4.

The test level for a.c. power lines shall be 2,0 kV/5,0 kHz via the coupling/decoupling network. The test voltage shall be applied for a duration of 1 min.

Terminals for control and auxiliary circuits intended for the connection of conductors which extend more than 3 m shall be tested at 2,0 kV/5,0 kHz by means of the coupling clamp.

The controller or contactor shall comply with performance criterion 2 of table 10.

9.3.5.2.4 Surges (1,2/50 μ s – 8/20 μ s)

The controller or contactor shall be tested using the methods of IEC 61000-4-5.

The test level for power terminals shall be 2 kV line-to-earth and 1 kV line-to-line.

Les bornes pour les circuits de commande ou auxiliaires prévues pour la connexion de conducteurs de plus de 3 m doivent être essayées à 2,0 kV entre phase et terre et 1,0 kV entre phases. Les essais ne sont pas applicables aux circuits protégés.

La vitesse de répétition doit être de 1 par min, avec un nombre d'impulsions égal à cinq positives et cinq négatives.

Le gradateur ou le contacteur doit satisfaire au critère de comportement 2 du tableau 10.

Lorsque le gradateur doit fonctionner dans une installation moins protégée, par exemple les classes d'installations 4 et 5 selon la CEI 61000-4-5, cela doit être spécifié par l'utilisateur. Dans ce cas, les niveaux d'essais doivent être de 4 kV entre phase et terre et de 2 kV entre phases.

9.3.5.2.5 Harmoniques et encoches de commutation

A l'étude.

9.3.5.2.6 Creux de tension et coupures brèves

Les méthodes d'essai de la CEI 61000-4-11 doivent être utilisées pour vérifier les prescriptions de l'essai A. La méthode de vérification des essais B et C est à l'étude.

Les critères du tableau 16 doivent être remplis.

Tableau 16 – Creux de tension et coupures brèves

Essai	Niveau d'essai % U_T	Durée	Critère de comportement
A	0	5 000 ms	3
B	40	100 ms	A l'étude
C	70	Demi-période	A l'étude
* Où U_T représente U_g et/ou U_s , selon le cas.			

9.3.6 Essais individuels et par prélèvement

Les essais individuels sont des essais auxquels est soumis tout gradateur ou contacteur pris séparément pendant ou après sa fabrication pour vérifier qu'il répond aux prescriptions fixées.

9.3.6.1 Généralités

Les essais individuels ou par prélèvement doivent être effectués dans les mêmes conditions ou dans des conditions équivalentes à celles qui sont spécifiées pour les essais de type aux points correspondants de 9.1.2. Cependant, les limites de fonctionnement de 9.3.3.2 peuvent être vérifiées sur le moyen de protection contre les surintensités seul et à la température de l'air ambiant; mais une correction peut être nécessaire pour se ramener aux conditions normales d'ambiance.

9.3.6.2 Fonctionnement et limites de fonctionnement

Il doit être vérifié que le matériel fonctionne conformément aux dispositions de 8.2.1.2 et de 8.2.1.5.

Terminals for control and auxiliary circuits intended for the connection of conductors which extend more than 3 m shall be tested at 2,0 kV line-to-earth and 1,0 kV line-to-line. Tests are not applicable to protected circuits.

The repetition rate shall be 1 per min, with the number of pulses being five positive and five negative.

The controller or contactor shall comply with performance criterion 2 of table 10.

If the controller is required to operate in an installation which is less protected, for example installation class 4 or 5 according to IEC 61000-4-5, this shall be specified by the user. In this case, the test levels shall be 4 kV line-to-earth and 2 kV line-to-line.

9.3.5.2.5 Harmonics and commutation notches

Under consideration.

9.3.5.2.6 Voltage dips and short time interruptions

The test methods of IEC 61000-4-11 shall be used to verify the requirements of test A. The method of verification of tests B and C is under consideration.

The criteria of table 16 shall be satisfied.

Table 16 – Voltage dips and short-time interruption

Test	Test level % U_T	Duration	Performance criterion
A	0	5 000 ms	3
B	40	100 ms	Under consideration
C	70	Half period	Under consideration
* Where U_T represents U_e and/or U_s , as appropriate.			

9.3.6 Routine and sampling tests

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

9.3.6.1 General

Routine or sampling tests shall be carried out under the same, or equivalent conditions to those specified for type tests in the relevant parts of 9.1.2. However, the limits of operation in 9.3.3.2 may be verified at the prevailing ambient air temperature and on the overcurrent protective means alone but a correction may be necessary to allow for the normal ambient conditions.

9.3.6.2 Operation and operating limits

It shall be verified that the equipment operates according to the requirements of 8.2.1.2 and 8.2.1.5.

L'aptitude au fonctionnement spécifiée en 8.2.1.2 doit être vérifiée par un essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation suivant le tableau 7 et 9.3.3.6.3. Deux cycles de manœuvre sont demandés, l'un à 85 % de U_e avec 85 % de U_s , et l'autre à 110 % de U_e avec 110 % de U_s .

Les essais correspondant aux prescriptions de 8.2.1.5 peuvent être réalisés en choisissant un seul courant représentatif (qui peut être différent de ceux donnés dans la présente norme) à toute tension qui convient.

9.3.6.3 Essais diélectriques

L'usage de la feuille métallique n'est pas nécessaire. Les essais doivent être effectués sur des gradateurs et démarreurs propres et secs.

La vérification de la tenue diélectrique peut être effectuée avant l'assemblage final de l'appareil (par exemple avant la connexion des éléments sensibles tels que les condensateurs de filtre).

1) Tension de tenue aux chocs

Le paragraphe 8.3.3.4.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

2) Tension de tenue à fréquence industrielle

Le paragraphe 8.3.3.4.2 de la CEI 60947-1 s'applique.

3) Tensions combinées d'ondes de choc et à fréquence industrielle.

Les essais des points 1) et 2) ci-dessus peuvent être remplacés par un seul essai de tenue à fréquence industrielle où la valeur de crête de l'onde sinusoïdale correspond à la valeur la plus élevée donnée aux points 1) et 2).

9.4 Essais spéciaux

9.4.1 Disponible

The functionality specified in 8.2.1.2 shall be verified by a blocking and commutating capability test according to table 7 and 9.3.3.6.3. Two operating cycles are required, one at 85 % U_e with 85 % U_s , and one at 110 % U_e with 110 % U_s .

Tests corresponding to the requirements of 8.2.1.5 may be made at only one chosen representative current (which may be different from those given in this standard), at any convenient voltage.

9.3.6.3 Dielectric tests

The metal foil need not be applied. The tests shall be conducted on dry and clean controllers and starters.

Verification of dielectric withstand may be performed before final assembly of the device (that is, before connecting sensitive devices such as filter capacitors).

1) Impulse withstand voltage

Subclause 8.3.3.4.2 of IEC 60947-1 applies.

2) Power-frequency withstand voltage

Subclause 8.3.3.4.2 of IEC 60947-1 applies.

3) Combined impulse voltage and power-frequency withstand voltage

The tests of items 1) and 2) above may be replaced by 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 the higher.

9.4 Special tests

9.4.1 Vacant

Annexe A (normative)

Marquage et identification des bornes

A.1 Généralités

L'identification des bornes a pour objet de fournir des informations concernant les fonctions de chaque borne ou sa localisation par rapport à d'autres bornes ou encore de servir à d'autres usages.

A.2 Marquage et identification des bornes des gradateurs et contacteurs

A.2.1 Marquage et identification des bornes des circuits principaux

Les bornes des circuits principaux doivent être marquées par des nombres d'un seul chiffre et par une combinaison alphanumérique.

Tableau A.1 – Marquage des bornes des circuits principaux

Bornes	Marquage
Circuit principal	1/L1-2/T1 3/L2-4/T2 5-L3-6/T3 7/L4-8/T4

Dans le cas de types particuliers de gradateurs ou de contacteurs (voir 5.2.5.3), le constructeur doit fournir les schémas de raccordement.

A.2.2 Marquage et identification des bornes des circuits de commande

A.2.2.1 Bornes d'alimentation des circuits de commande

A l'étude.

A.2.2.2 Bornes d'entrée/sortie des circuits de commande

A l'étude.

A.2.3 Marquage et identification des circuits auxiliaires

Les bornes des circuits auxiliaires doivent être marquées ou identifiées sur les schémas par des nombres de deux chiffres:

- le chiffre des unités est un chiffre de fonction;
- le chiffre des dizaines est un numéro d'ordre.

Les exemples suivants illustrent un tel système de marquage.

Annex A (normative)

Marking and identification of terminals

A.1 General

The purpose of identifying terminals is to provide information regarding the function of each terminal or its location with respect to other terminals or for other use.

A.2 Marking and identification of terminals of controller and contactors

A.2.1 Marking and identification of terminals of main circuits

The terminals of the main circuits shall be marked by single figure numbers and an alphanumeric system.

Table A.1 – Main circuit terminal markings

Terminals	Markings
Main circuit	1/L1-2/T1 3/L2-4/T2 5-L3-6/T3 7/L4-8/T4

For particular types of controllers and contactors (see 5.2.5.3), the manufacturer shall provide the wiring diagram.

A.2.2 Marking and identification of terminals of control circuits

A.2.2.1 Control-circuit power supply terminals

Under consideration.

A.2.2.2 Control-circuit input/output signal terminals

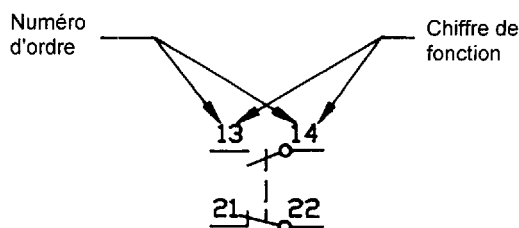
Under consideration.

A.2.3 Marking and identification of auxiliary circuits

The terminals of auxiliary circuits shall be marked or identified on the diagrams by two figure numbers:

- the unit is a function number;
- the figure of the tens is a sequence number.

The following examples illustrate such a marking system.

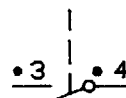
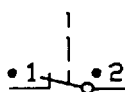


A.2.3.1 Chiffre de fonction

Les chiffres de fonction 1, 2 sont attribués aux circuits comprenant des contacts à ouverture et les chiffres de fonction 3, 4 aux circuits comprenant des contacts à fermeture.

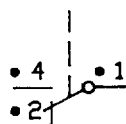
NOTE – Les définitions des contacts de fermeture et des contacts d'ouverture sont données, respectivement, en 2.3.12 et 2.3.13 de la CEI 60947-1.

Exemples:



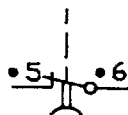
NOTE – Dans les exemples ci-dessus, les points prennent la place des numéros d'ordre, qui sont normalement ajoutés suivant le cas.

Les bornes des circuits comprenant des éléments de contact à deux directions doivent être marquées par les chiffres de fonction 1, 2 et 4.

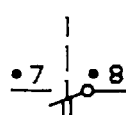


Les chiffres de fonction 5 et 6 (pour les contacts à ouverture) et 7 et 8 (pour les contacts à fermeture) sont attribués aux bornes des circuits auxiliaires comprenant des contacts auxiliaires ayant des fonctions spéciales.

Exemple:

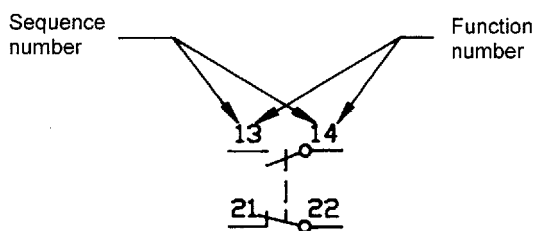


Contact à ouverture
retardé à l'ouverture



Contact à fermeture
retardé à la fermeture

Les bornes des circuits comprenant des éléments de contacts à deux directions ayant des fonctions spéciales doivent être marquées par les chiffres de fonction 5, 6 et 8.

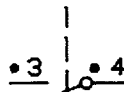
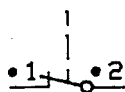


A.2.3.1 Function number

Function numbers 1, 2 are allocated to circuits with break contacts and function numbers 3, 4 to circuits with make contacts.

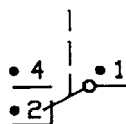
NOTE – The definitions for make contacts and break contacts are given in 2.3.12 and 2.3.13, respectively, of IEC 60947-1.

Examples:



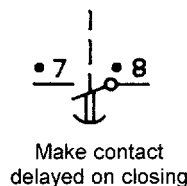
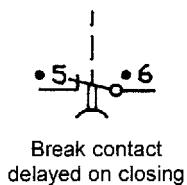
NOTE – The dots in the above examples take the place of the sequence numbers which should be added according to the application.

The terminals of circuits with change-over contact elements shall be marked by the function numbers 1, 2 and 4.



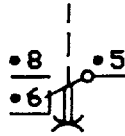
Function numbers 5 and 6 (for break contacts) and 7 and 8 (for make contacts) are allocated to terminals of auxiliary circuits containing auxiliary contacts with special functions.

Example:



The terminals of circuits with change-over contact elements with special functions shall be marked by function numbers 5, 6 and 8.

Exemple:



Contact à deux directions
retardé dans les deux directions

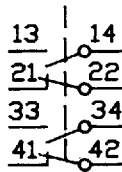
A.2.3.2 Numéro d'ordre

Les bornes appartenant à un même élément de contact doivent être marquées par le même numéro d'ordre.

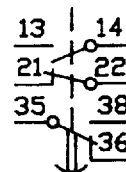
Tous les éléments de contact ayant la même fonction doivent recevoir des numéros d'ordre différents.

Le marquage du numéro d'ordre sur les bornes peut être omis seulement si ce dernier apparaît clairement au travers d'information complémentaire donnée par le constructeur ou l'utilisateur.

Exemple:

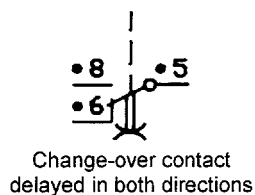


Quatre éléments de contact



Trois éléments de contact

Example:



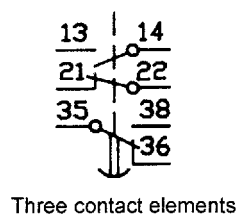
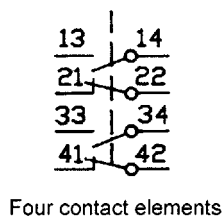
A.2.3.2 Sequence number

Terminals belonging to the same contact element shall be marked by the same sequence number.

All contact elements having the same function shall have different sequence numbers.

The sequence number may be omitted from the terminals only if additional information provided by the manufacturer or the user clearly gives such number.

Example:



Annexe B **(informative)**

Conditions de service typique pour les gradateurs et contacteurs

B.1 Contrôle d'éléments chauffants à résistance

a) Contacteur à fonction simple de mise en circuit et hors circuit. Les gradateurs ou contacteurs à semiconducteurs unipolaires (gradateurs de variante 5) avec une commutation au zéro peuvent être utilisés pour réduire le transitoire à la fermeture (AC-51).

b) Dans le cas d'éléments à résistance bobinée, le courant commuté peut être jusqu'à 1,4 fois le courant assigné. La mise en circuit de tels éléments chauffants au moyen d'une augmentation graduelle de la tension aux bornes peut réduire les contraintes mécaniques et électriques.

c) Contrôle de la charge des éléments chauffants à résistance par réglage de la tension aux bornes de la charge (contrôle de la tension) et le rapport du temps à l'état passant à l'état bloqué (commutation de la pleine tension), ou une combinaison des deux. Le contrôle de la charge peut être réalisé au moyen d'un signal de retour de la charge à un circuit comparateur ou appareil qui détermine le cycle de manoeuvres et/ou la tension de sortie du gradateur à semiconducteurs. Ce comparateur ou cet appareil de contrôle peut être incorporé dans le gradateur à semiconducteurs ou être utilisé seulement pour générer le signal de commutation (par exemple dans le cas d'un gradateur de variante 5, c'est-à-dire un contacteur à semiconducteurs).

B.2 Contrôles de la commutation de lampes à décharge électrique

a) Durant la mise en circuit normale d'une phase, les lampes fluorescentes sans correction du facteur de puissance ou celles dans une connexion à double lampe déphasées, véhiculent des courants de préchauffage qui peuvent atteindre des valeurs d'environ deux fois le courant assigné pendant un court instant (AC-55a).

Dans le cas de lampes fluorescentes compensées parallèles, des appels de courant transitoire de 20 fois le courant assigné de la capacité peuvent se produire (AC-56b).

Dans le cas de lampes fluorescentes avec des unités de ballast électronique, des appels de courant de 10 fois le courant assigné de la lampe peuvent se produire pendant un court instant.

b) Les lampes à vapeur de mercure à haute pression et les lampes aux halogénures métalliques (avec ou sans correction du facteur de puissance) sont commutées via des unités ballast sous forme d'inductance série et, dans le cas des lampes aux halogénures métalliques, avec l'aide d'appareils à amorçage. Durant les 3 à 5 premières minutes après mise en circuit, et avant que les lampes atteignent leur condition de fonctionnement normal au courant assigné, un courant principalement inductif est établi. Ce courant peut être jusqu'à deux fois le courant assigné de la lampe. Le contacteur à semiconducteurs utilisé doit admettre cette valeur de courant (AC-55a).

c) Les lampes à vapeur de sodium à haute pression (sans correction du facteur de puissance) véhiculent un courant inductif approximativement égal 1,7 à 2,2 fois leur courant assigné pendant 5 min à 10 min avant d'atteindre leur condition de fonctionnement. Le profil de surcharge du contacteur à semiconducteurs utilisé doit admettre cette valeur de courant (AC-55a).

Annex B (informative)

Typical service conditions for controllers and contactors

B.1 Control of resistive heating elements

a) Simple contactor function of switching on and off. Single-pole semiconductor controllers or contactors (form 5 controllers) with zero-point switching may be used to minimize the switching-on transient (AC-51).

b) In the case of wire-wound resistor elements, the switch-on current may be as high as 1,4 times the rated current. Ramp-up switch-on of such heating elements by means of a gradual increase in the terminal voltage can minimize mechanical and electrical stressing.

c) Load control of resistance-heating elements by adjusting the load terminal voltage (voltage control) and the ratio of ON to OFF time (full voltage switching), or a combination of these. The load control may be achieved by means of a feed-back signal from the load to a comparator circuit or device which determines the operating cycle and/or output voltage of the semiconductor controller. This comparator or control device may be incorporated in the semiconductor controller or be used merely to generate the switching signal (for example in the case of a form 5 controller, i.e. a semiconductor contactor).

B.2 Switching of electric discharge lamp controls

a) During the normal switch-on phase, fluorescent lamps without power factor correction or those in a twin lamp lead-lag connection, draw pre-heating currents which may attain values of about twice the rated current for a short period of time (AC-55a).

In the case of parallel compensated fluorescent lamps, transient inrush currents of 20 times the capacitor rated current can occur (AC-56b).

In the case of fluorescent lamps with electronic ballast units, inrush currents of 10 times the lamp rated current can occur for short periods of time.

b) High-pressure mercury-vapour and metal halide lamps (with or without power-factor correction) are switched on via ballast units in the form of series inductors and, in the case of the metal halide lamps, with the aid of ignition devices. During the initial 3 min to 5 min after switch-on, and before the lamps achieve their normal operating condition at rated current, a predominantly inductive current is drawn. This current may be as high as twice the rated current of the lamp. The over-current profile of the semiconductor contactor shall permit this value of current (AC-55a).

c) High-pressure sodium vapour lamps (without power-factor correction) draw an inductive current of approximately 1,7 to 2,2 times their rated current for 5 min to 10 min before achieving their operational condition. The over-current profile of the semiconductor contactor shall permit this value of current (AC-55a).

d) Les lampes à vapeur de mercure à haute pression, et les lampes aux halogénures métalliques et à vapeur de sodium avec correction du facteur de puissance véhiculent des courants d'appels capacitifs transitoires élevés. Il convient que cela soit pris en compte dans la sélection de contacteurs à semiconducteurs pour de telles charges (AC-56b).

B.3 Commutation de lampes à incandescence

Les contacteurs à semiconducteurs peuvent être utilisés pour commuter des circuits d'éclairage incandescents souvent associés à la mise en circuit de courant transitoire élevé (AC-55b).

Les courts-circuits entre les spires dans les lampes à incandescence peuvent causer des surintensités importantes qui circulent à travers les appareils connectés en série. Ce phénomène est considéré comme une condition de court-circuit. La coordination entre le contacteur à semiconducteurs et le dispositif de protection contre les courts-circuits (pouvant être incorporé dans la lampe) est couvert par 8.2.5.

B.4 Commutation de transformateurs

Les contacteurs à semiconducteurs avec commutation contrôlée à une valeur définie et une rampe croissante spéciale peuvent être utilisés pour optimiser la commutation des charges à transformateur (limitation de l'impulsion), car des appels de courant transitoire élevé associés à la mise en circuit de transformateurs sont fortement dépendants de l'angle de la phase de la tension appliquée à l'instant où le courant commence à circuler.

B.5 Commutation de bancs de condensateurs

L'amplitude et la fréquence des courants transitoires ne sont pas seulement déterminées par la capacité de la charge, mais aussi par les réactances dans le circuit associé et les lignes d'alimentation ainsi que par le point sur la forme d'onde de la tension alternative appliquée auquel le courant commence à circuler. Dans le cas de bancs de condensateur (par exemple d'un système de correction du facteur de puissance), les condensateurs déjà dans le circuit présentent une source d'énergie supplémentaire et peuvent se décharger dans la charge capacitive commutée via les conducteurs de liaison faiblement inductifs et l'appareillage de commutation (par exemple contacteur à semiconducteurs). Ces appels de courant élevé doivent être pris en compte dans le choix d'appareil à commutation (AC-56b).

En outre, il convient de prendre en compte ce souci en ce qui concerne la surtension (différence entre la tension des condensateurs et la tension d'alimentation).

d) High-pressure mercury vapour, metal halide and sodium vapour lamps with power-factor correction, draw high transient capacitive inrush currents. These should be taken into account when selecting semiconductor contactors for such loads (AC-56b).

B.3 Switching of incandescent lamps

Semiconductor contactors can be used to switch incandescent lighting circuits often associated with high switch-on transient currents (AC-55b).

Short circuits between filament turns in incandescent lamps can cause extreme overcurrents to flow through the series connected switching device. This phenomena is classified as a short-circuit condition. The coordination between the semiconductor contactor and the short-circuit protection device (possibly incorporated in the lamp) is covered by 8.2.5.

B.4 Switching of transformers

Semiconductor contactors with defined point switching and special ramp-up switching function may be used to optimize the switching of transformer loads (surge limitation), since the high transient inrush currents associated with the switching-on of transformers is strongly dependent on the phase angle of the applied voltage at the instant current begins to flow.

B.5 Switching of capacitor banks

The amplitude and frequency of transient switch-on currents are not only determined by the capacitance of the load but also by the reactances in the associated circuit and supply lines as well as the point on the wave form of the applied a.c. voltage at which current begins to flow. In the case of capacitor banks (for example of a power-factor correction system), capacitors already in circuit present an additional energy source and can discharge into the switched capacitive load via low inductance linking conductors and the item of switchgear (for example semiconductor contactor). These high-inrush currents shall be taken into account when selecting the switching device (AC-56b).

Moreover, care should be taken regarding the overvoltage (difference between the capacitor voltage and the supply voltage).

Annexe C

Disponible

60947-4-3 © IEC:1999

– 123 –

Annex C

Vacant

Annexe D (normative)

Prescriptions pour les essais d'émission rayonnée

D.1 Caractéristiques des gradateurs et contacteurs

Les circuits principaux d'un gradateur ou d'un contacteur comportent des semiconducteurs en série avec une charge autre qu'un moteur. L'action des semiconducteurs permet le passage d'une énergie soit fixe, soit variable de la source d'alimentation à la charge en ajustant les temps de conduction sur une ou plusieurs demi-périodes de l'alimentation. La fréquence fondamentale de l'alimentation transmise à la charge est identique à celle de l'alimentation présente sur les bornes principales du gradateur. Ce n'est pas la fonction d'un gradateur de convertir l'énergie électrique d'une forme en une autre.

Pour les besoins de la présente annexe, un gradateur est considéré comme comprenant les constituants suivants:

- les circuits principaux comprenant les éléments de commutation à semiconducteurs au travers desquels l'énergie est communiquée à la charge;
- les circuits de contrôle, qui incluent tous les composants où les fonctions de contrôle sont générées;
- les circuits auxiliaires, qui réalisent des fonctions telles les liaisons numériques de communication et les systèmes de transmission par les lignes de puissance.

D.2 Emissions rayonnées

D.2.1 Circuits principaux de puissance

D.2.1.1 Mode pleine conduction

Dans le mode pleine conduction, les formes d'onde de la tension et du courant de la charge sont virtuellement sinusoïdales et à la fréquence de l'alimentation. Etant donné qu'il ne peut pas y avoir d'harmoniques d'ordre plus élevé, lorsque la forme d'onde est sinusoïdale, l'essai d'émission aux fréquences radioélectriques des circuits de puissance n'est pas requis lors du fonctionnement en mode pleine conduction.

D.2.1.2 Mode conduction contrôlée

La seule source d'énergie aux fréquences radioélectriques des circuits de puissance d'un gradateur est l'énergie requise pour commuter le semiconducteur de puissance de l'état conducteur à l'état non conducteur et vice versa. La nature de la commutation est de s'assurer que le courant est à zéro ou au voisinage de zéro lorsque la commutation s'effectue (par exemple commutation naturelle); l'énergie de commutation est très faible et la possibilité de générer des émissions RF est aussi très faible. En conséquence,

- l'aptitude à générer des émissions aux fréquences radioélectriques n'est pas reliée au niveau de courant présent dans les circuits de puissance à l'état de pleine conduction et est indépendante de la valeur du courant assigné I_e ;
- aucun essai de rayonnement des circuits principaux n'est requis.

D.2.2 Circuits de commande et auxiliaires

Pour les circuits de commande et auxiliaires les règles suivantes s'appliquent.

Annex D **(normative)**

Requirements for radiated emission testing

D.1 Characteristics of controllers and contactors

The main circuits of controllers and contactors include semiconductors in series with a non-motor load. The action of the semiconductors allows either a fixed or variable amount of energy to pass from the supply to the load by regulating the conduction periods during one or more half-periods of the supply. The fundamental frequency of the supply fed to the load is the same as that of the supply to the main terminals of the controller. The controller does not convert electrical energy from one form to another as part of its process.

For the purposes of this annex, a controller is considered as comprising the following constituent assemblies:

- the main circuits, which include the semiconductor switching elements through which energy is imparted to the load;
- the control circuits, which include all the necessary components where control functions are generated;
- the auxiliary circuits, which perform functions such as digital communication links and power-line carrier systems.

D.2 Radiated emissions

D.2.1 Main power circuits

D.2.1.1 FULL-ON mode

In the FULL-ON mode, the voltage and current waveforms to the load are virtually sinusoidal and are at the supply frequency. Since higher order harmonics cannot exist where the waveform is sinusoidal, RF emission testing of the power circuits is not required during operation in the FULL-ON mode.

D.2.1.2 Phase control mode

The only source of RF energy within the power circuits of a controller is the energy required to switch the power semiconductor from a conducting state to a non-conducting state and vice versa. The nature of the switching is to ensure that the current will always be at or near zero whenever switching occurs (for example naturally commutated), the switching energy is very small and the capability to generate RF emissions is also very small. Therefore,

- the ability to generate RF emissions is not related to the amount of current present in the power circuits in the FULL-ON state and is independent of the value of rated current I_N ;
- no radiation testing of the main circuits is required.

D.2.2 Control and auxiliary circuits

For control and auxiliary circuits the following rules apply.

Ils peuvent être considérés séparément des circuits de puissance.

Comme indiqué dans le CISPR 14 pour des dispositifs semblables, l'expérience a montré que dans les gradateurs, l'énergie de perturbation est principalement rayonnée par les conducteurs externes connectés au gradateur. En conséquence, pour les besoins de cette norme, les possibilités de perturbation d'un gradateur doivent être définies comme la puissance à haute fréquence qu'il peut fournir à ces conducteurs.

Les circuits qui génèrent ou fonctionnent avec des formes d'onde sinusoïdales doivent être essayés si la plus haute fréquence fondamentale concernée est 30 MHz ou plus.

Si aucun conducteur connecté à une borne des circuits de commande ou auxiliaire ne contient un composant dont la puissance est supérieure à 18 nW (classe d'appareils A) ou 2,0 nW (classe d'appareils B) à toute fréquence supérieure ou égale à 30 MHz, aucun essai n'est requis (voir annexe E).

They may be considered separately from the power circuits.

As stated in CISPR 14 for similar devices, experience has shown that in controllers the disturbing energy is mostly radiated by the external leads connected to the controller. Therefore, for the purposes of this standard, the disturbing capability of a controller shall be defined as the high-frequency power it can supply to those leads.

Circuits that generate or operate with sinusoidal waveforms shall be tested if the highest fundamental frequency involved is 30 MHz or greater.

If none of the wires connected to a control or auxiliary circuit terminal contain a component of power which is greater than 18 nW (equipment class A) or 2,0 nW (equipment class B) at any frequency of 30 MHz or greater, no testing is required (see annex E).

Annexe E (informative)

Méthode de conversion des limites d'émission rayonnée du CISPR 11 en puissance transmise équivalente

A partir de principes bien connus et établis, comme la théorie de la réciprocité de Lorentz, la puissance transmise P_T , nécessaire pour atteindre l'intensité de champ définie par le CISPR 11, peut être calculée à partir de

$$P_T = E^2 d^2 / 30 G$$

où

P_T est la puissance transmise en watts (W);

E est l'intensité du champ électromagnétique en volts par mètre (V/m);

G est le gain de l'antenne (pour un dipôle idéal demi-onde $G = 1,64$);

d est la distance entre les antennes de transmission et de réception en mètres (m).

Pour $d = 30$ m et $E = 31,6 \mu\text{V/m}$ (30 dB $\mu\text{V/m}$), $P_T = 18$ nW

Pour $d = 10$ m et $E = 31,6 \mu\text{V/m}$ (30 dB $\mu\text{V/m}$), $P_T = 2$ nW

De cela, il peut être conclu que lorsqu'un dipôle idéal demi-onde est correctement connecté à n'importe quelle source qui peut générer 18 nW ou 2 nW, l'intensité du champ d'émission rayonnée sera conforme aux limites spécifiées par le CISPR 11 pour les appareils de classe A ou B, respectivement.

Annex E (informative)

Method of converting CISPR 11 radiated emission limits to transmitted power equivalents

From well-known and established principles including the Lorentz Theory of Reciprocity, the transmitted power P_T , necessary to achieve the field strength specified by CISPR 11 can be calculated from:

$$P_T = E^2 d^2 / 30 G$$

where

P_T is the transmitted power in watts (W);

E is the electromagnetic field strength in volts per metre (V/m);

G is the gain of the antenna (for an ideal half-wave dipole, $G = 1,64$);

d is the distance between the transmitting and receiving antennae in metres (m).

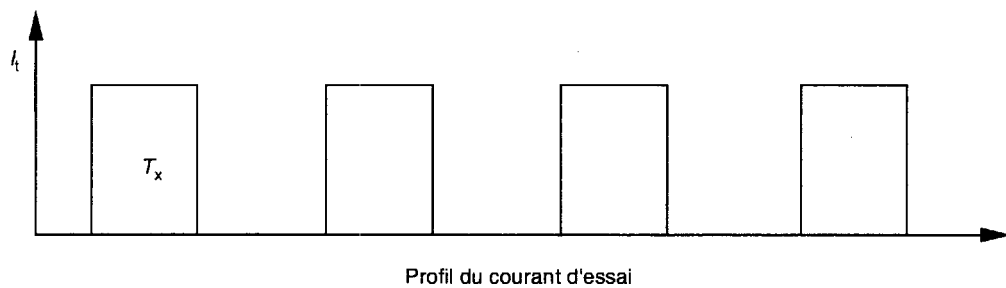
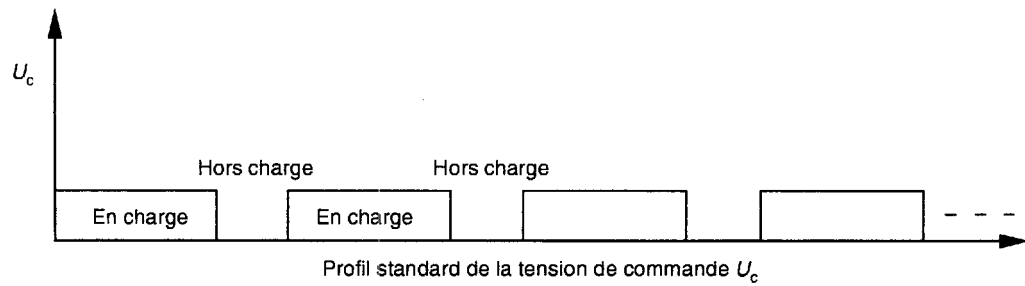
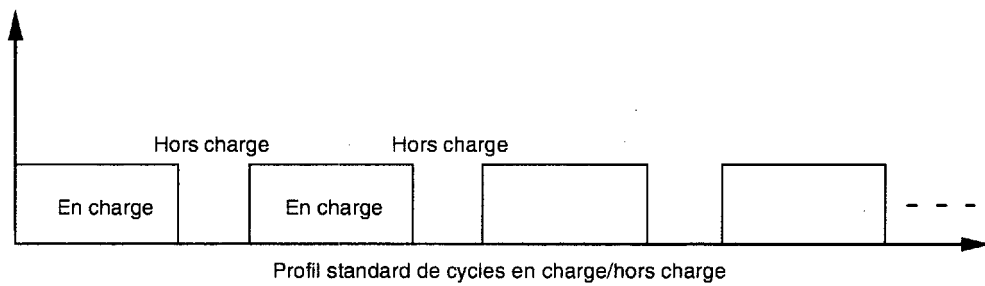
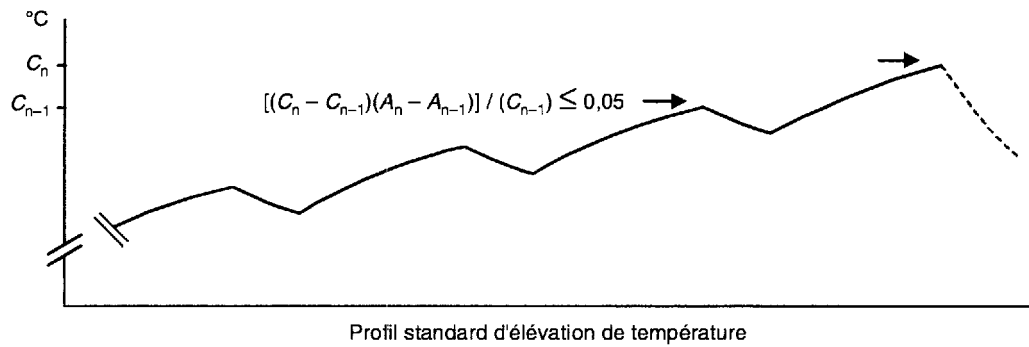
For $d = 30$ m and $E = 31,6 \mu\text{V/m}$ (30 dB $\mu\text{V/m}$): $P_T = 18$ nW

For $d = 10$ m and $E = 31,6 \mu\text{V/m}$ (30 dB $\mu\text{V/m}$): $P_T = 2$ nW

From this it can be concluded that when an ideal half-wave dipole is properly connected to any source transmitter that can generate 18 nW or 2 nW, the radiated emission field strength would equal the limits specified by CISPR 11 for class A and class B equipment, respectively.

Annexe F (informative)

Aptitude au fonctionnement

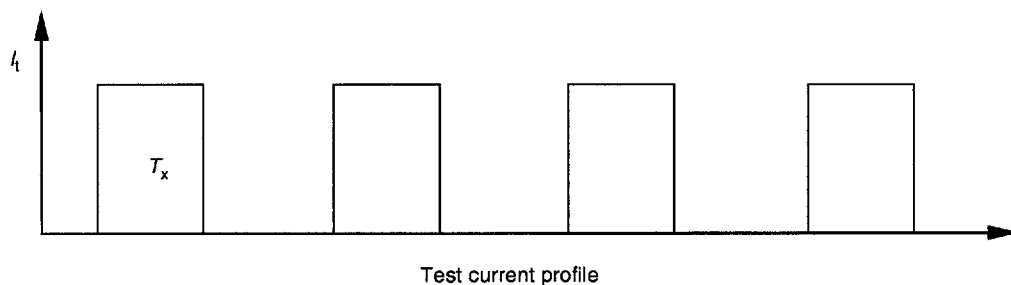
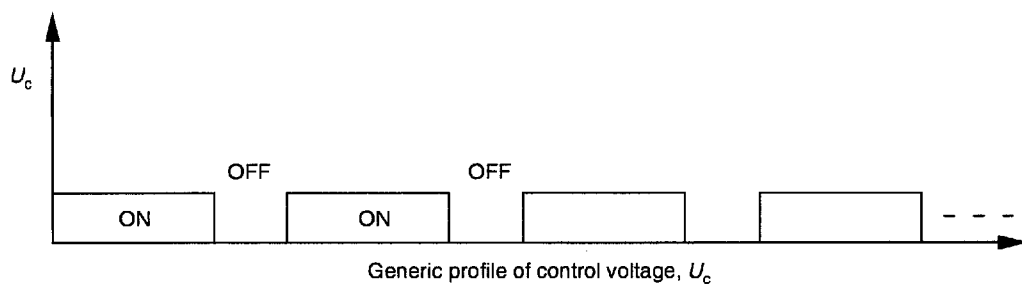
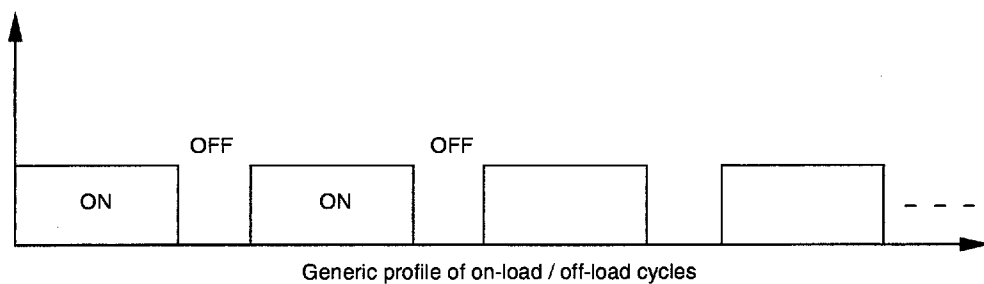
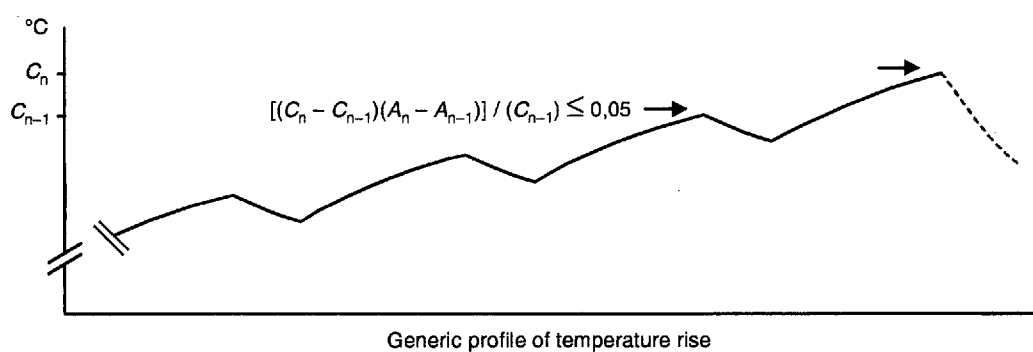


IEC 1212/99

Figure F.1 – Profil d'essai de stabilité thermique

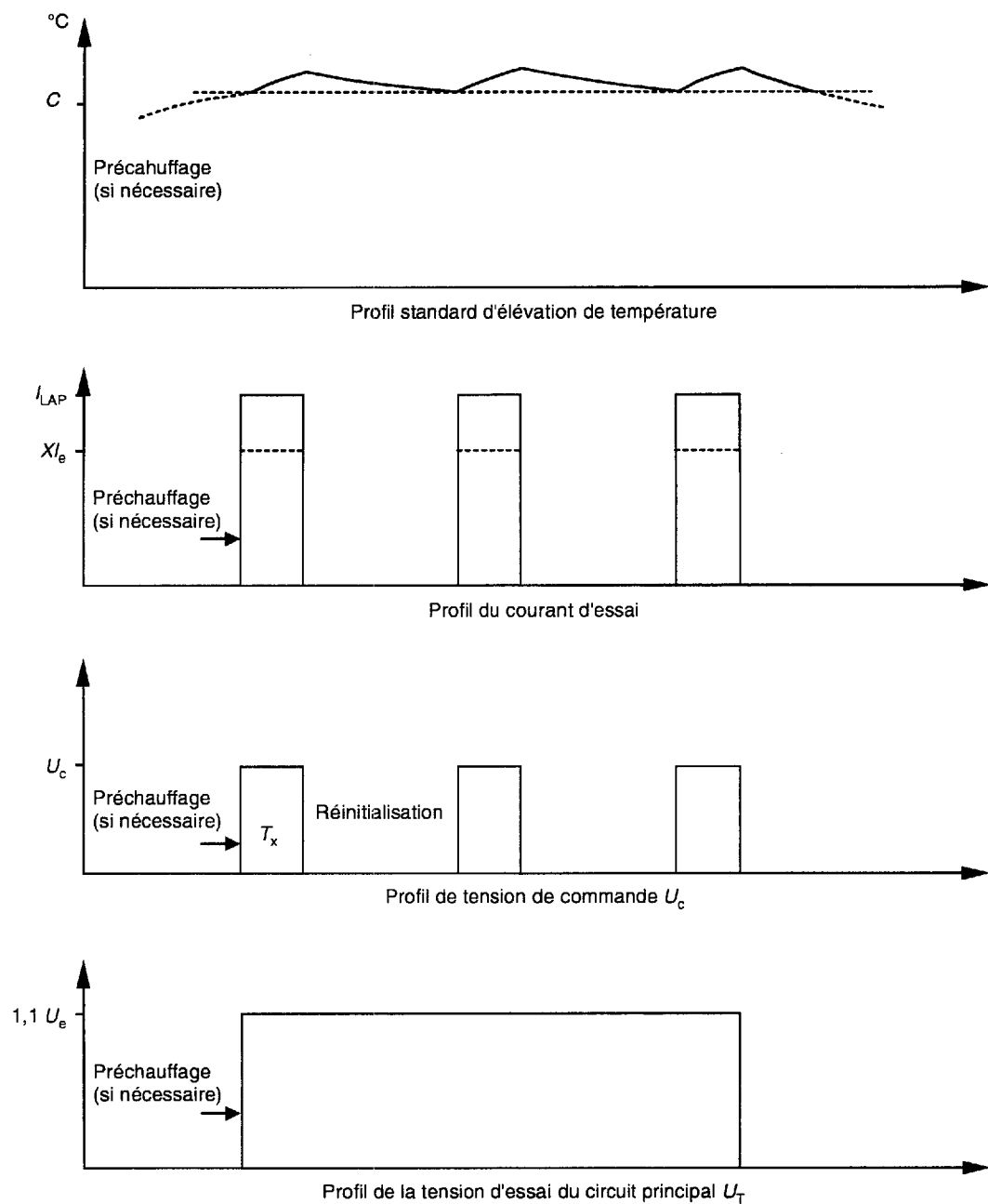
Annex F (informative)

Operating capability



IEC 1212/99

Figure F.1 – Thermal stability test profile



IEC 1213/99

Figure F.2 – Profil d'essai de capacité de surcharge

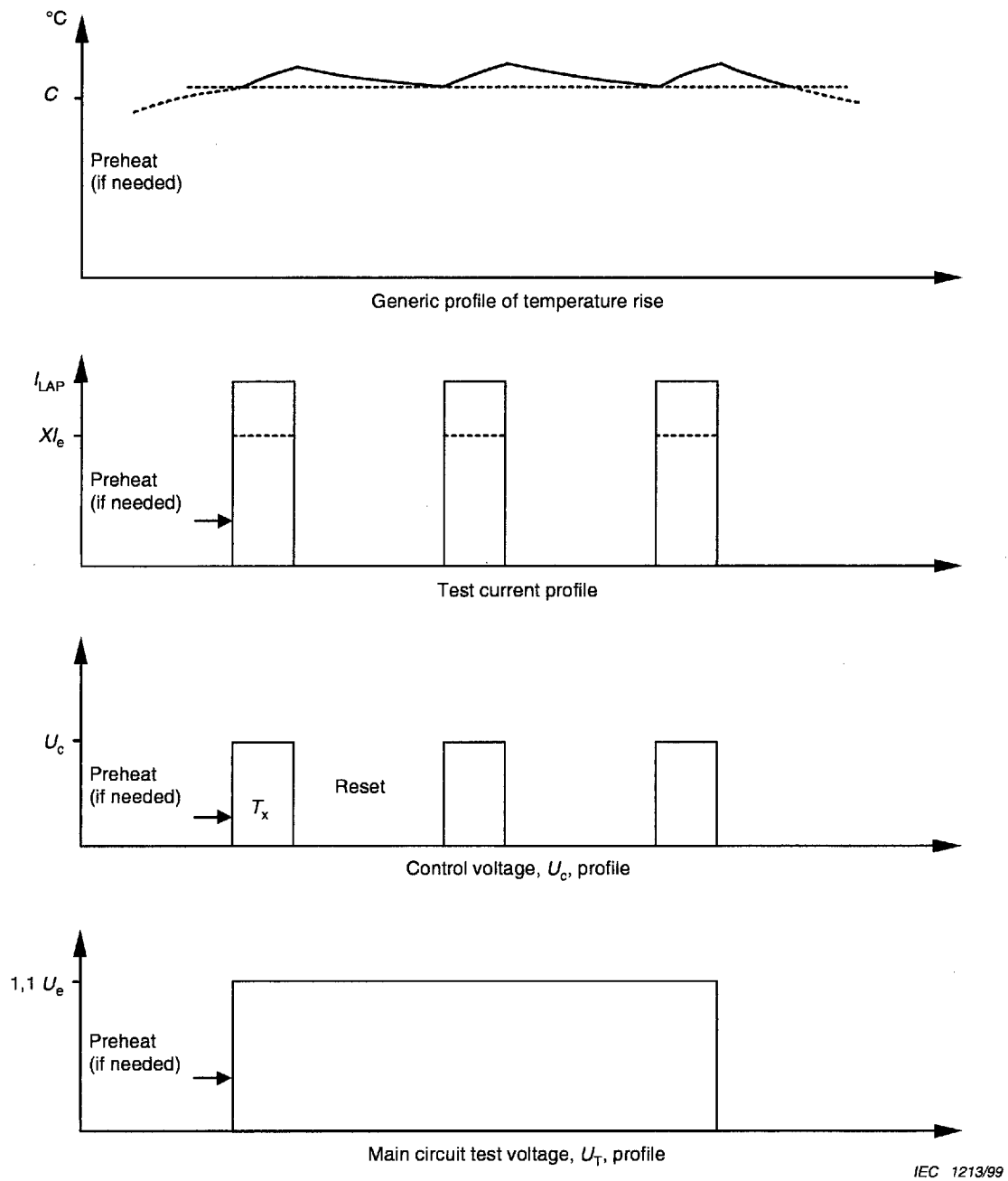


Figure F.2 – Overload capability test profile

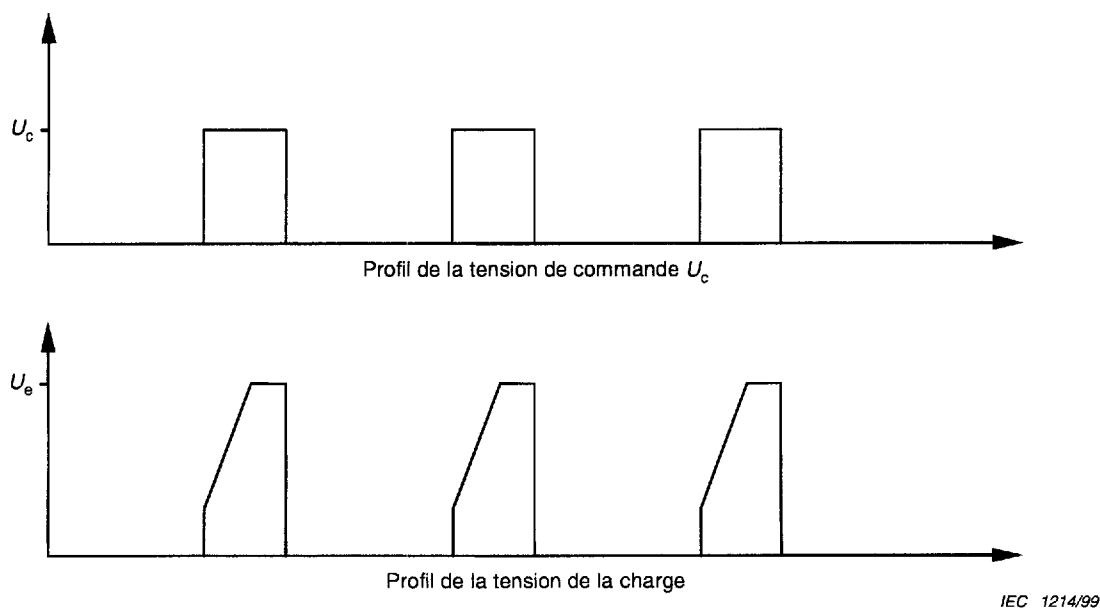


Figure F.3 – Profil d'essai de capacité de blocage et d'aptitude à la commutation

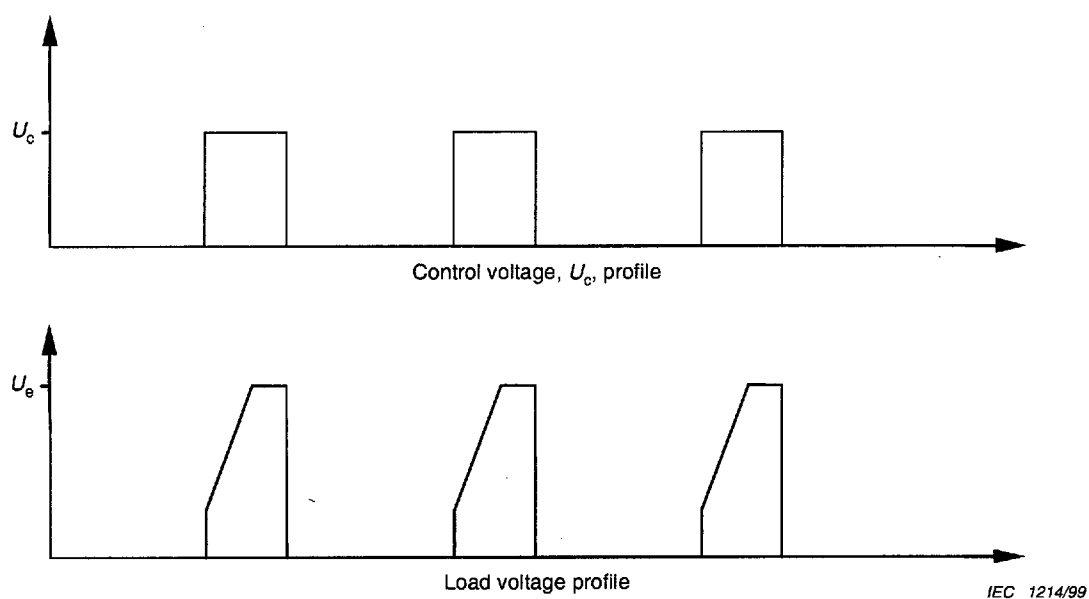


Figure F.3 – Blocking and commutating capability test profile

Annexe G (informative)

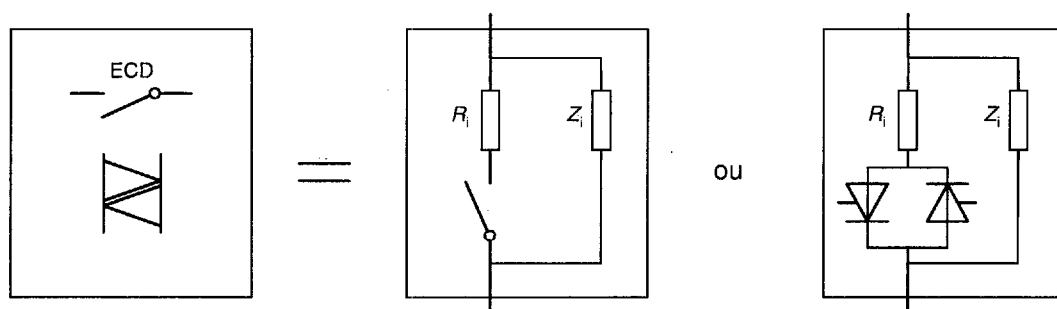
Exemples de configuration de circuits de commande

G.1 Appareil externe de commande (ECD)

G.1.1 Définition d'un ECD

Tout élément externe qui sert à agir sur la commande du gradateur.

G.1.2 Représentation schématisque d'un ECD



IEC 1215/99

G.1.3 Paramètres d'un ECD

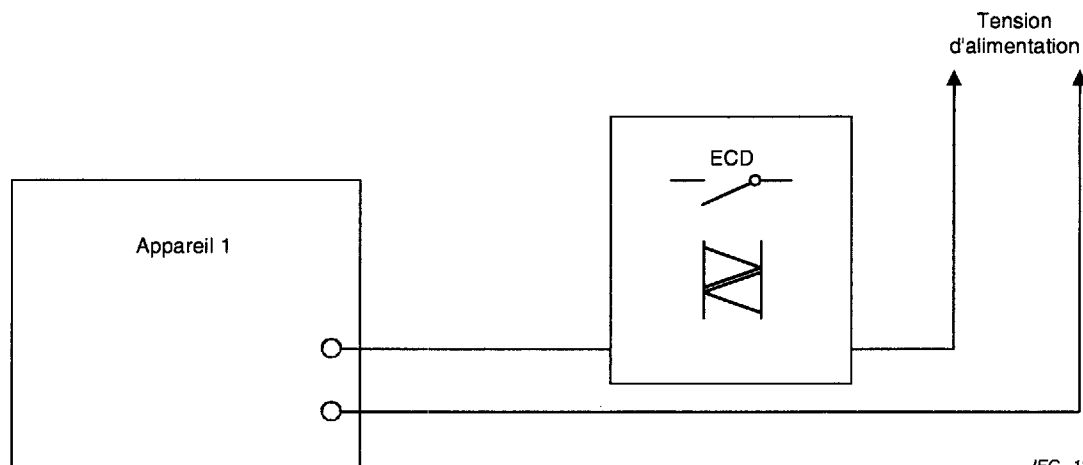
- R_i : résistance interne
- Z_i : impédance interne de fuite

NOTE – Dans le cas où un ECD est un bouton poussoir mécanique, R_i est souvent négligée et Z_i prise égale à ∞ .

G.2 Configurations du circuit de commande

G.2.1 Gradateurs avec alimentation de commande externe

G.2.1.1 Entrée unique d'alimentation et de commande



IEC 1216/99

Annex G (informative)

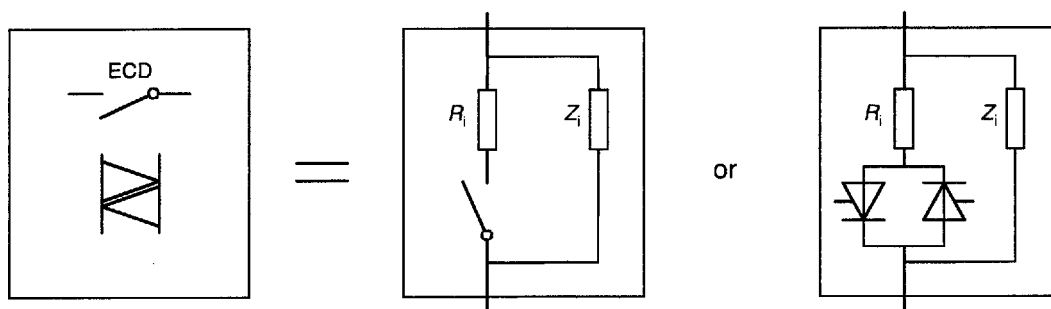
Examples of control-circuit configurations

G.1 External control device (ECD)

G.1.1 Definition of an ECD

Any external element which serves to effect the control of the controller.

G.1.2 Diagrammatic representation of an ECD



IEC 1215/99

G.1.3 Parameters of an ECD

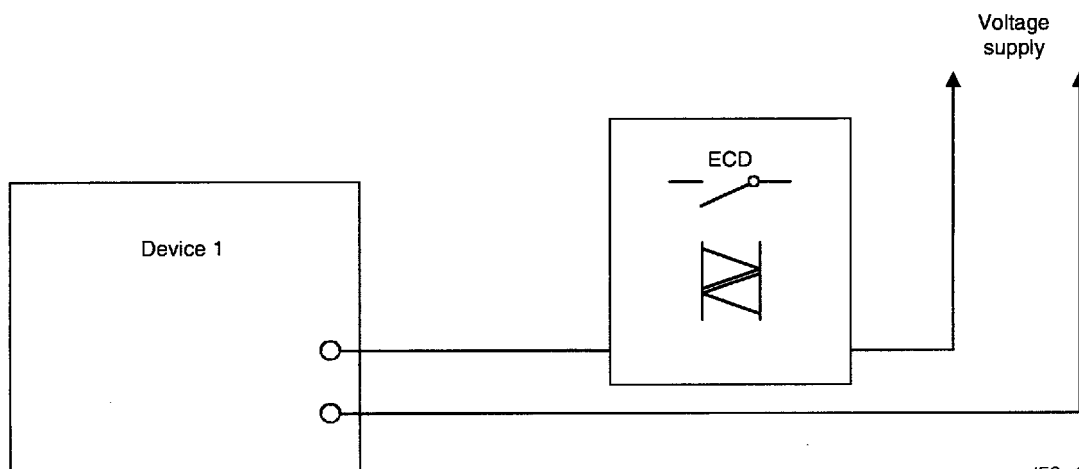
- R_i : internal resistance
- Z_i : internal leakage impedance

NOTE – In the case where ECD is a mechanical push button, R_i is often neglected and Z_i is often taken as ∞ .

G.2 Control-circuit configurations

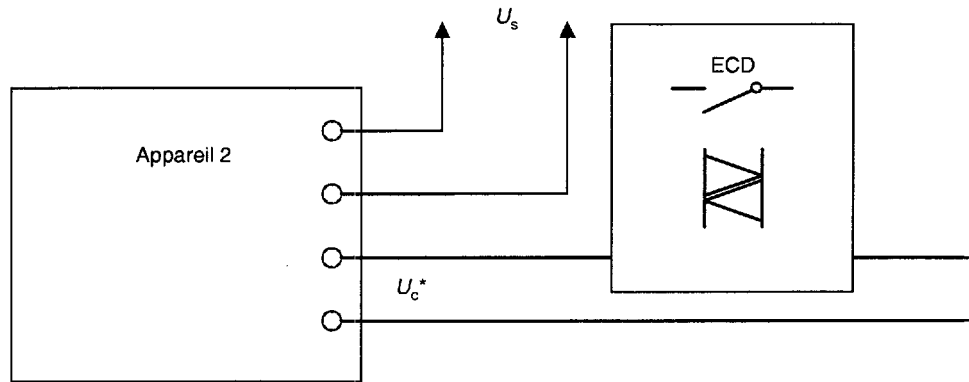
G.2.1 Controllers with external control supply

G.2.1.1 Single supply and control input



IEC 1216/99

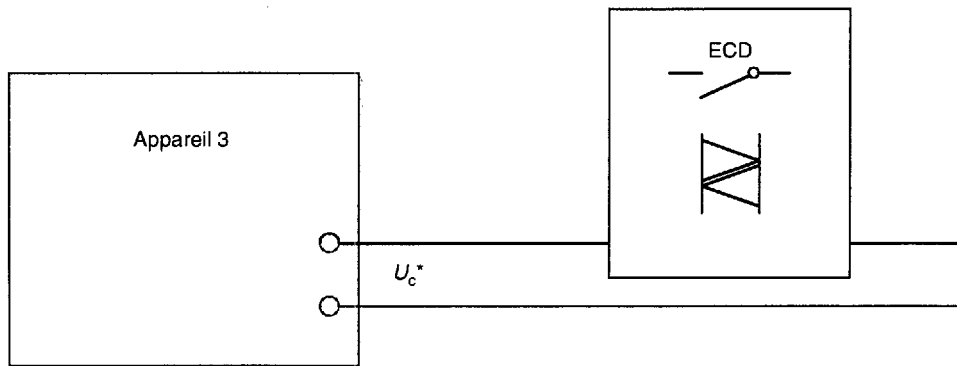
G.2.1.2 Entrées d'alimentation et de commande séparées



* à l'état ouvert

IEC 1217/99

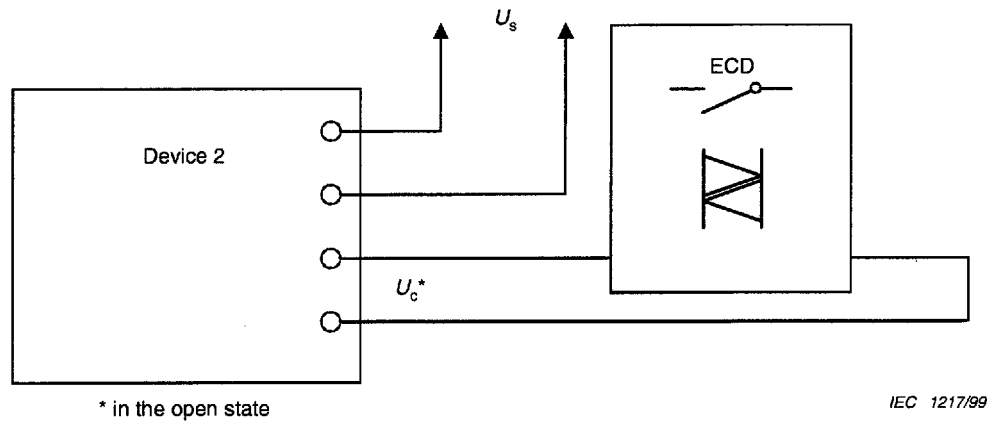
G.2.2 Gradateurs avec alimentation de commande interne et seulement une entrée de commande



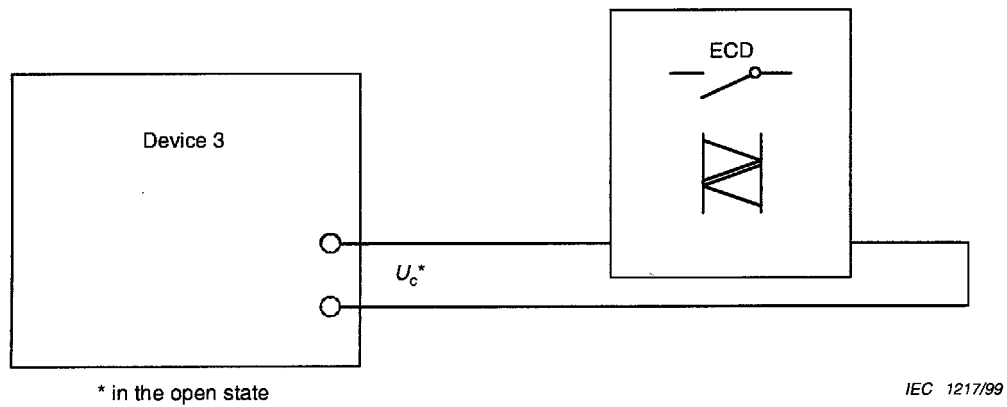
* à l'état ouvert

IEC 1217/99

G.2.1.2 Separate supply and control inputs



G.2.2 Controllers with an internal control supply and only one control input



Annexe H (informative)

Points faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur

NOTE – Dans le cadre de cette annexe,

- le mot accord s'entend dans un sens très large;
- le mot utilisateur comprend les stations d'essais.

L'annexe J de la CEI 60947-1 s'applique en ce qui concerne les articles et les paragraphes auxquels se réfère la présente norme, avec les compléments suivants:

Numéro d'article ou de paragraphe de la présente norme	Point
5.3.4.6, note	Autres valeurs de S et/ou F qui peuvent être déclarées par le constructeur
5.4	Types d'emploi autres que les catégories d'emploi définies au tableau 2
5.6	Caractéristiques inhabituelles de fonctionnement de fonctions ou circuits auxiliaires
7.1.1, note	Matériel destiné à être utilisé dans des températures ambiantes supérieures à 40 °C
7.1.2, note	Matériel destiné à être utilisé à des altitudes supérieures à 1 000 m
8.2.4.1	Vérification de la capacité de surcharge des gradateurs dont XI_e est supérieur à 1 000 A
Table 7	Résultats pour la vérification de l'aptitude au blocage et à la commutation: perte de fonctionnalité tel que spécifié par le constructeur
8.3.1	Prescriptions CEM: a) responsabilité du réalisateur du système (utilisateur) de s'assurer que le système satisfait aux prescriptions de toutes les règles et règlements qui lui sont applicables au niveau des systèmes b) prescriptions CEM pour les très gros matériels
8.3.3.1	Immunité: Lieux où peuvent survenir de sévères perturbations extérieures (il convient de consulter le constructeur)
8.3.3.3	Vérification de l'immunité dans la plage de 80 MHz à 1 000 MHz
9.3.1, notes 1 and 2	Nombre d'échantillons pour les séquences d'essais (accord du constructeur)
9.3.3.6.3	Instructions pour équiper l'EUT avec des dispositifs spéciaux pour satisfaire à la mesure de tension
9.3.5	Essais CEM: a) catégorie d'emploi pour les essais b) description fonctionnelle et définition des limites de spécification pour les critères d'acceptation (à fournir par le constructeur) c) conditions de conduction minimale (à choisir par le constructeur)
9.3.5.2	Essai d'immunité CEM: essai d'un échantillon unique représentatif (comme indiqué par le constructeur)
9.3.5.2.2	Instructions indiquant les précautions à prendre en cas d'ouverture d'une enveloppe métallique spécifique pour la CEM (à fournir par le constructeur)

Annex H (informative)

Items subject to agreement between manufacturer and user

NOTE – For the purpose of this annex,

- agreement is used in a very wide sense;
- user includes testing stations.

Annex J of IEC 60947-1 applies, as far as it is covered by clauses and subclauses of this standard, with the following additions:

Clause or subclause number of this standard	Item
5.3.4.6, note	Other values of S and/or F may be declared by the manufacturer
5.4	Types of utilization other than the utilization categories defined in table 2
5.6	Unusual performance features of auxiliary functions or auxiliary circuits
7.1.1, note	Equipment to be used at ambient air temperature above 40 °C
7.1.2, note	Equipment to be used at altitude higher than 1 000 m
8.2.4.1	Verification of the overload capability for controllers with an XI_e greater than 1 000 A
Table 7	Results for the verification of blocking and commutating capability: loss of functionality as specified by the manufacturer
8.3.1	EMC requirements: a) responsibility of the system integrator (user) that systems comply with rules and regulations applicable at the systems level b) EMC requirements for very large items of equipment
8.3.3.1	Immunity: Locations with severe external influences (the manufacturer should be consulted)
8.3.3.3	Verification of immunity in the range of 80 MHz to 1 000 MHz
9.3.1, notes 1 and 2	Number of samples for the test sequences (agreement of the manufacturer)
9.3.3.6.3	Instructions for fitting the EUT with special features to comply with the voltage measurement
9.3.5	EMC tests: a) utilization category for testing b) functional description and definition of specification limits for the acceptance criteria (to be provided by the manufacturer) c) condition of minimum conduction (to be chosen by the manufacturer)
9.3.5.2	EMC immunity test: test of a single representative sample (as specified by the manufacturer)
9.3.5.2.2	Instructions specifying the precautions to be taken when specific purpose EMC metallic enclosure is to be opened (to be provided by the manufacturer)



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland

**Enquête sur les normes**

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ☐
bibliothécaire ☐
chercheur ☐
ingénieur concepteur ☐
ingénieur sécurité ☐
ingénieur d'essais ☐
spécialiste en marketing ☐
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ☐
comme consultant ☐
pour un gouvernement ☐
pour un organisme d'essais/
certification ☐
dans un service public ☐
dans l'enseignement ☐
comme militaire ☐
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ☐
une recherche de produit ☐
une étude/développement de produit ☐
des spécifications ☐
des soumissions ☐
une évaluation de la qualité ☐
une certification ☐
une documentation technique ☐
une thèse ☐
la fabrication ☐
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ☐
à peu près ☐
assez bien ☐
parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ☐
la norme est incomplète ☐
la norme est trop théorique ☐
la norme est trop superficielle ☐
le titre est équivoque ☐
je n'ai pas fait le bon choix ☐
autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun
qualité de la rédaction.....
contenu technique
disposition logique du contenu
tableaux, diagrammes, graphiques,
figures
autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

uniquement le texte français ☐
uniquement le texte anglais ☐
les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ISBN 2-8318-4926-8



9 782831 849263

ICS 29.130.20; 31.180

Typeset and printed by the IEC Central Office

GENEVA, SWITZERLAND