

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Railway applications – Fixed installations – DC switchgear –
Part 2: DC circuit-breakers**

**Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu –
Partie 2: Disjoncteurs en courant continu**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Railway applications – Fixed installations – DC switchgear –
Part 2: DC circuit-breakers**

**Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu –
Partie 2: Disjoncteurs en courant continu**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1555-5

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

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Railway applications – Fixed installations – DC switchgear –
Part 2: DC circuit-breakers**

**Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu –
Partie 2: Disjoncteurs en courant continu**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions.....	6
4 Service requirements.....	6
5 Characteristics of the circuit-breaker	6
5.1 Enumeration of the characteristics.....	6
5.2 Type of circuit-breaker	7
5.3 Rated values and limit values for the main circuit	9
5.4 Control circuits	12
5.5 Auxiliary contacts and circuits	12
5.6 Releases	13
5.7 Arc voltage	13
6 Construction	14
6.1 General.....	14
6.2 Materials	14
6.3 Arcing contacts	14
6.4 Clearances and creepage distances	14
6.5 Primary connections.....	14
6.6 Location of the primary connections	14
6.7 Earthing terminal	14
6.8 Manual operation for maintenance.....	15
6.9 Circuit-breaker enclosures.....	15
6.10 Temperature-rises	15
6.11 Dielectric strength	15
6.12 Electrical and mechanical endurance	15
6.13 Operation	16
6.14 Corrosion protection	16
6.15 Noise emission.....	17
6.16 Cooling.....	17
6.17 Servo-control (where applicable)	17
6.18 Other facilities	17
7 Information and marking	17
7.1 Information	17
7.2 Marking	17
8 Tests	18
8.1 General.....	18
8.2 Applicable tests and test sequence	18
8.3 Performance of tests	19
Annex A (informative) Information required	28
Annex B (normative) AC short-circuit test method	31
Bibliography.....	35

Figure B.1 – Test circuit.....	31
Figure B.2 – Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test.....	32
Figure B.3 – Making phase angle (current waveform).....	33
Figure B.4 – Method of measuring the circuit inductance L	34
Table 1 – Shortened type designation	9
Table 2 – Circuit-breaker duties	11
Table 3 – Test duty cycles	11
Table 4 – List of applicable tests and sequence	19
Table 5 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr	26
Table 6 – Limits of the cut-off current of C circuit-breakers during maximum fault test	8
Table 7 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –
DC SWITCHGEAR –****Part 2: DC circuit-breakers****FOREWORD**

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

This Consolidated version of IEC 61992-2 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2006-02) [documents 9/887/FDIS and 9/909/RVD] and its amendment 1 (2014-04) [documents 9/1791/CDV and 9/1851/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61992-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

- all requirements applying to more than one part of the IEC 61992 series are now specified in Part 1 and consequently the related clauses in this part of the series now make reference to Part 1;
- specification of the characteristics of the circuit-breaker has been improved.

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

IEC 61992 consists of the following parts, under the general title *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear*:

- Part 1: General
- Part 2: DC circuit-breakers
- Part 3: Indoor d.c. disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches
- Part 4: Outdoor d.c. disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches
- Part 5: Surge arresters and low-voltage limiters for specific use in d.c. systems
- Part 6: DC switchgear assemblies
- Part 7-1: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Application guide
- Part 7-2: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Isolating current transducers and other current measuring devices
- Part 7-3: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Isolating voltage transducers and other voltage measuring devices

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

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

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

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – DC SWITCHGEAR –

Part 2: DC circuit-breakers

1 Scope

This part of IEC 61992 specifies requirements for d.c. circuit-breakers for use in fixed installations of traction systems.

NOTE Switchgear assemblies, electromagnetic compatibility (EMC) and dependability are not covered in this standard, but by other parts of this standard or by other standards, as indicated in IEC 61992-1.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60850:2000, *Railway applications – Supply voltage of traction systems*

IEC 61992-1:2006+ A1:2014, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 1: General*

IEC 61992-6:2006, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 6: DC switchgear assemblies*

EN 50124-1:2001, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for electrical and electronic equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61992-1 apply.

4 Service requirements

Environmental conditions applicable to the equipment discussed in this standard are covered in 4.1 of IEC 61992-1.

5 Characteristics of the circuit-breaker

5.1 Enumeration of the characteristics

The characteristics of a circuit-breaker and its assigned designations and values (where applicable) are covered below as follows:

- type of circuit-breaker (5.2);
- rated values and limit values of the main circuit and short-circuit characteristics (5.3);
- control circuits (5.4);
- auxiliary circuits (5.5);

- releases (5.6);
- arc voltages (5.7).

5.2 Type of circuit-breaker

A circuit-breaker is defined by the following details, as applicable.

NOTE 1 As far as applicable, the following requirements also apply to single-pole circuit-breakers electrically or mechanically interlocked in multiple systems.

a) Interruption:

- in air;
- via a semiconductor;
- in vacuum bulb.

NOTE 2 In this standard, only interruption in air or via a semiconductor is addressed. This standard may be used for other specified interrupting media, as far as applicable, where clearly specified by mutual agreement between purchaser and supplier.

b) Breaking characteristics (class designation):

1) circuit-breakers without intended limitation of current rise during maximum fault test

- high speed current limiting circuit-breaker H;

the H circuit-breaker has an opening time not greater than 5 ms and a total break time not greater than 20 ms, when the current to be interrupted has a prospective sustained value of at least 7 times the circuit-breaker setting and

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 5 \text{ kA/ms}$$

- very-high speed current limiting circuit-breaker V;

the V circuit-breaker ~~in which the opening time is~~ has a total break time not greater than 2 ms, irrespective of the other parameters of the circuit;

- semi-high speed circuit-breaker S;

the S circuit-breaker has an opening time not greater than 15 ms and a total break time not greater than 30 ms, when the current to be interrupted has a prospective sustained value of at least 3,5 times the circuit-breaker setting and

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 17 \text{ kA/ms}$$

2) circuit-breakers with intended limitation of current rise during maximum fault test

- cut-off current limiting circuit-breaker C;

the C circuit-breaker limits the cut-off current before the short-circuit current to be interrupted reaches its maximum value; the C circuit breaker can be an air circuit breaker or a hybrid circuit breaker;

Table 6 gives the maximum values of the cut-off current depending on the preferred values of rated short-circuit current together with the maximum allowable value of initial current rise;

Table 6 applies to C circuit-breakers for nominal voltages up to and including 1 500 V.

Table 6 – Limits of the cut-off current of C circuit-breakers during maximum fault test

Short circuit current characteristics			Maximum cut-off current	
Rated short-circuit current	Initial rate of rise	Circuit time constant	Class C1	Class C2
I_{Nss}				
kA	kA/ms	ms	kA	kA
20	1,5	13,3	15	17
50	3	16,7	25	30
75	10	7,5	50	60
100	10	10,0	55	70

Smoothing reactors should be installed for substations in order to realize an initial rate of rise equal to or less than the applicable value given in Table 6.

c) Use (installation point) in the system:

- interconnector circuit-breaker I (also called bus-section or section circuit-breaker);
- line circuit-breaker L;
- rectifier circuit-breaker R.

d) Current interruption direction:

- unidirectional U;
- fitted with a series unidirectional release U_1 ;
- fitted with a series bidirectional release U_2 ;

NOTE 3 U_2 circuit-breakers are used for application where the reverse fault current is low (distant fault current) and cannot operate the overload protection for normal discrimination purposes (i.e. substations where adjacent substations are a far distance away).

- bidirectional B.

e) Duty of the main circuit

NOTE 4 To be specified when different from 5.3.4.2 and Table 2.

f) Actuating of the closing and opening operations:

- stored energy operation;
- independent manual operation;
- independent power operation;
- use of magnet;
- type of automatic tripping due to a release or relay;
- interlocks for opening and/or closing operations;
- trip-free provision;
- anti-pumping device.

g) Relay or release type:

- type of the relay(s) or release(s) involved.

h) Provision of an enclosure:

- without provision of an enclosure O (see 3.3.16 of IEC 61992-1);
- with provision of an integral enclosure E (see 3.3.17 of IEC 61992-1);
- with provision of a separate protection enclosure P.

The purchaser shall indicate which characteristics are to be present in the required circuit-breaker(s) and only those tests which relate to the chosen type are applicable to the selected type of circuit-breaker.

The above designations are used in this standard and may be used elsewhere adopting the conventional grouping as given in Table 1.

Table 1 – Shortened type designation

Items above	b)	c)	D d) ^a	H h) ^a
Options	H	I	U₁	O
	V	L	U₂	E
	S	R	B	P
	C			
Examples	H/L/B/E			
	V/I/P		S/R/O	
	H/R and L/U ₂ ^b			
NOTE When a circuit-breaker is not suitable to perform all duties as given in 5.3.4.2, this fact will be indicated by means of the lower case letter(s) designating actual capability according to Table 2, first column (for example, H1/I ff, fr/P).				
^a Optional designations.				
^b When a circuit-breaker is or shall be suitable for multiple alternate functions, the indication of these functions shall be preceded by an "and".				

Where semiconductor circuit-breakers are only designed for use in rectifier equipped substations, they shall be clearly so marked. If they may also be used as track paralleling circuit-breakers, when the substation rectifier circuit-breakers are out of service, they shall also be clearly so marked.

5.3 Rated values and limit values for the main circuit

5.3.1 General

The rated characteristic values shall be specified by the purchaser. Nominal voltage values shall be selected from the values indicated in Table 1 of IEC 61992-1; current values and track time constant (based on the track configuration which gives the largest track time constant) should have one of the preferred values listed in 5.1.2 of IEC 61992-1.

These values should be confirmed by the supplier, who should indicate the rated values for the type of circuit-breaker proposed and supply any other relevant data.

All these values shall be stipulated in accordance with 5.3.2 to 5.3.4. Definitions are given in IEC 61992-1. Some data may be omitted by agreement.

5.3.2 Voltages

A circuit-breaker is identified by the following voltages:

- system voltages and limits (see 3.2.1 and 5.1.3 of IEC 61992-1);
- nominal voltage U_n (see IEC 60850);
- rated voltage U_{Ne} (see 3.2.1.4 of IEC 61992-1);
- rated insulation voltage U_{Nm} (see 3.2.1.3 of IEC 61992-1). It shall be equal to or higher than U_{max} ;

- rated impulse withstand voltage U_{Ni} (see 3.2.1.7 of IEC 61992-1);
- power-frequency voltage withstand level (dry) U_a (see 3.2.1.8 and Table 1 of IEC 61992-1);
- maximum arc voltage (see 3.2.1.10 of IEC 61992-1);
- rated auxiliary and control supply voltages (see 3.2.1.5 of IEC 61992-1).

5.3.3 Currents

A circuit-breaker is defined by the following currents:

- conventional thermal current I_{th} , I_{the} (see 3.2.3 and 3.2.4 of IEC 61992-1);
- rated service current I_{Ne} (see 3.2.5 of IEC 61992-1);
- rated short-circuit current I_{Nss} (see 3.2.10 of IEC 61992-1);
- rated short-time withstand current I_{Ncw} (see 3.2.7 of IEC 61992-1);

NOTE 1 Short-time ratings only apply to circuit-breakers not fitted with series trip devices, or in a unidirectional device where a series trip is inoperative. In practice, this would apply to a rectifier circuit-breaker in the forward direction where a series trip only acts in the reverse direction.

NOTE 2 Rated short-time currents do not need to have the same value as the rated short-circuit current I_{Nss} .

- overload capability: the purchaser shall inform the supplier of the load cycle requirements (see 3.2.5, Note 2 of IEC 61992-1).

5.3.4 Short-circuit characteristics

5.3.4.1 Rated short-circuit breaking and making capacities

These values are defined in 3.2.19 and 3.2.23 of IEC 61992-1 and are associated with the rated voltage U_{Ne} , the rated service current I_{Ne} , the rated short-circuit current I_{Nss} , the rated track time constant T_{Nc} and the class designation H-~~or~~, V-~~or~~, S **or** C.

The rated short-circuit making capacity is the prospective peak value of the rated short-circuit current I_{Nss} (see 3.2.10 of IEC 61992-1).

A rated short-circuit breaking capacity requires the circuit-breaker to be able to interrupt any short-circuit current of a value lower than or equal to this rated breaking capacity at the circuit time constant stipulated.

A H, V and S circuit-breakers having a breaking capacity at a rated track time constant T_{Nc} is are capable of the same breaking capacity at all lower values of ~~track~~ circuit time constant T_c . For Type C circuit breakers the initial rate of rise shall not exceed the limits given in Table 6.

The prospective maximum short-circuit current is the sum of the prospective short-circuit currents from all sources connected to the system, including rectifier converters and regenerative trains.

When fixing the maximum short-circuit current and the above track time constant, Clause 5 of IEC 61992-1 shall be considered.

5.3.4.2 Duties and test duty cycles

The duties required of a circuit-breaker for each of the three uses are listed in Table 2. The test duty cycles applying to the duties are shown in Table 3.

NOTE Where the circuit-breaker chosen by the manufacturer or offered by the supplier has been designed with short-circuit breaking characteristics in excess of those actually required in the installation, it may be agreed between purchaser and supplier to perform additional tests in accordance with 8.3.8 for duties f) and/or e) and/or d) using the test current actually required. These tests may be performed either at a standard test duty cycle (duty 1-~~or~~, duty 2 **or** duty 3) or at an agreed duty cycle and may be repeated a number of times upon agreement between purchaser and supplier.

Table 2 – Circuit-breaker duties

Duty	Use	Conditions	Test current	Prospective peak	Time constant
f	L	Maximum fault	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
e	L ^a	Maximum energy	$0,5 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters	$0,5 \times T_{Nc}$
d	L	Distant fault	$2 \times I_{Ne}$	By consequence of other circuit parameters	T_{Nc}
l	L	Low current	I_c	Not applicable	$\cong 0,01$ s
ff	l	Maximum fault forward	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
fr	l	Maximum fault reverse	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
lr	l R ^b	Forward low current after reverse short circuit	I_c	Not applicable	$\cong 0,01$ s
r	R	Maximum fault reverse with paralleled converters	I_{Nss}	$\geq 1,42 \times I_{Nss}$ ^c	
s	R	Short time current forward	I_{Ncw}	$\geq 1,42 \times I_{Ncw}$ ^c	
NOTE 1 For substations equipped with smoothing reactors of high value, the maximum energy condition may correspond to the maximum fault condition.					
NOTE 2 I_{Nss} is to be determined for each type of actual circuit situation. Therefore, I_{Nss} may be different for Line L, Interconnector I and Rectifier R circuit-breakers.					
^a The factor affecting both I_{Nss} and T_{Nc} for maximum energy fault position is taken for practical reasons as 0,5. For low values of T_{Nc} , see Table 2 of IEC 61992-1.					
^b R only when explicitly required by the purchaser.					
^c The coefficient is 1 with regard to the C circuit-breaker.					

Table 3 – Test duty cycles

Duty	Breaking characteristics	Test cycle	
f, e, d ^a Duty 1 Duty 2	H,V,S ^a	Duty 1 Duty 2	O – 15 s – CO – 15 s – CO – 60 s – CO O – 7 s – CO – 10 s – CO – 60 s – CO
	C ^b	Duty 3	O – 10 s – CO ^c
ff, fr, r	H,V,S,C	O – 15 s – CO	
l, lr	H,V,S,C	10 times (O – 120 s – CO)	
s	H,V,S,C	Carrying for 0,25 s	
NOTE 1 O = opening operation; CO = closing operation.			
NOTE 2 First opening is made on a short circuit being established.			
^a The choice of Duty 1 or 2 is left to the purchaser. If no choice is made, then the duty cycle required is Duty 1.			
^b In the case of C, the test cycle of duty e and d are subject to agreement between purchaser and supplier.			
^c The standard duty is O – 10 s – CO. However, if AC short-circuit test method is applied, the duration between O and CO may be reduced to less than 10 s.			

Circuit-breakers designed to comply with more than one duty shall be fully tested for each duty; unless otherwise agreed between purchaser and supplier, these tests shall be carried out on a single circuit-breaker which may be maintained between duty cycles. Any further duty cycles on the same circuit-breaker shall not be performed unless a sufficient time to cool down the circuit-breaker components is allowed.

The tests shall be performed with the series overcurrent release set at the maximum setting, for example four times I_{Ne} , I_{th} or I_{the} for test duties f, e, ff, fr, and 0,5 times for test duties r and s.

For test duties d) and l), the circuit-breaker shall be set to trip when the sustained value is reached. For test duty d), when the track time constants are long, the trip shall be initiated at 0,15 s.

5.4 Control circuits

The control circuits are identified by the following characteristics as a minimum:

- the voltage of the control circuits;
- the kind of current (d.c. or a.c.);
- the current frequency, in case of an a.c. current.

The voltage of the supply source and its frequency are the values on which the performances, the thermal behaviour and the insulation characteristics are based.

Unless otherwise required, the voltage shall be in accordance with 5.2 of IEC 61992-1 and rated insulation voltage shall be in accordance with EN 50124-1.

The supply voltage shall be within a range between 85 % and 110 % of the voltage in accordance with 5.2 of IEC 61992-1.

Where the control voltage is the same as in the main circuit, the same variations as in the main circuit apply.

The manufacturer shall indicate the value(s) of the current drawn by the control circuits at the rated voltage. In the case of control circuits which draw current intermittently, the duration of the current flow shall be given.

5.5 Auxiliary contacts and circuits

Auxiliary circuits are mainly defined by the number of contacts provided, by their rating (thermal current and voltage) and by their characteristics (NO, NC or commutation). Unless otherwise required, the rated voltage shall be in accordance with 5.2 of IEC 61992-1, and the rated insulation voltage shall be in accordance with EN 50124-1.

The purchaser shall specify the minimum number of auxiliary contacts required.

The auxiliary wiring connected to a circuit at 1 000 V a.c. or at 1 500 V d.c. or above shall be physically separated from those connected to a circuit at a voltage below these limits.

For other characteristics of the auxiliary circuits, the requirements of 5.4 apply.

5.6 Releases

5.6.1 Type

Classification of the releases comprises

- series (direct or indirect) overcurrent releases,
- shunt releases,
- under-voltage releases,
- other releases.

5.6.2 Characteristics

The following requirements apply to direct or indirect releases which are part of the circuit-breaker.

A release may be instantaneous, time-lagged or time-dependant, or a combination of all three. Other characteristics are as follows:

a) for overcurrent (d.c.) releases:

- type (overcurrent direct or indirect);
- rated current;
- the setting current (or setting range);
- the direction of the main carrying current in the case of a unidirectional circuit-breaker;
- characteristics of the operating time which the release gives the circuit-breaker as a function of the rate of rise of the current.

The release shall be capable of withstanding this current under the test conditions specified in Clause 8, without the temperature-rise exceeding the values specified in Clause 6 of IEC 61992-1.

For circuit-breakers provided with interchangeable or adjustable releases, the current setting (or the setting range, if applicable) shall be indicated on the release or on its setting scale. The indication may be either in amperes or in multiples of the current indicated on the release. The purchaser shall specify the required setting range. The ratio of the minimum and maximum values shall not exceed 1:2 in normal conditions.

b) for the shunt release:

- the rated voltage;
- the power taken at the rated voltage for a specified time.

5.7 Arc voltage

The manufacturer shall specify the maximum value of the arc voltage $\hat{U}_{\text{arc}}$ caused by the operation of the circuit-breaker when it is tested in accordance with Clause 8.

NOTE This maximum voltage is the peak voltage measured during any test duty and is not necessarily seen with maximum current.

This value shall not exceed both that of the rated impulse withstand voltage of the equipment and four times the nominal voltage. If lower arc voltages are required, these shall be specified by the purchaser.

6 Construction

6.1 General

All apparatus and connections required for the safe and satisfactory operation, control and protection of the equipment concerned shall be provided, whether or not specifically mentioned, unless otherwise agreed between the circuit-breaker manufacturer and the switchgear assembly manufacturer. Unless otherwise specified, the equipment shall be earthed, insulated, screened or enclosed as may be appropriate to ensure the protection of the equipment and safety of those concerned in its operation and maintenance.

Control and auxiliary circuits and contacts shall comply with the requirements of 5.2 of IEC 61992-1.

6.2 Materials

No materials containing asbestos shall be used in the construction of the circuit-breaker.

NOTE Special attention should be paid to the ability of the material used to resist moisture and fire: materials used should be of the self-extinguishing type, such that the risk of propagation of fire from one cubicle to another is minimised. See Annex B of IEC 61992-1.

6.3 Arcing contacts

Arcing contacts, if any, which are liable to be consumed during arc interruption shall be easy to replace.

6.4 Clearances and creepage distances

Clearances and creepage distances shall not be lower than those indicated in Table 1 in IEC 61992-1 and in Annex D of IEC 61992-1 respectively.

NOTE Clearances and creepage distances may be increased to take into account the presence of foreign substances after the number of operations, in normal and short-circuit conditions, that occur during the normal life-span between cleaning procedures.

Where applicable, ribs shall be provided in order to break the continuity of conducting deposit which occurs during operation.

6.5 Primary connections

The circuit-breakers shall be equipped with fixed, removable (bolted or clamped) or plug-in coupling connections.

6.6 Location of the primary connections

For non-withdrawable circuit-breakers, the terminals for the primary connections shall be accessible with the circuit-breaker in its normal operating position. The position of the terminals shall be agreed between purchaser and supplier, unless covered by an International Standard.

For withdrawable circuit-breakers, the terminals for the primary connections shall be accessible in the conditions detailed in IEC 61992-6.

6.7 Earthing terminal

The frames, the structure and the fixed parts of the metallic enclosures shall be connected to each other and to a suitable earthing terminal, placed in an accessible position, in order to allow earthing.

NOTE 1 This condition may be fulfilled by normal construction elements, ensuring an adequate electric continuity.

For withdrawable circuit-breakers, the earth connection shall be made before the shutters are opened, and the shutters shall be closed before the earth connection is disconnected.

NOTE 2 The purchaser may require a dedicated earth connection for this purpose. For a non-dedicated earth connection, where bolts or similar fixings are used for earth continuity, the maintenance instructions should state the requirements for cleaning the surfaces and ensuring tightness.

The earthing terminal shall be protected against corrosion. The standard earth symbol shall be permanently marked.

The earth terminal shall be capable of carrying the rated earth fault current I_{Ncwe} for 0,25 s.

6.8 Manual operation for maintenance

NOTE A handle may be required by the purchaser or provided by the supplier for closing during maintenance. The handle may be fixed or removable.

Where a fixed handle is provided, it shall not be accessible to the operator until the circuit-breaker is fully withdrawn from its enclosure, if any, or until all primary connections are opened.

6.9 Circuit-breaker enclosures

Circuit-breaker enclosures shall conform to IEC 61992-6.

6.10 Temperature-rises

6.10.1 Limits

The temperature shall not rise by more than the values given in Clause 6 of IEC 61992-1.

6.10.2 Main circuit

The main circuit of a circuit-breaker, including the series releases and the associated relays, shall withstand its rated currents I_{Ne} , I_{th} or I_{the} . It shall also comply with the load cycle which may be specified by the purchaser, see Note 2 in 3.2.5 of IEC 61992-1.

6.10.3 Control circuit

The control circuits, as well as the control devices, used for the opening and closing operations of a circuit-breaker shall not exceed the rated temperature-rise limits, during their operation.

6.10.4 Auxiliary circuits

The auxiliary circuits, as well as the auxiliary devices, shall withstand their conventional thermal current (for switching devices) or their rated service current (for other equipment), without exceeding the rated temperature-rise limits.

6.11 Dielectric strength

Dielectric strength shall conform to the values stipulated in Table 1 in IEC 61992-1.

6.12 Electrical and mechanical endurance

The circuit-breaker shall be capable of carrying out the following number of operations when tested in accordance with 7.3.2 and 7.3.3 of IEC 61992-1:

- a) to check mechanical endurance, without current in the main circuit, the following operating cycles shall be performed:

L circuit-breaker: 20 000 or 10 000;

I and R circuit-breakers: 4 000;

NOTE The value of 20 000 cycles for L circuit-breakers is recommended when two or more operations per day are expected.

- b) to check electrical endurance, with the rated service current I_{Ne} in the main circuit, the following operating cycles shall be performed:

L circuit-breaker: 200;

I and R circuit-breakers: 100.

The test shall consist of carrying out the above number of operating cycles in groups of no less than 20 CO operations at no greater than 180 s intervals. For current ratings higher than 4 000 A, the group number may be reduced subject to agreement between purchaser and supplier.

6.13 Operation

6.13.1 Closing operation

The closing device, including the auxiliary control relays, if any, shall operate correctly for any voltage value of the supply source as given in 5.4 and in any operating condition of the circuit-breaker.

6.13.2 Opening operation

6.13.2.1 General

The circuit-breakers shall be, unless otherwise specified, trip-free.

Relays are covered by this subclause only if fitted to the circuit-breaker.

6.13.2.2 Opening due to overcurrent relay or release

For a new circuit-breaker, the release or relay shall operate with a minimum accuracy of $\pm 5\%$ of the set operating point, if electronic, and of $\pm 10\%$ of the set operating point, if electromagnetic, for any value of its current range.

6.13.2.3 Opening due to shunt release

A shunt release shall correctly operate for any supply voltage value of the supply source as given in 5.4, and with a further decrease of the minimum voltage by 15 % of the rated operating voltage, and for any operating condition of the circuit-breaker up to the breaking capacity of the circuit-breaker itself.

6.13.2.4 Opening due to undervoltage relay or release

An undervoltage relay or release, if provided, shall cause the opening of a circuit-breaker, when the voltage is decreasing slowly, when the voltage is between 70 % and 35 % of its rated value.

An undervoltage relay or release shall not allow the circuit-breaker to close when the supply voltage is lower than 35 % of its rated voltage; it shall not prevent the circuit-breaker from closing for a supply voltage equal to or higher than 85 %.

NOTE A relay or release for loss of voltage is a particular type of undervoltage relay or release for which the operating voltage is between 35 % and 10 % of the rated supply voltage.

6.14 Corrosion protection

Steelwork and other materials of the equipment shall be treated in accordance with an approved type of corrosion protection except for arc-extinguishing sheets in the arc chute.

Purchasers may have their own specification, in which case the supplier shall either comply or offer an equivalent specification.

6.15 Noise emission

Noise emission from all equipment shall be minimised. The level of the noise emission during the breaking of its rated service current I_{Ne} shall be given by the supplier, if required by the purchaser.

6.16 Cooling

Unless otherwise agreed between purchaser and supplier, all equipment is expected to be naturally cooled.

6.17 Servo-control (where applicable)

The servo-control shall be mounted either on the circuit-breaker or on a structure on which the circuit-breaker is also mounted. The structure shall be earthed.

It shall not be possible for a fault in the servo-control to prevent the opening of the circuit-breaker by a manual, electric or automatic control.

6.18 Other facilities

Circuit-breakers shall have the following facilities:

- a) a latching device, either electrical, magnetic or mechanical;
- b) a mechanical indicator coupled to the moving contact, or an equivalent means to indicate the "closed" and the "open" conditions of the circuit-breaker. Symbols "I" and "O" or "ON" and "OFF" shall be used to indicate the closed and open positions respectively;
- c) means for earthing the circuit-breaker structure either through a moving contact or a terminal.

Circuit-breakers shall have the following facilities, when specified by the purchaser:

- d) means of closing manually for maintenance;
- e) operation counter.

NOTE These facilities may be supplied as standard by the manufacturer.

In addition to the number of auxiliary switch contacts required for normal operating circuits of the circuit-breaker, the manufacturer shall provide an additional two for remote control and monitoring circuits. The number and type of contacts in addition to these shall be subject to agreement between purchaser and supplier.

7 Information and marking

7.1 Information

Purchaser and supplier shall exchange any necessary information in order to ensure that the circuit-breaker is suitable for the intended duty. This information is given in general in Clause 5, and with regard to particular features or alternative choices for the contents, in Clause 6. A summary of this information is provided in Annex A.

7.2 Marking

Each circuit-breaker shall be indelibly marked.

The following indications shall be placed on the circuit-breaker itself or on one or more rating plates attached to the circuit-breaker:

- a) name of the manufacturer or trade mark;
- b) the reference to this standard corresponding to the National Standard with which the manufacturer declares compliance;
- c) type designation (examples are given in Table 1);
- d) serial number designation;
- e) year of manufacture;
- f) rated voltage(s) U_{Ne} ;
- g) rated auxiliary and control supply voltages;
- h) rated service/thermal currents I_{Ne} , I_{th} or I_{the} ;
- i) rated short-circuit breaking capacity;
- j) rated track time constant T_{Nc} ;
- k) rated short-time withstand current I_{Ncw} if applicable;
- l) input and output terminals, unless they can be connected either way;
- m) earth terminal, if applicable, by the symbol;
- n) range of setting for releases (A or V);
- o) compliance to service requirements differing from those indicated as normal (see Clause 4 of IEC 61992-1) (on a separate label if convenient).

All necessary labelling shall be provided for the purposes of safety, identification, instruction and information. Lifting attachments shall be marked.

The serial number and type designation shall be visible after installation of the circuit-breaker when in the test position. The other markings shall be visible at least before installation. The manufacturer may fit an additional rating plate containing the prominent data for the circuit-breaker on the corresponding circuit-breaker enclosure.

8 Tests

8.1 General

General requirements concerning tests are shown in Clause 7 of IEC 61992-1.

NOTE For procedural matters not covered either in this standard or in IEC 61992-1, reference may be made to other European or IEC publications covering similar equipment.

Unless otherwise indicated, the tests shall be performed at the rated service values of current, voltage, frequency (if applicable) and air pressure (if applicable). This applies to the complete circuit-breaker (main, control and auxiliary) and in accordance with the values indicated in Clause 5.

The test variables shall be within the tolerances indicated in Table 6 of IEC 61992-1.

8.2 Applicable tests and test sequence

The applicable tests are summarised in Table 4, and tests shall be performed in the order given in Table 4 for each sequence group.

Table 4 – List of applicable tests and sequence

Group	Test description	Kind	Reference to subclause
1	General operating characteristics		
	Verification of conformity to the manufacturing drawings and to characteristics of the circuit-breaker	Type and routine	8.3.1
	Mechanical operation	Type and routine	8.3.2
	Dielectric withstand	Type and routine	8.3.3
	Temperature-rise	Type	8.3.4
	Verification of the adjustment of the relays and releases	Routine	8.3.5
	Electrical endurance	Type	8.3.6
	Mechanical endurance	Type	8.3.7
2	Short circuit behaviour		
	Verification of the making and breaking characteristics in short-circuit conditions and of the H, V or S characteristic	Type	8.3.8.1
	Verification of the C characteristic	Type	8.3.8.9
	Verification of the short-time withstand current of rectifier circuit-breakers R	Type	8.3.9
	Verification of the adjustment of the relays and releases	Type	8.3.5
3	Search for critical currents and low current test duty	Type	8.3.10

8.3 Performance of tests

8.3.1 Verification of the conformity to the manufacturing drawings and the characteristics of the circuit-breaker

8.3.1.1 Verification of the conformity to the manufacturing drawings

The circuit-breaker to be tested shall respect in all essential details the drawings of the represented type.

8.3.1.2 Measurement of the resistance of the main circuit

Resistance measurements of the main circuit shall be made with the circuit-breaker at ambient temperature.

NOTE This measurement is also required both before and after each short-circuit test (see 8.3.8 and 8.3.9).

8.3.1.3 Measurement of the resistance of the coils at ambient temperature

Measurements shall be taken at ambient temperature and shall be corrected to a measurement for a temperature of 35 °C.

8.3.2 Mechanical operation test

This test is carried out at the laboratory ambient temperature, in accordance with 7.3.1 of IEC 61992-1.

The checks shall include:

- one satisfactory opening of the circuit-breaker, while the closing device is energised (trip-free operation, see 3.4.11 of IEC 61992-1) (if this feature is provided);
- that the closing operation is not completed when the closing operation is initiated while the opening device is under operation.

The opening and closing times (when indicated) shall be verified.

When required by the purchaser, this test is repeated as a type test, for abnormal environmental and/or operating conditions (7.3.1 of IEC 61992-1).

8.3.3 Dielectric tests

8.3.3.1 General

Dielectric tests shall be in accordance with 7.5 of IEC 61992-1, with the following qualifications.

Dielectric tests shall be carried out on a new circuit-breaker, mounted as in service conditions. Where the supporting structure of the circuit-breaker is made of insulating material, metallic pieces shall be inserted on the fixing point simulating the installation conditions.

8.3.3.2 Impulse withstand voltage test

This test is a type test only for circuit-breakers having U_{Nm} above 2 500 V and is an investigation test in all other cases.

The test shall be performed in accordance with the requirements of 7.5.1 of IEC 61992-1 both in the open and closed positions.

8.3.3.3 Power-frequency voltage withstand test

8.3.3.3.1 General

Power-frequency voltage withstand tests are routine tests.

8.3.3.3.2 Main circuit

This test shall be carried out in accordance with 7.5.2 of IEC 61992-1 both in the open and closed positions.

8.3.3.3.3 Control and auxiliary circuits

The test voltage is applied for 60 s in the following conditions:

- a) application of the voltage between all the interconnected auxiliary and control circuits, which are not normally connected to the main circuit, and the circuit-breaker metallic frame;
- b) if an auxiliary circuit is intended to be physically segregated or fully isolated from the remaining auxiliary circuits, then the test is between this circuit and the remainder;
- c) all equipment having previously satisfactorily passed this test may be disconnected.

NOTE Semiconductors should be short-circuited during the test.

8.3.3.4 Test values

RMS test values are specified in Table 1 of IEC 61992-1.

The level required for the test between the contacts may be selected at the level just below that for the main circuits and earth. Similarly, different voltage levels may be chosen for auxiliary and control circuits to earth and between themselves.

Repeated tests are carried out at 75 % of the voltage value stipulated for a new circuit-breaker submitted for the first time to dielectric tests.

8.3.4 Temperature-rise tests

General provisions concerning temperature-rise tests are given in 7.4 of IEC 61992-1. Temperature-rises specified in Clause 6 of IEC 61992-1 shall not be exceeded.

When the mutual heating between the main circuit, the control circuit and the auxiliary circuit may be significant, the temperature tests detailed under 7.4.3 and 7.4.4 of IEC 61992-1 shall be carried out simultaneously.

8.3.5 Verification of the adjustment of the relays and releases

8.3.5.1 Overcurrent relays or releases

Check that the current in the circuit-breaker (in the correct direction for unidirectional circuit-breakers) causes the opening within the limits stated in 6.13.2.2 for each indicated value of the setting range.

For circuit-breakers whose operation is affected by the rate of rise of the current, in the vicinity of the setting values, 200 A/s shall not be exceeded.

8.3.5.2 Shunt release and undervoltage relay or release

Check that these devices cause opening of the circuit-breaker within the limits given in 6.13.2.3 and 6.13.2.4 respectively.

8.3.6 Electrical endurance test

This test is a type test and is carried out in laboratory conditions.

The test procedure shall follow the requirements of 7.3.2 of IEC 61992-1. The number of cycles to be carried out shall be as indicated in 6.12.

The test shall be carried out on a circuit-breaker with its own closing device, energised at its rated voltage U_{Ne} , and during the test, the temperature-rises given in Clause 6 of IEC 61992-1 shall not be exceeded.

8.3.7 Mechanical endurance test

The test is a type test and is carried out in laboratory conditions.

The test procedure shall follow the requirements of 7.3.3 of IEC 61992-1. The number of cycles to be carried out shall be as indicated in 6.12.

The test shall be made on a circuit-breaker equipped with a closing device, which shall be supplied at a voltage within the limits set out in 5.2 of IEC 61992-1, and the test shall be arranged in such a way that the temperature-rises given in Clause 6 of IEC 61992-1 are not exceeded.

All operating cycles, for I and R circuit-breakers, and the first 4 000 operating cycles, for L circuit-breakers, shall be carried out without maintenance; further operating cycles, for L circuit-breakers, may be carried out with maintenance in accordance with the manufacturer's instructions, but shall not involve the replacement of any component.

The circuit-breaker shall be deemed to have passed this test if, after the test, it is capable of operating normally, without any need of maintenance other than cleaning and greasing, or in accordance with the provisions set out in this subclause.

8.3.8 Verification of the making and breaking capacity in short-circuit conditions ~~and of the H, V or S characteristic~~

8.3.8.1 ~~Tolerance on the test values~~ Verification of the H, V or S characteristic

This test is carried out at the values indicated by the manufacturer in 5.3.1 to 5.3.3 in accordance with 5.3.4. The test is considered valid if the reported values differ from stated values within the limits stated in Table 6 of IEC 61992-1.

For laboratory reasons, these tolerances may be revised by mutual agreement.

8.3.8.9 Verification of the making and breaking capacity in short-circuit conditions and of the C characteristic

8.3.8.9.1 Tolerances on the test values

This test is carried out at the values indicated by the manufacturer in 5.3.1 to 5.3.3 in accordance with 5.3.4. The test is considered valid if the reported values differ from stated values within the limits stated in Table 6 of IEC 61992-1:2006 except for the time constant. The tolerances of the initial rate of rise shall be 0 ~ +30 % and as a consequence the tolerances for the time constant are –30 % ~ 0.

For laboratory reasons, these tolerances may be revised by mutual agreement.

8.3.8.9.2 Test conditions

The circuit-breaker shall be a complete assembly. The control device, except for control motors, shall be supplied at its minimum voltage value, as stated in 5.4.

The circuit-breaker should be tested in an enclosure having the minimum volume and dimensions as declared by the manufacturer, or in open air when intended for cell use, using screens to simulate the closest proximity of cell walls and ceiling. These screens or cubicle shall be metal and connected to the circuit-breaker earthed frame. Screens and cubicles may be lined with insulation if this is the manner in which the circuit-breaker operates in service.

8.3.8.9.3 Procedure

The test, as specified in 5.3.4, consists of a number of duties particular to a class of circuit-breaker with an appropriate duty cycle and release setting. Each duty cycle is required to be performed once and, because of the severe nature of the test, the circuit-breaker may be maintained between duty cycles.

In the case of adopting Duty 3 in Table 3, test cycle O – 10 s – CO shall be carried out once. For laboratory reasons, the time between O and CO may be shorter than 10 s by mutual agreement (See Table 3, note b).

Where a circuit-breaker can have applications of either of its primary terminals connected to the positive supply, then the test duties f), e) and d) (see Table 3) shall be repeated for both connections.

After each test duty, a dielectric test is required in accordance with 7.6.3 of IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.4 Test circuit

A typical arrangement of the test circuit is shown in Annex A of IEC 61992-1:2006.

Details of the test circuit are given in 7.6.1 of IEC 61992-1:2006.

For laboratory reasons, the AC short-circuit test method may be applied by mutual agreement (see Annex B).

For test duties e) and d), where insufficient impedance can be added to the load side, then the test duty shall be repeated with the live connection to the opposite terminal. Thus both terminals of the circuit-breaker are stressed to earth during extinguishing of arc.

8.3.8.9.5 Time constant of the test circuit

The test circuit time constant is as follows (see Table 2).

- a) For the maximum fault test the circuit time constant shall be the value given in Table 6.
- b) For the maximum energy, the circuit time constant shall be equal to or higher than half of the rated time constant T_{NC} (For the actual value see 5.1.1.3 of IEC 61992-1:2006).
- c) For the distant fault, the circuit time constant t_c should be equal to the rated time constant T_{NC} .
- d) For the electrical endurance test, the circuit time constant t_c should be set at 0,01 s.
- e) For the critical current test, the circuit time constant t_c should be as close to 0,01 s as possible.

When calibrating each test, the test circuit time constant or the initial rate of rise shall be measured. The time constant is taken from the test current. (See the calibration waveform 2 in IEC 61992-1:2006, Table A.2.)

In the case of adopting the AC short-circuit test method, Annex B should be referred.

8.3.8.9.6 Recovery voltage

For the test, the average value of the recovery voltage shall be not lower than the rated voltage U_{Ne} . In the case of adopting the AC short-circuit test the test conditions given in Clause B.3 may apply.

8.3.8.9.7 Details for conducting the tests

8.3.8.9.7.1 Calibration of the test circuit

The test shall be performed at the rated voltage U_{Ne} , calibrated with the test unit A replaced by a provisional connection B of negligible impedance in respect to the test circuit.

Adjust resistors R and reactors L in order to obtain both the sustained short-circuit current and the rated time constant. These values are for the prospective current and shall be those declared by the manufacturer, within the tolerances stated in 7.2 of IEC 61992-1:2006 (see 8.3.8.1).

In the case of adopting the AC short-circuit test method, Annex B should be referred.

8.3.8.9.7.2 Performance of the tests

Replace the provisional connection B by the test unit A, with the terminals of the circuit-breaker connected as required by the test duty. The tests shall comply with 8.3.8.3 and with the conditions specified in 7.6.2 of IEC 61992-1:2006.

After the current interruption, the recovery voltage shall be maintained for 0,1 s.

If the test is performed as AC test the recovery voltage time may be less than 0,1 s by mutual agreement.

8.3.8.9.7.3 Behaviour of the circuit-breaker during the making and breaking short circuit tests

During the test the circuit-breaker shall break the short-circuit current; there shall be no re-ignition after current zero. The short-circuit current shall be the rated short-circuit current.

The circuit-breaker shall achieve the values given in Table 7.

Table 7 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr

Type	Opening time	Total break time	Current setting	Initial rate of rise	Cut off current
	ms	ms	kA	kA/ms	kA
C	Not applicable	Not applicable	Maximum value	Equal to or higher than the value given in Table 6	Equal to or less than the value given in Table 6

The fuse element in the protection device D shall not blow during the test.

The cut-off current shall be verified.

8.3.8.9.7.4 Conditions of the circuit-breaker after the above test

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.6.3 of IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.8 Verification of the C characteristic for test duties f, ff and fr

During the maximum fault test for test duties f, ff and fr, the behaviour of the circuit-breaker in meeting its class designation of C shall be verified only if the test currents and settings are as given in Table 7.

The cut-off current of the circuit-breaker shall be as given in Table 7.

8.3.8.2 Test conditions

The circuit-breaker shall be a complete assembly. The control device, except for control motors, shall be supplied at its minimum voltage value, as stated in 5.4.

The circuit-breaker should be tested in an enclosure having the minimum volume and dimensions as declared by the manufacturer, or in open air when intended for cell use, using screens to simulate the closest proximity of cell walls and ceiling. These screens or cubicle shall be metal and connected to the circuit-breaker earthed frame. Screens and cubicles may be lined with insulation if this is the manner in which the circuit-breaker operates in service.

8.3.8.3 Procedure

The test, as specified in 5.3.4, consists of a number of duties particular to a class of circuit-breaker with an appropriate duty cycle and release setting. Each duty cycle is required to be performed once and, because of the severe nature of the test, the circuit-breaker may be maintained between duty cycles.

Where a circuit-breaker can have applications of either of its primary terminals connected to the positive supply, then the test duties f), e) and d) (see Table 2) shall be repeated for both connections.

After each test duty, a dielectric test is required in accordance with 7.6.3 of IEC 61992-1.

8.3.8.4 Test circuit

A typical arrangement of the test circuits is shown in Annex A of IEC 61992-1.

Details of the test circuit are given in 7.6.1 of IEC 61992-1.

For test duties e) and d), where insufficient impedance can be added to the load side, then the test duty shall be repeated with the live connection to the opposite terminal. Thus both terminals of the circuit-breaker are stressed to earth during arc interruption.

For V type circuit-breakers, test duty d) should be performed with the circuit impedances all on the load side to stress the free wheeling diode of the circuit-breaker, and then repeated with all the impedances on the supply side to stress the overvoltage absorbing devices.

Test duty e) should also be performed in this way if the V type circuit-breaker can be located at the maximum energy position.

8.3.8.5 Time constant of the test circuit

For maximum faults, the time constant is not measured and is assumed correct if the ratio of peak to steady state is not less than 1,42. For the maximum energy test duty, the circuit time constant shall not be less than 0,5 times the rated track time constant T_{Nc} (see 5.1.1.3 of IEC 61992-1 for actual values). For the distant fault condition, the circuit time constant t_c should be the rated track time constant T_{Nc} . For electrical endurance test, the circuit time constant t_c should be 0,01 s and for critical current test, the circuit time constant t_c should be a practical value as close as possible to 0,01 s.

The time constant of the test circuit shall be measured during the calibration test and the measurement is that of the test current (see Figure A.2 – calibration 2 – of IEC 61992-1).

8.3.8.6 Recovery voltage

For the test, the average value of the recovery voltage shall be not lower than the rated voltage U_{Ne} .

8.3.8.7 Details for the conduct of the tests

8.3.8.7.1 Calibration of the test circuit

The test shall be performed at the rated voltage U_{Ne} , calibrated with the test unit A replaced by a provisional connection B of negligible impedance in respect to the test circuit.

Adjust resistors R and reactors L in order to obtain both the sustained short-circuit current and the rated time constant. These values are for the prospective current and shall be those declared by the manufacturer, within the tolerances stated in 7.2 of IEC 61992-1 (see also 8.3.8.1).

Where the short circuit requires a peak value, it shall be not less than 1,42 I_{SS} .

NOTE The value of I_{SS} may have to be adjusted to achieve the required peak value.

8.3.8.7.2 Performance of the tests

Replace the provisional connection B by the test unit A, with the terminals of the circuit-breaker connected as required by the test duty. The tests shall comply with 8.3.8.3 and with the conditions specified in 7.6.2 of IEC 61992-1.

After the current interruption, the recovery voltage shall be maintained for 0,1 s.

8.3.8.7.3 Behaviour of the circuit-breaker during the making and breaking short circuit tests

During the test the circuit-breaker shall break the short-circuit current; there shall be no re-ignition after current zero. The short-circuit current shall be the rated short-circuit current.

The circuit-breaker shall achieve the values given in Table 5.

Table 5 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr

Type	Opening time ms	Total break time ms	Ratio of I_{Nss} to setting	di/dt at $t = 0$ kA/ms
H	≤ 5	≤ 20	≥ 7	≥ 5
V	≤ 2	≤ 4	Not applicable	Not applicable
S	≤ 15	≤ 30	$\geq 3,5$	$\geq 1,7$
See 3.4.7 and 3.4.8 of IEC 61992-1.				

The fuse element in the protection device D shall not blow during the test.

The cut-off current shall be verified.

8.3.8.7.4 Conditions of the circuit-breaker after the above test

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.6.3 of IEC 61992-1.

8.3.8.8 Verification of the H, V or S characteristic for test duties f, ff and fr

During the maximum fault test for test duties f, ff and fr, the behaviour of the circuit-breaker in meeting its class designation of either H, V and S shall be verified only if the test currents and settings are as given in Table 5.

The opening time and total break time of each type of circuit-breaker shall be as given in Table 5.

Where the test currents have values of ratio and di/dt less than the requirements in Table 5 for the type category during the standard type tests, and give opening and total break times greater than required, a single opening test at a reduced circuit-breaker setting, within the setting range of the circuit-breaker, shall be performed to demonstrate compliance with the required opening and total break times of Table 5.

8.3.9 Verification of behaviour under short-time withstand current for test duty s

8.3.9.1 Test values

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.7.1 of IEC 61992-1.

8.3.9.2 Test conditions

The unit shall be subject to the conditions specified in 8.3.8.2 of this standard and 7.7.2 of IEC 61992-1.

8.3.9.3 Behaviour of the circuit-breaker during test

This shall be in accordance with the conditions specified in 8.3.8.3 of this standard and 7.7.3 of IEC 61992-1 (where applicable).

8.3.9.4 Condition of the circuit-breaker after completion of the test

After the test, mechanical parts and insulation parts shall conform to 7.7.4 of IEC 61992-1 (where applicable).

8.3.10 Searching for critical currents and performing test duty I) and Ir)

Searching for critical currents is a type test for all types of circuit-breakers to provide the value of current to be used for the low current test duty I and Ir of Table 2.

Annex C of IEC 61992-1 gives the procedures for searching for critical currents.

For L circuit-breakers, test duty I is performed ~~to the requirements at the value of critical current I_c determined~~ for unidirectional circuit-breakers U_1 and U_2 ~~in a similar manner~~ as described in Clause C.2 of IEC 61992-1:2006 for bidirectional circuit-breakers B as described in Clause C.3 of IEC 61992-1:2006.

~~NOTE 1 This applies to both U_1 and U_2 circuit-breakers.~~

For R and I circuit-breakers, test duty Ir is performed ~~to the requirements for bidirectional circuit-breakers in a similar manner~~ at the value of critical current I_c determined as described in Clause C.3 of IEC 61992-1:2006.

NOTE 2 R circuit-breakers have a unidirectional reverse trip release and break low currents in the forward direction.

Annex A (informative)

Information required

A.1 General

This annex gives a summary of the information which may be used as guidance to fulfil Clause 7.

A.2 Procurement specification

The following items should be included, where applicable, within the procurement specification issued by the purchaser in order to provide the precise technical requirements for particular installations:

- a) service conditions differing from those defined as "normal" (see Clause 4 of IEC 61992-1);
- b) detail of the types (including duties use and categories) of circuit-breakers;
- c) the data mentioned in Clause 5 to be provided by the purchaser;
- d) particular features concerning Clause 6 and terminal details;
- e) continuous current rating of circuit-breakers and load cycle;
- f) test duty cycle – duty 1 or duty 2;
- g) calibration range and increments for overcurrent protection;
- h) maximum and minimum voltage of auxiliary supply;
- i) details and arrangements for transport and delivery to site including the maximum packing dimensions;
- j) lower mechanical operation cycles for L circuit-breaker if required by the purchaser (see 6.12a)).

A.3 Manufacturer's specification

The following information should be given by the manufacturer:

- a) identification
 - 1) name of the manufacturer or trademark;
 - 2) type designation;
 - 3) reference to the National Standard corresponding to this standard, with which the manufacturer declares compliance;
 - 4) manufacturing year and serial number;
 - 5) marking of all connections (primary and auxiliary).
- b) characteristics
 - 1) confirmation of the type, use and duties (see 5.2b), 5.2 c) and 5.3.4);
 - 2) suitability to use service requirements differing from normal (as defined as normal in Clause 4 of IEC 61992-1);
 - 3) rated voltage(s) U_{Ne} ;
 - 4) range of voltage(s) at which the circuit-breaker operates satisfactorily;
 - 5) rated current(s) at the rated voltage(s) of the equipment I_{Ne} ;

- 6) rated track time constant T_{Nc} ;
- 7) current interruption direction, U_1 , U_2 or B;
- 8) circuit-breaker test duty cycle;
- 9) circuit-breaker use, L, I or R;
- 10) restriction of V to rectifier substation use only, if applicable;
- 11) maximum arc voltage in test conditions;
- 12) conventional thermal current and enclosed thermal current, if applicable I_{th} , I_{the} ;
- 13) contact(s) material;
- 14) rated insulation voltage U_{Nm} ;
- 15) rated impulse withstand voltage level U_{Ni} , if applicable;
- 16) power required at rated control voltage to close circuit-breaker;
- 17) power required at rated control voltage for shunt trip coil or equivalent device;
- 18) confirmation of the suitability to the load cycle specified by the purchaser;
- 19) resistance in the circuit-breaker main circuit;
- 20) guaranteed temperature-rises (see Clause 6 of IEC 61992-1) at rated service current in the various parts of the circuit-breaker and temperature-rises in overload conditions;
- 21) rated short-circuit making and/or breaking capacities at the various duties specified I_{Nss} ;
- 22) break time as a function of rate of rise of current (di/dt);
- 23) closing time;
- 24) cut-off current as a function of rate of rise of current (di/dt);
- 25) critical current;
- 26) type of arc chute;
- 27) whether the circuit-breaker is held closed electrically, magnetically or mechanically;
- 28) IP code in the case of an enclosed equipment (according to IEC 60529);
- 29) characteristics of the overcurrent protection relay and releases;
- 30) rated voltage(s) of the control circuit(s), nature (and frequency) of the current(s);
- 31) nature of the current (rated frequency) and supply voltage of the control, if different from those of the control coil;
- 32) rated air pressure and pressure variation limits (for devices with pneumatic control);
- 33) weights of the complete circuit-breaker and of the withdrawable part if any;
- 34) minimum size of the enclosure and, if applicable, data concerning ventilation, to which the rated characteristics apply;
- 35) minimum distance between the circuit-breaker and metal parts connected to earth for circuit-breakers which are intended for use without an enclosure;
- 36) rated voltage of the control circuit of the shunt release and/or undervoltage release (or no-voltage release);
- 37) rated current of overcurrent releases;
- 38) setting range(s) of the overcurrent release;
- 39) method for varying current calibration;
- 40) method of tripping;
- 41) effect, if any, of temperature variation on current calibration;
- 42) type and power consumption of the anti-pumping device;
- 43) type and power consumption of interposing relays;

- 44) type and power consumption of all built-in control equipment;
- 45) number and type of auxiliary contacts and nature of the current, rated frequency (if applicable) and rated voltage(s) of auxiliary switches;
- 46) continuous rating and breaking capacity of each auxiliary contact;
- 47) method of fixing the circuit-breaker;
- 48) details of arrangements for manoeuvrability of circuit-breaker truck, if any;
- 49) details of draw-out space required;
- 50) details of access required at rear;
- 51) manufacturer's recommended period for routine maintenance (contacts, arc chute and whole circuit-breaker) taking into account the number of operations at rated service current I_{Ne} and maximum short-circuit current I_{Nss} .

NOTE The above characteristics are only used where they specifically apply to the application.

c) drawings

- 1) general arrangement and sectional elevations of circuit-breaker showing overall dimensions, required space for removing arc chute, required space to insulated and/or earthed parts (if applicable) and space required for circuit-breaker withdrawal, maximum shipping dimensions, shipping weight and estimated gross weights and shock loading for floors;
- 2) schematic diagram of control;
- 3) general arrangement of any floor irons and area to be left unscreened for the contractor to finish, and loading details;
- 4) characteristics (i^2t or break time or cut-off current) of the circuit-breaker;
- 5) oscillographic records showing circuit-breaker performance under the specific interrupting conditions;
- 6) installation, operation and maintenance manuals.

Annex B (normative)

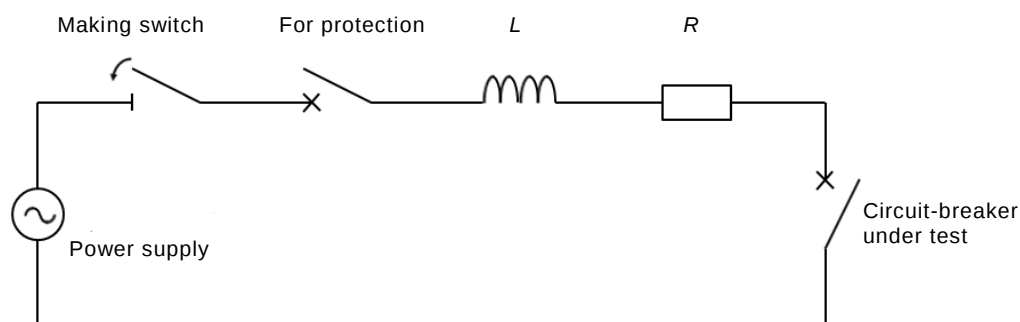
AC short-circuit test method

B.1 General

For circuit-breaker C, this annex gives the alternative AC method for the making and breaking short circuit tests specified in 8.3.8.9.

B.2 Test circuit

The conditions of the AC short-circuit test corresponding to the DC short-circuit test are as follows (see Figure B.1).



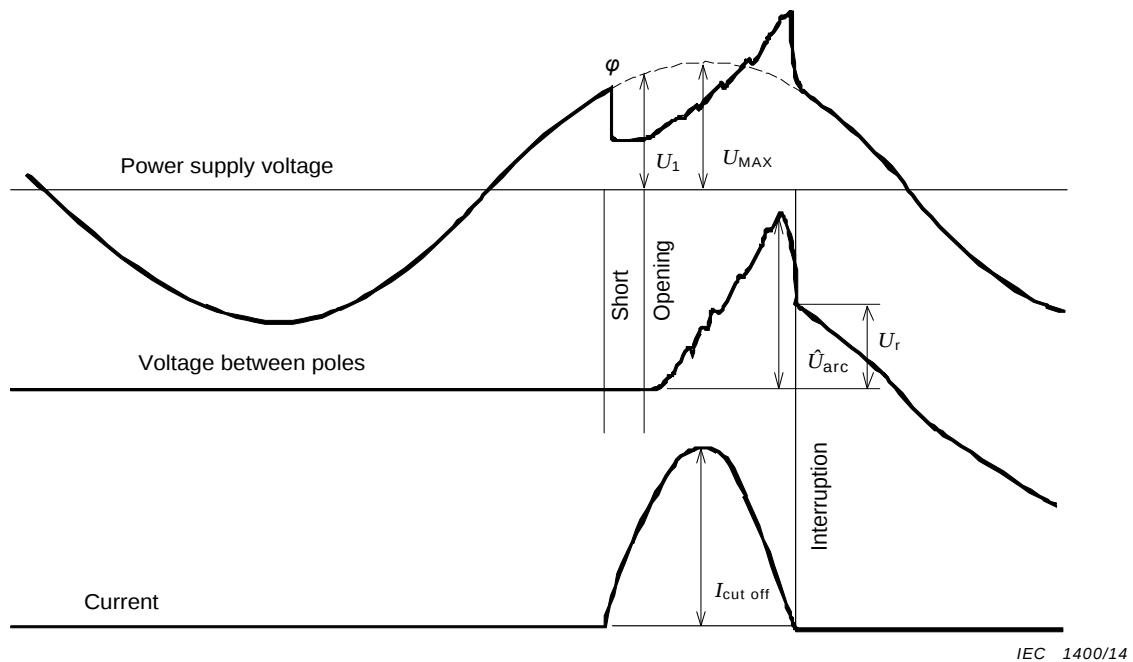
IEC 1399/14

Key

- L circuit inductance
- R circuit resistance

Figure B.1 – Test circuit

Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test are as follows (see Figure B.2):



Key

f	Test frequency	$\hat{U}_{\text{arc}}$	Maximum arc voltage
U_{max}	Peak value of voltage	$I_{\text{cut off}}$	Cut off current
U_1	Supply voltage	φ	Making phase angle
U_r	Recovery voltage		

Figure B.2 – Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test

B.3 Test conditions

The conditions of the AC short-circuit test are as follows:

Supply voltage U_1

The voltage U_1 at opening of the circuit-breaker contact shall be equal to or greater than the rated voltage U_{Ne} .

Recovery voltage U_r

The recovery voltage U_r shall be equal to or greater than the rated voltage U_{Ne} .

Circuit resistance R

The circuit resistance R shall be equal to or less than $U_{\text{max}} / I_{\text{Nss}} + 5 \%$.

Circuit inductance L

The circuit inductance L shall be equal to or greater than $U_1 / (di/dt)$.

Making phase angle φ

The test current waveform shall have a making-phase angle that satisfies the following conditions (see Figure B.3):

- The test current waveform shall be equal to or greater than 95 % of the DC short-circuit test current (calculated value) at 5 ms after short-circuiting.

- The test current waveform shall be equal to or greater than 100 % of the DC short-circuit test current (calculated value) at 10 ms and 15 ms after short-circuiting.

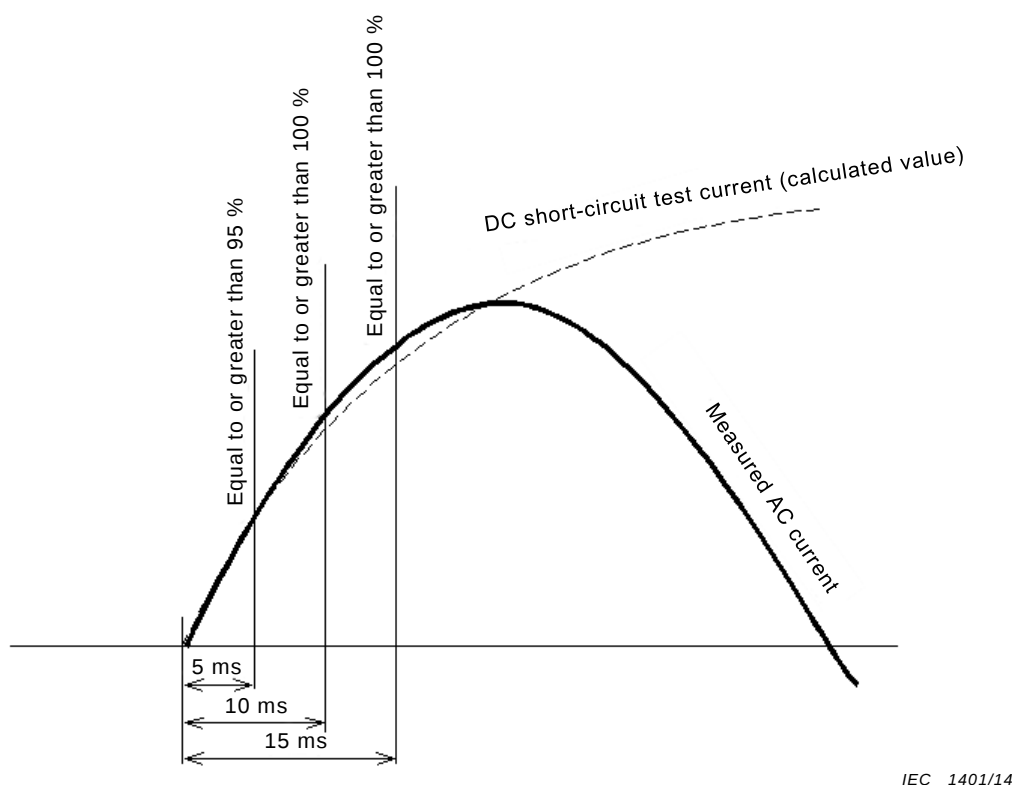


Figure B.3 – Making phase angle (current waveform)

Test conditions tolerances

The tolerances of the test conditions are as follows:

- Frequency $f = f_0 \pm 0,3 \text{ Hz}$.
- Making phase angle $\varphi \geq (\varphi_0 - 3^\circ)$.
where f_0 and φ_0 are the values at the time of measuring the constants.

Duty cycle test (O – t – CO).

B.4 Method of measuring circuit constants

B.4.1 Circuit resistance R

The circuit resistance R is measured using the voltage drop method by feeding a DC current equal to or greater than 50 A into the test circuit.

B.4.2 Circuit inductance L

The circuit inductance L shall be the value of L when the actual measurement value and the calculated value of the AC short-circuit test current correspond to each other within $\pm 5 \%$ in the range of 5 ms to 15 ms after short-circuiting (see Figure B.4).

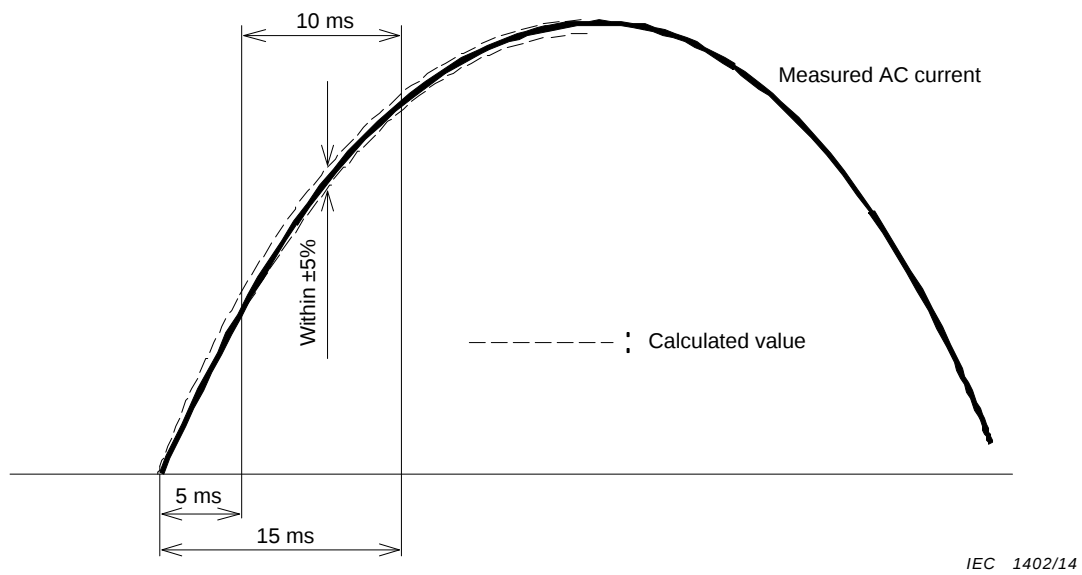


Figure B.4 – Method of measuring the circuit inductance L

Calculation formula

$$i = \frac{U_{\max}}{(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}} \left\{ \sin(\omega t + \varphi - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \sin(\varphi - \theta) \right\}$$

where φ : making phase angle

$$\theta = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

ω : test frequency $2 \times \pi \times f$

Bibliography

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions.....	40
4 Exigences de fonctionnement en service	40
5 Caractéristiques du disjoncteur	40
5.1 Enumération des caractéristiques.....	40
5.2 Type de disjoncteur	41
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal.....	43
5.4 Circuits de commande	46
5.5 Contacts et circuits auxiliaires	47
5.6 Déclencheurs	47
5.7 Tension d'arc	48
6 Construction	48
6.1 Généralités.....	48
6.2 Matériaux	48
6.3 Contacts d'arc	48
6.4 Distances d'isolement et lignes de fuite	48
6.5 Connexions primaires.....	48
6.6 Emplacement des connexions primaires	49
6.7 Borne de terre	49
6.8 Manœuvre manuelle pour la maintenance	49
6.9 Enveloppes des disjoncteurs	49
6.10 Echauffements	49
6.11 Tension de tenue.....	50
6.12 Endurance mécanique et électrique.....	50
6.13 fonctionnement.....	50
6.14 Protection contre la corrosion.....	51
6.15 Émissions de bruit.....	51
6.16 Refroidissement	51
6.17 Servocommande (le cas échéant).....	51
6.18 Autres dispositifs.....	51
7 Information et marquage.....	52
7.1 Information	52
7.2 Marquage	52
8 Essais	53
8.1 Généralités.....	53
8.2 Essais applicables et ordre des essais	53
8.3 Réalisation des essais.....	54
Annexe A (informative) Informations requises	63
Annexe B (normative) Méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif.....	66
Bibliographie.....	70

Figure B.1 – Circuit d'essai	66
Figure B.2 – Formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif	67
Figure B.3 – Angle de phase de fermeture (forme d'onde de courant)	68
Figure B.4 – Méthode de mesure de l'inductance du circuit L	69
Tableau 1 – Désignation abrégée du type	43
Tableau 2 – Fonctions du disjoncteur	45
Tableau 3 – Cycles d'essais	46
Tableau 4 – Liste des essais applicables et séquence	53
Tableau 5 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr ...	61
Tableau 6 – Limites du courant coupé limité des disjoncteurs C durant l'essai de défaut maximal	42
Tableau 7 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr ...	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – APPAREILLAGE À COURANT CONTINU –

Partie 2: Disjoncteurs en courant continu

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de l'IEC 61992-2 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2006-02) [documents 9/887/FDIS et 9/909/RVD] et son amendement 1 (2014-04) [documents 9/1791/CDV et 9/1851/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale IEC 61992-2 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette édition comprend les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente de la norme:

- toutes les exigences et procédures qui s'appliquent à plus d'une partie de la série IEC 61992 sont maintenant regroupées dans la Partie 1 et, en conséquence, les articles correspondants de la présente partie font maintenant référence à la Partie 1;
- la spécification des caractéristiques des disjoncteurs a été améliorée.

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

L'IEC 61992 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu*:

- Partie 1: Généralités
- Partie 2: Disjoncteurs en courant continu
- Partie 3: Interrupteurs-sectionneurs, sectionneurs et sectionneurs de terre à courant continu, pour l'intérieur
- Partie 4: Interrupteurs-sectionneurs, sectionneurs et sectionneurs de terre à courant continu, pour usage extérieur
- Partie 5: Parafoudres et limiteurs de tension pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu
- Partie 6: Ensembles d'appareillage à courant continu
- Partie 7-1: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Guide d'application;
- Partie 7-2: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Transducteurs de courant d'isolement et autres appareils de mesure du courant
- Partie 7-3: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Transducteurs de tension d'isolement et autres appareils de mesure de la tension

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

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – APPAREILLAGE À COURANT CONTINU –

Partie 2: Disjoncteurs en courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61992 spécifie les exigences relatives aux disjoncteurs pour courant continu, destinés à être utilisés dans les installations fixes des systèmes de traction.

NOTE Les ensembles d'appareillage, la compatibilité électromagnétique (CEM) et la disponibilité ne sont pas couverts dans la présente norme, mais par d'autres parties de cette norme ou par d'autres normes indiquées dans l'IEC 61992-1.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60850:2000, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61992-1:2006 +A1:2014, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 1: Généralités*

IEC 61992-6:2006, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 6: Ensembles d'appareillages à courant continu*

EN 50124-1:2001, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Prescriptions fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61992-1 s'appliquent.

4 Exigences de fonctionnement en service

Les conditions d'environnement applicables aux matériels traités dans la présente norme sont couvertes en 4.1 de l'IEC 61992-1.

5 Caractéristiques du disjoncteur

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un disjoncteur, ses désignations et valeurs assignées (le cas échéant) sont les suivantes:

- type du disjoncteur (5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal; caractéristiques de court-circuit (5.3);
- circuits de commande (5.4);
- circuits auxiliaires (5.5);
- déclencheurs (5.6);
- tensions d'arc (5.7).

5.2 Type de disjoncteur

Un disjoncteur est défini par les particularités suivantes selon le cas.

NOTE 1 Dans la mesure du possible, les exigences ci-après s'appliquent également aux disjoncteurs unipolaires asservis électriquement ou mécaniquement dans des systèmes multiples.

a) Coupure:

- dans l'air;
- par un semi-conducteur;
- dans une ampoule à vide.

NOTE 2 Cette norme ne traite que de la coupure dans l'air ou par un semi-conducteur. Dans la mesure du possible, lorsque cela est clairement spécifié par un accord conjoint entre l'acheteur et le fournisseur cette norme peut être utilisée pour d'autres milieux de coupures spécifiés.

b) Caractéristiques de coupure (désignation de la catégorie):

1) disjoncteurs sans limitation prévue de la montée du courant durant l'essai de défaut maximal

- disjoncteur rapide à limitation de courant H;

le disjoncteur H a une durée d'ouverture ne dépassant pas 5 ms et une durée totale de coupure ne dépassant pas 20 ms lorsque le courant à interrompre présente une valeur permanente présumée égale à au moins 7 fois la valeur de réglage du disjoncteur et

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 5 \text{ kA/ms}$$

- disjoncteur ultra-rapide à limitation de courant V;

le disjoncteur V ~~dans lequel la durée d'ouverture~~ a une durée de coupure totale qui ne dépasse pas 2 ms, quels que soient les autres paramètres du circuit;

- disjoncteur semi-rapide S;

le disjoncteur S a une durée d'ouverture ne dépassant pas 15 ms et une durée totale de coupure ne dépassant pas 30 ms lorsque le courant à interrompre présente une valeur permanente présumée égale à au moins 3,5 fois la valeur de réglage du disjoncteur et

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 17 \text{ kA/ms}$$

2) disjoncteurs avec limitation prévue de la montée du courant durant l'essai de défaut maximal

- disjoncteur à limitation de courant coupé limité C;

le disjoncteur C limite le courant coupé limité avant que le courant de court-circuit à interrompre n'atteigne sa valeur maximale; le disjoncteur C peut être un disjoncteur à air ou un disjoncteur hybride;

Le Tableau 6 indique les valeurs maximales du courant coupé limité en fonction des valeurs préférentielles du courant de court-circuit assigné ainsi que de la valeur maximale autorisée de la montée du courant initiale;

Le Tableau 6 s'applique aux disjoncteurs C pour des tensions nominales inférieures ou égales à 1 500 V.

Tableau 6 – Limites du courant coupé limité des disjoncteurs C durant l'essai de défaut maximal

Caractéristiques du courant de court-circuit			Courant coupé limité maximal	
Courant de court-circuit assigné	Vitesse de montée initiale	Constante de temps du circuit	Classe C1	Classe C2
I_{Nss}				
kA	kA/ms	ms	kA	kA
20	1,5	13,3	15	17
50	3	16,7	25	30
75	10	7,5	50	60
100	10	10,0	55	70

Il convient d'installer des inductances de lissage pour les sous-stations afin d'obtenir une vitesse de montée initiale inférieure ou égale à la valeur applicable indiquée dans le Tableau 6.

c) Utilisation (lieu d'installation) dans le système:

- disjoncteur d'interconnexion I (également appelé disjoncteur de sectionnement ou de sectionnement de barres);
- disjoncteurs de ligne L;
- disjoncteur à redresseur R.

d) Sens de coupure du courant:

- unidirectionnel U;
- équipé avec un dispositif intrinsèque unidirectionnel de déclenchement en série U_1 ;
- équipé avec un dispositif intrinsèque (direct) bidirectionnel de déclenchement en série U_2 ;

NOTE 3 Le type de disjoncteur U_2 est utilisé pour des applications pouvant présenter un faible courant inverse de défaut (courant de défaut éloigné) et où la protection de surcharge n'est pas sollicitée pour des besoins normaux de sélectivité (par exemple: sous-stations dont les sous-stations adjacentes sont très éloignées).

- bidirectionnel B.

e) Fonction du circuit principal

NOTE 4 A spécifier lorsqu'elle est différente de ce qui est indiqué en 5.3.4.2 et dans le Tableau 2.

f) Manœuvre à l'ouverture et à la fermeture:

- manœuvre à accumulation d'énergie;
- manœuvre indépendante manuelle;
- manœuvre indépendante d'une source d'énergie;
- utilisation d'un aimant;
- type de déclenchement automatique provoqué par un déclencheur ou un relais;
- verrouillage à l'ouverture et/ou à la fermeture;
- déclenchement libre;
- dispositif anti-pompage.

g) Type de relais ou de déclencheur:

- type de relai(s) ou de déclencheur(s) impliqué(s).

h) Fourniture d'une enveloppe:

- sans enveloppe O (voir 3.3.16 de l'IEC 61992-1);
- avec enveloppe intégrale E (voir 3.3.17 de l'IEC 61992-1);
- avec enveloppe de protection séparée P.

L'acheteur doit indiquer les caractéristiques que doit posséder le ou les disjoncteurs demandés et seuls les essais qui concernent le type choisi sont applicables au type choisi de disjoncteur.

Les désignations ci-dessus sont utilisées dans cette norme, mais peuvent également être utilisées par ailleurs en adoptant le regroupement conventionnel tel qu'indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Désignation abrégée du type

Alinéas ci-dessus	b)	c)	D d) ^a	H h) ^a
Options	H	I	U₁	O
	V	L	U₂	E
	S	R	B	P
	C			
Exemples	H/L/B/E			
	V/I/P		S/R/O	
	H/R et L/U ₂ ^b			
NOTE Lorsqu'un disjoncteur n'est pas apte à remplir toutes les fonctions mentionnées en 5.3.4.2, cela est indiqué par la ou les lettres minuscules désignant les possibilités réelles selon la première colonne du Tableau 2 (par exemple: H1/I ff, fr/P).				
a Désignations optionnelles.				
b Lorsqu'un disjoncteur est ou doit être adapté à des fonctions alternatives multiples, l'indication de ces fonctions doit être précédée par un «et».				

Lorsque les disjoncteurs à semi-conducteur sont conçus pour n'être utilisés que dans des sous-stations équipées de redresseurs, cela doit être clairement indiqué. S'ils peuvent également être utilisés comme des disjoncteurs de mise en parallèle de voie lorsque les disjoncteurs du redresseur de la sous-station sont hors service, on doit également l'indiquer clairement.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal

5.3.1 Généralités

Les valeurs des caractéristiques assignées doivent être spécifiées par l'acheteur. Les valeurs des tensions nominales doivent être choisies d'après les valeurs indiquées au Tableau 1 de l'IEC 61992-1; il convient que les valeurs du courant et que la constante de temps de la voie (sur la base d'une configuration de voie qui donne la constante de temps de voie la plus élevée) aient l'une des valeurs préférentielles énumérées en 5.1.2 de l'IEC 61992-1.

Il convient que ces valeurs soient confirmées par le fournisseur auquel il est recommandé d'indiquer les valeurs assignées pour le type de disjoncteur proposé et de fournir toutes les autres données correspondantes.

Toutes ces valeurs doivent être stipulées selon 5.3.2 à 5.3.4. Les définitions sont données dans l'IEC 61992-1. Quelques données peuvent être omises après accord entre les parties.

5.3.2 Tensions

Un disjoncteur est défini par les tensions suivantes:

- tensions du système et limites (voir 3.2.1 et 5.1.3 de l'IEC 61992-1);
- tension nominale U_n (voir l'IEC 60850);
- tension assignée U_{Ne} (voir 3.2.1.4 de l'IEC 61992-1);
- tension d'isolement assignée U_{Nm} (voir 3.2.1.3 de l'IEC 61992-1). Elle doit être supérieure ou égale à U_{max} ;
- tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} (voir 3.2.1.7 de l'IEC 61992-1);
- niveau de tenue de la tension à fréquence industrielle (à sec) U_a (voir 3.2.1.8 et le Tableau 1 de l'IEC 61992-1);
- tension d'arc maximale (voir 3.2.1.10 de l'IEC 61992-1);
- tensions assignées d'alimentation auxiliaire et de commande (voir 3.2.1.5 de l'IEC 61992-1).

5.3.3 Courants

Un disjoncteur est défini par les courants suivants:

- courant thermique conventionnel I_{th} , I_{the} (voir 3.2.3 et 3.2.4 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de service I_{Ne} (voir 3.2.5 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de court-circuit I_{Nss} (voir 3.2.10 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de courte durée admissible I_{Ncw} (voir 3.2.7 de l'IEC 61992-1).

NOTE 1 Les caractéristiques de courte durée ne s'appliquent qu'aux disjoncteurs qui ne sont pas équipés de dispositifs de déclenchement série, ou dans un dispositif unidirectionnel où un déclenchement série est inopérant. En pratique, cela s'appliquerait à un disjoncteur à redresseur en sens direct où un déclenchement série n'agit qu'en sens inverse.

NOTE 2 Il n'est pas nécessaire que les courants assignés de courte durée I_{Ncw} aient la même valeur que le courant assigné de court-circuit I_{Nss} .

- capacité de surcharge: l'acheteur doit informer le fournisseur des exigences relatives aux cycles de fonctionnement (voir la note 2 de 3.2.5 de l'IEC 61992-1).

5.3.4 Caractéristiques de court-circuit

5.3.4.1 Pouvoirs assignés de fermeture et d'ouverture en court-circuit

Ces valeurs sont définies en 3.2.19 et 3.2.23 de l'IEC 61992-1 et sont associées à la tension assignée U_{Ne} , au courant assigné de service I_{Ne} , au courant assigné de court-circuit I_{Nss} , à la constante de temps de la ligne T_{Nc} et à la catégorie d'appareil ~~H ou V ou S~~ **H, V ou S**.

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit correspond à la valeur crête présumée du courant assigné de court-circuit I_{Nss} (voir 3.2.10 de l'IEC 61992-1).

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit implique que le disjoncteur soit capable d'interrompre tout courant de court-circuit d'une valeur inférieure ou égale à ce pouvoir assigné de coupure à la constante de temps du circuit indiquée.

~~Un~~ Les disjoncteurs **H, V et S** ayant un pouvoir de coupure à une constante de temps de voie assignée T_{Nc} a le même pouvoir de coupure à toutes les valeurs inférieures de la constante de temps de ~~voie~~ **circuit** t_c . Pour les disjoncteurs de type **C**, la vitesse de montée initiale ne doit pas dépasser les limites indiquées au Tableau 6.

Le courant de court-circuit maximal présumé est la somme des courants de court-circuit présumés de toutes les sources reliées au système, y compris les convertisseurs redresseurs et les trains à récupération.

Lors de la définition du courant de court-circuit maximal et de la constante de temps de voie mentionnés ci-dessus, on doit tenir compte de l'Article 5 de l'IEC 61992-1.

5.3.4.2 Fonctions et séquences des cycles d'essai

Les fonctions exigées d'un disjoncteur pour chacune des trois utilisations sont énumérées dans le Tableau 2. Les séquences des cycles d'essais s'appliquant aux types de fonctions sont indiquées au Tableau 3.

NOTE Quand le disjoncteur choisi par l'acheteur ou proposé par le fournisseur a été défini avec des caractéristiques de coupure supérieures à celles exigées par l'installation, il peut y avoir accord entre l'acheteur et le fournisseur pour effectuer des essais complémentaires suivant le 8.3.8 pour les cycles de charge f), et/ou e) et/ou d) utilisant le courant réellement exigé. Ces essais peuvent être effectués soit selon un cycle d'essai normal (service 1 ~~ou~~, service 2 **ou** service 3), soit selon un cycle de service ayant fait l'objet d'un accord et le cycle peut être répété plusieurs fois après accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Tableau 2 – Fonctions du disjoncteur

Fonction	Utilisation	Conditions	Courant d'essai	Crête présumée	Constante de temps
f	L	Défaut maximal	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$ Type C: $\geq I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit Voir Tableau 6
e	L ^a	Energie maximale	$0,5 \times I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit	$0,5 \times T_{Nc}$
d	L	Défaut distant	$2 \times I_{Ne}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit	T_{Nc}
l	L	Courant faible	I_c	Ne s'applique pas	$\cong 0,01$ s
ff	I	Défaut maximal direct	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$ Type C: $\geq I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit Voir Tableau 6
fr	I	Défaut maximal inverse	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$ Type C: $\geq I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit Voir Tableau 6
lr	I R ^b	Courant faible direct après court-circuit inverse	I_c	Ne s'applique pas	$\cong 0,01$ s
r	R	Défaut maximal inverse avec convertisseurs en parallèle	I_{Nss}	$\geq 1,42 \times I_{Nss}$ ^c	
s	R	Courant de court-circuit direct	I_{Ncw}	$\geq 1,42 \times I_{Ncw}$ ^c	
NOTE 1 Pour des sous-stations équipées de selfs d'inductances de lissage de valeur élevée, la puissance maximale peut correspondre à la condition de défaut maximal.					
NOTE 2 I_{Nss} doit être déterminé pour chaque type de circuit réel. Par conséquent I_{Nss} peut être différent pour des disjoncteurs de ligne L, d'interconnexion I et de redresseur R.					
^a Le facteur qui affecte à la fois I_{Nss} et T_{Nc} pour la position maximale de défaut est pris comme égal à 0,5 pour des raisons pratiques. Pour des valeurs faibles de T_c T_{Nc} , voir les valeurs du Tableau 2 de l'IEC 61992-1.					
^b R uniquement sur la demande explicite de l'acheteur.					
^c Le coefficient est de 1 pour le disjoncteur C.					

Tableau 3 – Cycles d'essais

Fonction	Caractéristiques de coupure	Cycle d'essai	
f, e, d ^a cycle 1 cycle 2	H,V,S ^a	Service 1 Service 2	O – 15 s – CO – 15 s – CO – 60 s – CO O – 7 s – CO – 10 s – CO – 60 s – CO
	C ^b	Service 3	O – 10 s – CO ^c
ff, fr, r	H,V,S,C	O – 15 s – CO	
l, lr	H,V,S,C	10 fois (O – 120 s – CO)	
s	H,V,S,C	Réalisé pendant 0,25 s	
NOTE 1 O = manœuvre d'ouverture, CO = manœuvre de fermeture.			
NOTE 2 La première ouverture se produit lors d'un court-circuit.			
^a Le choix entre les cycles Services 1 et 2 est laissé à l'acheteur. A défaut, le cycle Service 1 est appliqué.			
^b Dans le cas de C, les cycles d'essai de service e et d sont soumis à un accord entre l'acheteur et le fournisseur.			
^c Le service normalisé est O – 10 s – CO. Cependant, si la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif est appliquée, la durée entre O et CO peut être réduite à moins de 10 s.			

Les disjoncteurs conçus pour être conformes à plusieurs services doivent subir tous les cycles d'essai pour chaque service. Sauf accord particulier entre l'acheteur et le fournisseur, ces essais doivent être réalisés sur un seul disjoncteur qui peut être entretenu entre les cycles d'essai. Aucun autre cycle d'essais ne doit être réalisé sur le même disjoncteur à moins qu'on ait laissé les composants du disjoncteur refroidir pendant le temps nécessaire.

Les essais doivent être réalisés avec le déclencheur à maximum de courant série réglé sur la position maximale à savoir 4 fois I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} pour les cycles d'essai f, e, ff, fr et 0,5 fois pour les cycles d'essai r et s.

Pour les cycles d'essais d) et l), le disjoncteur doit être réglé de façon à déclencher dès que la valeur établie du courant est atteinte. Pour le cycle d), lorsque les constantes de temps de la ligne sont élevées, le déclenchement doit être provoqué au bout de 0,15 s.

5.4 Circuits de commande

Les circuits de commande sont identifiés au minimum par les caractéristiques suivantes:

- la tension des circuits de commande;
- la nature du courant (continu ou alternatif);
- la fréquence du courant dans le cas du courant alternatif.

La tension d'alimentation ainsi que la fréquence de la source d'alimentation sont les valeurs sur lesquelles sont définies les performances, le comportement thermique et les caractéristiques d'isolement.

Sauf exigence contraire, la tension doit être conforme à 5.2 de l'IEC 61992-1 et la tension d'isolement assignée, à l'EN 50124-1.

La tension d'alimentation doit être comprise entre 85 % et 110 % de la tension conformément à 5.2 de l'IEC 61992-1.

Si la tension de commande est identique à celle du circuit principal, les mêmes variations que celles du circuit principal s'appliquent.

Le constructeur doit indiquer la ou les valeurs du courant absorbé par les circuits de commande à la tension assignée. Si le courant dans les circuits de commande est intermittent, la durée de circulation de celui-ci doit être indiquée.

5.5 Contacts et circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires sont principalement définis par le nombre de contacts fournis, leurs caractéristiques assignées (courant thermique et tension) et leurs caractéristiques (NO ou NC ou commutation). Sauf spécification contraire, la tension assignée doit être conforme à l'Article 5.2 de l'IEC 61992-1 et la tension d'isolement assignée, à l'EN 50124-1.

L'acheteur doit spécifier le nombre minimal de contacts auxiliaires exigés.

Le câblage auxiliaire connecté à un circuit dont la tension est de 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu ou supérieure doit être séparé physiquement de celui relié à un circuit ayant une tension inférieure à ces limites.

Pour les autres caractéristiques des circuits auxiliaires, les exigences du 5.4 s'appliquent.

5.6 Déclencheurs

5.6.1 Type

On distingue plusieurs types de déclencheurs:

- déclencheurs série (direct ou indirect) à maximum de courant;
- déclencheurs shunt;
- déclencheurs à minimum de tension;
- autres déclencheurs.

5.6.2 Caractéristiques

Les exigences suivantes s'appliquent aux déclencheurs directs ou indirects qui font partie du disjoncteur.

Un déclencheur peut être instantané, temporisé ou dépendant du temps, ou intégrer une combinaison de ces trois modes. Les autres caractéristiques sont les suivantes:

a) pour les déclencheurs à maximum de courant (continu):

- le type (à maximum de courant direct ou indirect);
- le courant assigné;
- le courant de réglage (ou plage de réglages);
- le sens de circulation du courant principal dans le cas d'un disjoncteur unidirectionnel;
- les caractéristiques du temps de déclenchement que le déclencheur donne au disjoncteur en fonction de l'augmentation du courant.

Le déclencheur doit pouvoir supporter ce courant dans les conditions d'essai définies à l'Article 8, sans que l'échauffement dépasse les valeurs indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs interchangeable ou réglables, le réglage du courant (ou plage de réglages le cas échéant) doit être indiqué sur le déclencheur ou sur son échelle de réglage. Cette indication peut être donnée, soit en ampères, soit sous la forme d'un multiple de la valeur du courant indiquée sur le déclencheur. L'acheteur doit spécifier la plage de réglage exigée. Le rapport des valeurs minimale et maximale ne doit pas dépasser 1:2 dans des conditions normales.

b) pour le déclencheur shunt:

- la tension assignée;
- la puissance nécessaire à la tension assignée pendant une durée spécifiée.

5.7 Tension d'arc

Le constructeur doit préciser la valeur maximale de la tension d'arc $\hat{U}_{\text{arc}}$ générée par le fonctionnement du disjoncteur, essayé conformément à l'Article 8.

NOTE Cette tension maximale correspond à la tension de crête mesurée lors de chaque cycle d'essai et n'est pas nécessairement rencontrée pour le courant maximal.

Cette valeur ne doit pas être supérieure à celle de la tension de tenue aux ondes de choc de l'appareil et à quatre fois la tension nominale. Si des tensions d'arcs inférieures sont nécessaires, elles doivent être spécifiées par l'acheteur.

6 Construction

6.1 Généralités

Sauf accord entre le fabricant du disjoncteur et celui de l'ensemble d'appareillage, il doit être fourni tous les appareils et toutes les connexions exigés pour la sécurité et le bon fonctionnement, la commande et la protection de l'appareil concerné, que cela soit explicitement mentionnés ou non. Sauf spécification contraire, l'appareil doit être mis à la terre, isolé, blindé ou placé sous enveloppe, selon le cas, de façon qu'il soit lui-même protégé et de façon à garantir la sécurité des personnes amenées à intervenir pour le faire fonctionner et pour en assurer la maintenance.

Les circuits de commande, les circuits et contacts auxiliaires doivent être en conformité avec les exigences de 5.2 de l'IEC 61992-1.

6.2 Matériaux

Aucun matériau contenant de l'amiante ne doit être utilisé pour la construction du disjoncteur.

NOTE Il convient qu'une attention toute particulière soit portée aux matériaux utilisés pour résister à l'humidité et au feu: il convient que les matériaux utilisés soient de type auto-extinguible afin de minimiser le risque de propagation d'incendie d'une armoire à une autre (voir IEC 61992-1, Annexe B).

6.3 Contacts d'arc

Le cas échéant, les contacts d'arcs, susceptibles de se consumer lors des coupures, doivent être faciles à remplacer.

6.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Les distances d'isolement et les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées respectivement au Tableau 1 de l'IEC 61992-1 et dans l'Annexe D de l'IEC 61992-1.

NOTE Les distances d'isolement et lignes de fuite peuvent être augmentées pour tenir compte de la présence de substances étrangères après le nombre de manœuvres survenant, en conditions normales et de court-circuit, pendant la durée de vie normale entre les opérations de nettoyage.

Le cas échéant, des nervures doivent être prévues pour rompre la continuité des dépôts conducteurs susceptibles de se former en cours d'utilisation.

6.5 Connexions primaires

Les disjoncteurs doivent être équipés de connexions fixes, amovibles (boulonnées ou à mâchoires) ou embrochables.

6.6 Emplacement des connexions primaires

Les bornes des connexions primaires des disjoncteurs non débrochables doivent être accessibles lorsque le disjoncteur est en position de fonctionnement normal. La position des bornes doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, sauf disposition contraire énoncée dans une Norme Internationale.

Les bornes des connexions primaires des disjoncteurs débrochables doivent être accessibles dans les conditions détaillées dans l'IEC 61992-6.

6.7 Borne de terre

Les châssis, la structure et les parties fixes des enveloppes métalliques doivent être connectés entre eux et à une borne de terre adaptée, placée dans une position accessible, afin d'assurer la mise à la terre.

NOTE 1 Cette condition peut être remplie par des éléments de construction ordinaires assurant une continuité électrique adéquate.

La connexion à la terre des disjoncteurs débrochables doit être effectuée avant l'ouverture des volets, et les volets doivent être fermés avant le débranchement de la connexion de terre.

NOTE 2 L'acheteur peut exiger une connexion de terre dédiée à cet effet. Pour les connexions de terre non dédiées, en ce qui concerne les boulons ou autres fixations utilisés pour la continuité de terre, il convient que les instructions de maintenance fixent les exigences de nettoyage des surfaces et de vérification de l'herméticité.

La borne de terre doit être protégée contre la corrosion. Le symbole de terre normalisé doit figurer de façon permanente.

La borne de terre doit être apte à transiter le courant assigné de court-circuit I_{Ncwe} pendant 0,25 s.

6.8 Manœuvre manuelle pour la maintenance

NOTE Une manivelle peut être demandée par l'acheteur ou prévue par le fournisseur pour la fermeture pendant la maintenance. Cette manivelle peut être fixe ou amovible.

Lorsqu'une manivelle fixe est fournie, elle ne doit pas être accessible à l'opérateur avant que le disjoncteur ne soit entièrement sorti de son enveloppe, s'il en a une, ou que toutes les connexions primaires ne soient ouvertes.

6.9 Enveloppes des disjoncteurs

Les enveloppes des disjoncteurs doivent être conformes à l'IEC 61992-6.

6.10 Echauffements

6.10.1 Limites

L'échauffement ne doit pas être supérieur aux valeurs données à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

6.10.2 Circuit principal

Le circuit principal d'un disjoncteur, y compris les déclencheurs série et les relais associés doit supporter ses courants assignés I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} . Il doit également être conforme aux exigences du cycle de fonctionnement pouvant être spécifié par l'acheteur; voir la note 2 de 3.2.5 de l'IEC 61992-1.

6.10.3 Circuit de commande

Le circuit de commande, ainsi que les dispositifs de commande utilisés pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture du disjoncteur ne doivent pas, pendant leur fonctionnement, dépasser les limites d'échauffement assignées.

6.10.4 Circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires, ainsi que les dispositifs auxiliaires, doivent supporter leur courant thermique conventionnel (appareils de connexion) ou leur courant assigné de service (autres appareils), sans dépasser les limites d'échauffement assignées.

6.11 Tension de tenue

La rigidité diélectrique doit être conforme aux valeurs stipulées au Tableau 1 de l'IEC 61992-1.

6.12 Endurance mécanique et électrique

Le disjoncteur doit être capable d'effectuer le nombre de manœuvres indiqué ci-après, lors des essais 7.3.2 et 7.3.3 de l'IEC 61992-1:

- a) pour la vérification de l'endurance mécanique, sans courant dans le circuit principal, on doit effectuer le nombre de cycles de manœuvres suivant:

disjoncteur L 20 000 ou 10 000;

disjoncteurs I et R 4 000;

NOTE La valeur de 20000 cycles pour les disjoncteurs L est recommandée lorsque deux manœuvres ou plus sont envisagées quotidiennement.

- b) pour l'essai d'endurance électrique, avec courant de service assigné I_{Ne} dans le circuit principal, les cycles de manœuvre suivants doivent être réalisés:

disjoncteur L: 200;

disjoncteurs I et R: 100.

L'essai doit consister à effectuer le nombre de cycles de manœuvre indiqué ci-dessus par groupes de 20 manœuvres CO au moins, à des intervalles qui ne soient pas supérieurs à 180 s. Pour des caractéristiques de courant assignées supérieures à 4 000 A, le nombre de groupes peut être réduit et fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

6.13 Fonctionnement

6.13.1 Manœuvre de fermeture

Le dispositif de fermeture y compris les relais de commande auxiliaires, le cas échéant, doivent fonctionner correctement à toutes les valeurs de tension d'alimentation telles qu'elles sont indiquées en 5.4 et quelles que soient les conditions de fonctionnement du disjoncteur.

6.13.2 Manœuvre d'ouverture

6.13.2.1 Généralités

Sauf dispositions contraires, les disjoncteurs doivent être à déclenchement libre.

Les relais sont concernés par les dispositions de ce paragraphe seulement s'ils sont montés sur le disjoncteur.

6.13.2.2 Ouverture par relais ou déclencheur à maximum de courant

Le déclencheur ou le relais d'un disjoncteur neuf, s'il est électronique, doit fonctionner avec une précision minimale de $\pm 5\%$ du point de consigne de fonctionnement et de $\pm 10\%$ du point de consigne de fonctionnement s'il est électromagnétique, et ce pour toute valeur de sa plage de courants.

6.13.2.3 Ouverture par déclencheur shunt

Un déclencheur shunt doit fonctionner correctement à toutes les valeurs de la tension d'alimentation données en 5.4 et avec une diminution supplémentaire de la tension minimale de 15 % de la tension de fonctionnement assignée, quelles que soient les conditions de fonctionnement du disjoncteur, jusqu'au pouvoir de coupure du disjoncteur.

6.13.2.4 Ouverture par déclencheur ou relais à minimum de tension

Un relais ou un déclencheur à minimum de tension, s'il est fourni, doit provoquer l'ouverture du disjoncteur y compris en cas de chute lente de la tension, dès lors que la tension est comprise entre 70 % et 35 % de sa valeur assignée.

Un déclencheur ou relais à minimum de tension ne doit pas autoriser la fermeture du disjoncteur lorsque la tension d'alimentation est inférieure à 35 % de sa tension assignée; de même, il ne doit pas empêcher la fermeture du disjoncteur lorsque la tension d'alimentation est égale ou supérieure à 85 %.

NOTE Un déclencheur ou relais à manque de tension est un type de relais ou de déclencheur à minimum de tension dont la tension de fonctionnement est comprise entre 35 % et 10 % de la tension d'alimentation assignée.

6.14 Protection contre la corrosion

Les structures en acier et autres matériaux utilisés dans les appareils doivent être traités contre la corrosion selon un procédé approuvé, à l'exception des plaques d'extinction d'arcs des boîtes de soufflage.

Les acheteurs peuvent avoir leurs propres spécifications; dans ce cas, le fournisseur doit soit s'y conformer, soit proposer une spécification équivalente.

6.15 Émissions de bruit

Le bruit généré par les appareils doit être réduit au minimum. Sur demande de l'acheteur, le fournisseur doit indiquer le niveau d'émission sonore pendant la coupure de son courant de service assigné I_{Ne} .

6.16 Refroidissement

Sauf accord particulier entre l'acheteur et le fournisseur, tous les appareils sont supposés bénéficier d'une ventilation naturelle.

6.17 Servocommande (le cas échéant)

Le dispositif de servocommande doit être monté soit sur le disjoncteur, soit sur une structure sur laquelle le disjoncteur est également monté. Cette structure doit être mise à la terre.

Un défaut dans le dispositif de servocommande ne doit pas empêcher l'ouverture du disjoncteur provoquée par une commande manuelle, électrique ou automatique.

6.18 Autres dispositifs

Les disjoncteurs doivent être dotés des dispositifs suivants:

- a) un dispositif à verrouillage, électrique, magnétique ou mécanique;
- b) un indicateur mécanique couplé au contact mobile, ou un dispositif équivalent destiné à signaler les positions «fermé» et «ouvert» du disjoncteur. Les symboles «I» et «O» ou «ON» et «OFF» doivent être utilisés pour indiquer respectivement les positions fermée et ouverte;
- c) des moyens de mise à la terre de la structure du disjoncteur par le biais d'un contact mobile ou d'une borne.

A la demande de l'acheteur, les disjoncteurs doivent être équipés des dispositifs suivants:

- d) dispositif de fermeture manuelle pour la maintenance;
- e) compteur du nombre de manœuvres.

NOTE Ces dispositifs peuvent être fournis à l'initiative du constructeur.

En plus du nombre de contacts auxiliaires nécessaire aux circuits de fonctionnement normal du disjoncteur, le fabricant doit fournir deux contacts supplémentaires pour les circuits de commande et de surveillance à distance. Le nombre et le type des contacts supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

7 Information et marquage

7.1 Information

L'acheteur et le fournisseur doivent échanger les informations nécessaires pour s'assurer que le disjoncteur est adapté à l'utilisation prévue. Ces informations sont en principe données à l'Article 5, et à l'Article 6 pour ce qui concerne les caractéristiques particulières ou choix alternatifs pour le contenu. Un résumé de ces informations est donné à l'Annexe A.

7.2 Marquage

Chaque disjoncteur doit être marqué de manière indélébile.

Les indications suivantes doivent être apposées sur le disjoncteur même, ou sur une ou plusieurs plaques d'identification fixées sur le disjoncteur:

- a) le nom du constructeur ou sa marque commerciale;
- b) la référence à cette norme, correspondant à la Norme nationale vis-à-vis de laquelle le fabricant déclare être conforme;
- c) la désignation du type (des exemples sont donnés dans le Tableau 1);
- d) la désignation et le numéro de série;
- e) l'année de fabrication;
- f) tension(s) assignée(s) U_{Ne} ;
- g) les tensions assignées d'alimentation des auxiliaires et de commande;
- h) le courant thermique/de service assigné I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} ;
- i) le pouvoir de coupure assigné en court-circuit;
- j) la constante de temps de ligne assignée T_{Nc} ;
- k) le courant assigné de courte durée admissible I_{Ncw} , le cas échéant;
- l) les bornes d'entrée et de sortie, à moins qu'elles ne soient indifférenciées;
- m) la borne de terre, le cas échéant, représentée par le symbole correspondant;
- n) la plage de réglage des déclencheurs (A ou V);
- o) la conformité aux conditions d'utilisation différentes de celles dites normales (voir l'Article 4 de l'IEC 61992-1) (à l'occasion sur une étiquette séparée).

Il doit être également fourni tout l'étiquetage nécessaire à la sécurité, à l'identification, à l'instruction et à l'information. Les points de levage doivent être repérés.

Le numéro de série et le type doivent être visibles après installation du disjoncteur lorsqu'il est en position d'essai. Les autres marquages doivent être visibles au moins avant l'installation. Le constructeur peut fixer une plaque supplémentaire avec les données essentielles du disjoncteur sur l'enveloppe correspondante au disjoncteur.

8 Essais

8.1 Généralités

Les exigences générales relatives aux essais sont données à l'Article 7 de l'IEC 61992-1.

NOTE Pour les aspects de procédures qui ne sont pas traités dans cette norme ni dans l'IEC 61992-1, on peut faire référence à d'autres publications IEC ou EN couvrant des matériels similaires.

Sauf indication contraire, les essais doivent être réalisés en utilisant les valeurs de service assignées pour le courant, la tension, la fréquence (le cas échéant) et la pression d'air (le cas échéant). Ceci s'applique au disjoncteur complet (circuit principal, circuit de commande et circuit auxiliaire) en prenant les valeurs indiquées à l'Article 5.

Les valeurs d'essai doivent se situer dans les tolérances indiquées dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1.

8.2 Essais applicables et ordre des essais

Les essais applicables sont récapitulés dans le Tableau 4 et ils doivent être réalisés dans l'ordre indiqué dans le Tableau 4 pour chaque groupe.

Tableau 4 – Liste des essais applicables et séquence

Groupe	Description de l'essai	Type	Paragraphe de référence
1	Caractéristiques générales de fonctionnement		
	Vérification de conformité aux plans de fabrication et aux caractéristiques du disjoncteur	Type et série	8.3.1
	Manœuvre mécanique	Type et série	8.3.2
	Tenue diélectrique	Type et série	8.3.3
	Echauffement	Type	8.3.4
	Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs	Série	8.3.5
	Endurance électrique	Type	8.3.6
	Endurance mécanique	Type	8.3.7
2	Comportement aux court-circuits		
	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure du disjoncteur en conditions de court-circuit et de la caractéristique H,V ou S	Type	8.3.8.1
	Vérification de la caractéristique C	Type	8.3.8.9
	Vérification du courant de courte durée admissible pour les disjoncteurs de redresseur R	Type	8.3.9
	Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs	Type	8.3.5
3	Recherche des courants critiques et cycle d'essai à courant faible	Type	8.3.10

8.3 Réalisation des essais

8.3.1 Vérification de la conformité aux plans de fabrication et aux caractéristiques du disjoncteur

8.3.1.1 Vérification de la conformité aux plans de fabrication

Le disjoncteur soumis aux essais doit être conforme dans tous ses détails essentiels aux plans correspondant au type qu'il représente.

8.3.1.2 Mesure de la résistance du circuit principal

Les mesures de résistance du circuit principal doivent être réalisées une fois le disjoncteur à la température ambiante.

NOTE Cette mesure est également exigée avant et après chacun des essais de court-circuit (voir 8.3.8 et 8.3.9).

8.3.1.3 Mesure de la résistance des bobines à la température ambiante

Les mesures doivent être effectuées à la température ambiante et doivent être corrigées pour donner une mesure à la température de 35 °C.

8.3.2 Vérification du fonctionnement mécanique

Cet essai est réalisé à la température ambiante du laboratoire, conformément à 7.3.1 de l'IEC 61992-1.

Ces vérifications doivent comprendre:

- une ouverture correcte du disjoncteur, le dispositif de fermeture étant alimenté (déclenchement libre, voir 3.4.11 de l'IEC 61992-1) (si cette caractéristique est prévue);
- la non-fermeture totale en cas de demande de fermeture, alors que le dispositif d'ouverture est activé.

Les durées d'ouverture et de fermeture (lorsque celles-ci sont indiquées) doivent être vérifiées.

Sur demande de l'acheteur, cet essai est répété en tant qu'essai de type, pour les conditions de fonctionnement et/ou d'environnement anormales (7.3.1 de l'IEC 61992-1).

8.3.3 Essais diélectriques

8.3.3.1 Généralités

Les essais diélectriques doivent être réalisés conformément à 7.5 de l'IEC 61992-1, avec les modifications suivantes.

Les essais diélectriques doivent être réalisés sur un disjoncteur neuf, monté dans les conditions normales d'utilisation. Dans le cas où le socle du disjoncteur est en matériau isolant, des pièces métalliques doivent être insérées au niveau des points de fixation afin de simuler les conditions d'installation.

8.3.3.2 Essai de tension de tenue aux chocs

Cet essai est un essai de type uniquement pour les disjoncteurs dont la tension U_{Nm} dépasse 2 500 V, et un essai d'investigation dans tous les autres cas.

Les essais doivent être réalisés conformément aux exigences de 7.5.1 de l'IEC 61992-1, à la fois dans les positions ouverte et fermée.

8.3.3.3 Essai de tension de tenue à fréquence industrielle

8.3.3.3.1 Généralités

Les essais de tenue en tension à des fréquences industrielles sont des essais individuels.

8.3.3.3.2 Circuit principal

Cet essai doit être réalisé conformément à 7.5.2 de l'IEC 61992-1, à la fois dans les positions ouverte et fermée.

8.3.3.3.3 Circuits auxiliaires et de commande

La tension d'essai est appliquée pendant 60 s dans les conditions suivantes:

- a) entre tous les circuits auxiliaires et de commande interconnectés qui ne sont pas normalement connectés au circuit principal, et le châssis métallique du disjoncteur;
- b) si un circuit auxiliaire est destiné à être physiquement séparé ou totalement isolé des autres circuits auxiliaires, l'essai est alors réalisé entre ce circuit et les autres;
- c) tous les appareils ayant précédemment satisfait à l'essai peuvent être déconnectés.

NOTE Il convient de court-circuiter les semi-conducteurs durant l'essai.

8.3.3.4 Valeurs d'essai

Les valeurs d'essai efficaces sont indiquées dans le Tableau 1 de l'IEC 61992-1.

Le niveau requis pour l'essai entre les contacts peut être sélectionné au niveau juste inférieur à celui du circuit principal et la terre. De même, on peut choisir des niveaux de tension différents pour les circuits auxiliaires et de commande par rapport à la terre et entre les circuits eux-mêmes.

Les essais répétés sont effectués à une tension égale à 75 % de la tension stipulée pour un disjoncteur neuf soumis pour la première fois à des essais diélectriques.

8.3.4 Essais d'échauffement

Les dispositions générales concernant les essais d'échauffement sont données en 7.4 de l'IEC 61992-1. Les échauffement donnés à l'Article 6 de l'IEC 61992-1 ne doivent pas être dépassés.

Si l'échauffement mutuel du circuit principal, du circuit de commande et du circuit auxiliaire risque d'être significatif, les essais d'échauffement décrits en 7.4.3 et 7.4.4 de l'IEC 61992-1 doivent être réalisés simultanément.

8.3.5 Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs

8.3.5.1 Relais ou déclencheurs à maximum de courant

Vérifier que le courant (dans le sens correct de circulation du courant pour les disjoncteurs unidirectionnels) provoque l'ouverture du disjoncteur dans les limites indiquées en 6.13.2.2, et ce pour chaque valeur de la plage de réglages.

Pour les disjoncteurs dont le fonctionnement est affecté par la vitesse de montée du courant, la valeur de 200 A/s ne doit pas être dépassée au voisinage des valeurs de réglage.

8.3.5.2 Déclencheur shunt et relais ou déclencheurs à minimum de tension

Vérifier que ces dispositifs provoquent l'ouverture du disjoncteur dans les limites données respectivement en 6.13.2.3 et en 6.13.2.4.

8.3.6 Essai d'endurance électrique

Il s'agit d'un essai de type réalisé dans des conditions de laboratoire.

La procédure d'essai doit être conforme aux dispositions de 7.3.2 de l'IEC 61992-1. Le nombre de cycles à réaliser doit être celui indiqué en 6.12.

L'essai doit être réalisé sur un disjoncteur équipé de son propre mécanisme de fermeture, alimenté à sa tension assignée U_{Ne} en veillant à ne jamais dépasser, au cours des essais, les limites d'échauffement indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

8.3.7 Essai d'endurance mécanique

Il s'agit d'un essai de type réalisé dans des conditions de laboratoire.

La procédure d'essai doit être conforme aux dispositions de 7.3.3 de l'IEC 61992-1. Le nombre de cycles à réaliser doit être celui indiqué en 6.12.

Cet essai doit être réalisé sur un disjoncteur équipé de son dispositif de fermeture, alimenté sous une tension dont les limites sont indiquées à l'Article 5.2 de l'IEC 61992-1, et l'essai doit être effectué de façon à ne pas dépasser les valeurs d'échauffement indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

Tous les cycles de manœuvres pour les disjoncteurs I et R et les 4 000 premiers pour les disjoncteurs L doivent être exécutés sans aucune intervention de maintenance; pour les cycles suivants des disjoncteurs de ligne L, on peut procéder aux interventions de maintenance préconisées par le fabricant, sans toutefois remplacer aucune pièce.

Le disjoncteur doit être considéré comme ayant satisfait à cet essai, si au terme de celui-ci, il peut fonctionner normalement sans autre maintenance que le nettoyage et le graissage, ou s'il est en conformité avec les dispositions du présent paragraphe.

8.3.8 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en conditions de court-circuit ~~et de la caractéristiques H, V ou S~~

8.3.8.1 ~~Tolérances des valeurs d'essai~~ Vérification de la caractéristique H, V ou S

Cet essai est réalisé aux valeurs indiquées par le fabricant en 5.3.1 à 5.3.3 et conformément à 5.3.4. L'essai est considéré comme valide si les valeurs consignées diffèrent des valeurs indiquées dans les limites figurant dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1.

Pour des raisons incombant au laboratoire, ces tolérances peuvent être révisées par accord mutuel.

8.3.8.9 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en conditions de court-circuit et de la caractéristique C

8.3.8.9.1 Tolérances des valeurs d'essai

Cet essai est réalisé aux valeurs indiquées par le fabricant en 5.3.1 à 5.3.3 et conformément à 5.3.4. L'essai est considéré comme valide si les valeurs consignées diffèrent des valeurs indiquées dans les limites figurant dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1:2006, à l'exception de la constante de temps. Les tolérances de la vitesse de montée doivent être de 0 ~ +30 % et, par conséquent, les tolérances de la constante de temps sont de -30 % ~ 0.

Pour des raisons incombant au laboratoire, ces tolérances peuvent être révisées par accord mutuel.

8.3.8.9.2 Conditions d'essai

Le disjoncteur doit être complètement monté. Le mécanisme de commande, à l'exception des moteurs de commande, doit être alimenté à la tension minimale telle qu'elle est spécifiée en 5.4.

Il convient de soumettre le disjoncteur aux essais dans une enveloppe ayant le volume et les dimensions minimaux définis par le fabricant, ou à l'air libre s'il est destiné à être utilisé dans une armoire, en utilisant des écrans pour simuler la proximité immédiate des parois et du plafond de l'armoire. Ces écrans ou l'enceinte doivent être métalliques et reliés au châssis du disjoncteur lui-même mis à la masse. Les écrans et l'armoire peuvent éventuellement être garnis d'un matériau isolant si tel est le cas dans l'environnement réel d'utilisation du disjoncteur.

8.3.8.9.3 Procédure

L'essai décrit en 5.3.4 consiste à vérifier un ensemble de types de fonctions particulières à la classe d'utilisation du disjoncteur avec le cycle de service et le réglage appropriés. Chacun des cycles de service doit être réalisé une fois et, compte tenu de la sévérité de cet essai, le disjoncteur peut être entretenu entre les cycles de service.

Si l'on adopte le Service 3 dans le Tableau 3, le cycle d'essai O – 10 s – CO doit être réalisé une fois. Pour des raisons incombant au laboratoire, le temps entre O et CO peut être inférieur à 10 s par accord mutuel (Voir Tableau 3, Note b).

Quand un disjoncteur peut être utilisé avec l'une ou l'autre de ses bornes primaires reliées à l'alimentation positive, les cycles d'essai f), e) et d) (voir Tableau 3) doivent être répétés pour les deux connexions.

Après chaque cycle d'essai, un essai diélectrique est exigé conformément à 7.6.3 de l'IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.4 Circuit d'essai

Un schéma de principe du circuit d'essai est représenté à l'Annexe A de l'IEC 61992-1:2006.

Les détails concernant le circuit d'essai sont donnés en 7.6.1 de l'IEC 61992-1:2006.

Pour des raisons incombant au laboratoire, la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif peut être appliquée par accord mutuel (voir Annexe B).

Pour les cycles d'essai e) et d), si une impédance insuffisante peut être ajoutée du côté de la charge, le cycle d'essai doit être répété en inversant les connexions sous tension aux bornes. Ainsi, les deux bornes du disjoncteur sont soumises aux essais vis-à-vis de la terre pendant l'extinction de l'arc.

8.3.8.9.5 Constante de temps du circuit d'essai

La constante de temps du circuit d'essai est telle que décrite ci-après (voir Tableau 2).

- a) Pour l'essai de défaut maximal, la constante de temps du circuit doit être la valeur indiquée dans le Tableau 6.
- b) Pour l'énergie maximale, la constante de temps du circuit doit être supérieure ou égale à la moitié de la constante de temps assignée T_{Nc} (Pour la valeur réelle, voir 5.1.1.3 de l'IEC 61992-1:2006).

- c) Pour le défaut lointain, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à la constante de temps assignée T_{Nc} .
- d) Pour l'essai d'endurance électrique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit fixée à 0,01 s.
- e) Pour l'essai au courant critique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit aussi proche que possible de 0,01 s.

Lors de l'étalonnage de chaque essai, la constante de temps du circuit d'essai ou la vitesse de montée initiale doit être mesurée. La constante de temps est déterminée à partir du courant d'essai. (Voir forme d'onde d'étalonnage 2 dans l'IEC 61992-1:2006, Tableau A.2.)

Si l'on adopte la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif, il convient de se référer à l'Annexe B.

8.3.8.9.6 Tension de rétablissement

Pour cet essai, la valeur moyenne de la tension de rétablissement ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_{Ne} . Si l'on adopte l'essai de court-circuit en courant alternatif, les conditions d'essai indiquées à l'Article B.3 peuvent s'appliquer.

8.3.8.9.7 Modalités d'essai

8.3.8.9.7.1 Etalonnage du circuit d'essai

L'essai doit être réalisé à la tension assignée U_{Ne} , étalonnée avec l'unité d'essai A qui est remplacée par une connexion provisoire B d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Régler les résistances R et les inductances L de façon à obtenir le courant de court-circuit établi et la constante de temps assignée. Ces valeurs sont pour le courant présumé et doivent être celles indiquées par le fabricant, avec les tolérances données en 7.2 de l'IEC 61992-1 2006 (voir 8.3.8.1).

Si l'on adopte la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif, il convient de se référer à l'Annexe B.

8.3.8.9.7.2 Réalisation des essais

Remplacer la connexion provisoire B par l'unité d'essai A en reliant les bornes du disjoncteur comme exigé par le cycle d'essai. Les essais doivent être conformes à 8.3.8.3 et aux conditions énoncées en 7.6.2 de l'IEC 61992-1:2006.

Après l'interruption du courant, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant 0,1 s.

Si l'essai est réalisé comme essai en continu alternatif, la durée de la tension de rétablissement peut être inférieure à 0,1 s par accord mutuel.

8.3.8.9.7.3 Comportement du disjoncteur pendant les essais de fermeture et de coupure en court-circuit

Pendant l'essai, le disjoncteur doit couper le courant de court-circuit; il ne doit pas y avoir de réamorçage après interruption du courant. Le courant de court-circuit doit être le courant de court-circuit assigné.

Le disjoncteur doit être conforme aux valeurs données au Tableau 7.

**Tableau 7 – Vérification du comportement du disjoncteur
lors des cycles d'essai f, ff et fr**

Type	Durée d'ouverture	Durée de coupure totale	Réglage du courant	Vitesse initiale de montée	Courant coupé limité
	ms	ms	kA	kA/ms	kA
C	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas	Valeur maximale	Supérieure ou égale à la valeur figurant dans le Tableau 6	Inférieur ou égal à la valeur donnée dans le Tableau 6

L'élément fusible du dispositif de protection D ne doit pas griller pendant l'essai.

Le courant coupé limité doit être vérifié.

8.3.8.9.7.4 Etat du disjoncteur après l'essai ci-dessus

Il doit être tel que spécifié en 7.6.3 de l'IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.8 Vérification de la caractéristique C pour les cycles d'essai f, ff et fr

Pendant l'essai de défaut maximal correspondant aux cycles d'essai f, ff et fr, on doit vérifier que le comportement du disjoncteur est conforme à sa désignation de classe C uniquement si les courants et les réglages d'essais sont ceux donnés dans le Tableau 7.

Le courant coupé limité du disjoncteur doit être celui indiqué dans le Tableau 7.

8.3.8.2 Conditions d'essai

Le disjoncteur doit être complètement monté. Le mécanisme de commande, à l'exception des moteurs de commande, doit être alimenté à la tension minimale telle qu'elle est spécifiée en 5.4.

Il convient de soumettre le disjoncteur aux essais dans une enveloppe ayant le volume et les dimensions minimaux définis par le fabricant, ou à l'air libre s'il est destiné à être utilisé dans une armoire, en utilisant des écrans pour simuler la proximité immédiate des parois et du plafond de l'armoire. Ces écrans ou l'enceinte doivent être métalliques et reliés au châssis du disjoncteur lui-même mis à la masse. Les écrans et l'armoire peuvent éventuellement être garnis d'un matériau isolant si tel est le cas dans l'environnement réel d'utilisation du disjoncteur.

8.3.8.3 Procédure

L'essai décrit en 5.3.4 consiste à vérifier un ensemble de types de fonctions particulières à la classe d'utilisation du disjoncteur avec le cycle de service et le réglage appropriés. Chacun des cycles de service doit être réalisé une fois et, compte tenu de la sévérité de ces essais, le disjoncteur peut être entretenu entre les cycles de service.

Quand un disjoncteur peut être utilisé avec l'une ou l'autre de ses bornes primaires reliées à l'alimentation positive, les cycles d'essais f), e) et d) (voir Tableau 2) doivent être répétés pour les deux connexions.

Après chaque cycle d'essai, un essai diélectrique est exigé conformément à 7.6.3 de l'IEC 61992-1.

8.3.8.4 Circuit d'essai

Un schéma de principe du circuit d'essai est représenté à l'Annexe A de l'IEC 61992-1.

Les détails concernant le circuit d'essai sont donnés en 7.6.1 de l'IEC 61992-1.

Pour les cycles d'essai e) et d), si une impédance insuffisante peut être ajoutée du côté de la charge, le cycle d'essai doit être répété en inversant les connexions sous tension aux bornes. Ainsi, les deux bornes du disjoncteur sont testées vis-à-vis de la terre pendant la coupure de l'arc.

Pour les disjoncteurs de type V, il convient d'effectuer le cycle d'essai d) en ayant toutes les impédances du côté de la charge de façon à exercer une contrainte sur la diode de roue libre du disjoncteur, puis de le répéter en ayant toutes les impédances du côté de l'alimentation, de façon à exercer une contrainte sur les dispositifs absorbeurs de surtensions.

Il convient également d'effectuer le cycle d'essai e) de cette façon si le disjoncteur de type V peut être situé à la position d'énergie maximale.

8.3.8.5 Constante de temps du circuit d'essai

Pour les défauts maximaux, la constante de temps n'est pas mesurée mais elle est supposée correcte si le rapport crête/régime permanent est supérieur ou égal à 1,42. Pour un cycle d'essai à énergie maximale, la constante de temps du circuit ne doit pas être inférieure à 0,5 fois la constante de temps assignée de voie T_{NC} (voir 5.1.1.3 de l'IEC 61992-1 pour les valeurs réelles). Pour le défaut lointain, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à la constante de temps assignée de voie T_{NC} . Pour l'essai d'endurance électrique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à 0,01 s et, pour l'essai au courant critique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit aussi proche que possible égale à 0,01 s.

La constante de temps du circuit d'essai doit être mesurée lors de l'étalonnage et la mesure est celle du courant d'essai (voir Figure A.2 – étalonnage 2 – de l'IEC 61992-1).

8.3.8.6 Tension de rétablissement

La valeur moyenne de la tension de rétablissement de cet essai ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_{Ne} .

8.3.8.7 Modalités d'essai

8.3.8.7.1 Etalonnage du circuit d'essai

L'essai doit être réalisé à la tension assignée U_{Ne} , étalonnée avec l'appareil à essayer A qui est remplacé par une connexion provisoire B d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Régler les résistances R et les inductances L de façon à obtenir le courant de court-circuit établi et la constante de temps assignée. Ces valeurs sont pour le courant présumé et doivent être celles indiquées par le fabricant, avec les tolérances données en 7.2 de l'IEC 61992-1 (voir aussi 8.3.8.1).

Lorsque le court-circuit nécessite une valeur de crête, celle-ci ne doit pas être inférieure à $1,42 I_{SS}$.

NOTE On peut être amené à régler la valeur de I_{SS} pour atteindre la valeur de crête exigée.

8.3.8.7.2 Réalisation de l'essai

Remplacer la connexion provisoire B par l'appareil à essayer A en reliant les bornes du disjoncteur de la façon prescrite pour le cycle d'essai. Les essais doivent être conformes à 8.3.8.3 et avec les conditions énoncées en 7.6.2 de l'IEC 61992-1.

Après l'interruption du courant, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant 0,1 s.

8.3.8.7.3 Comportement du disjoncteur pendant l'essai de fermeture et de coupure en court-circuit

Pendant l'essai, le disjoncteur doit couper le courant de court-circuit; il ne doit pas y avoir de réamorçage après interruption du courant. Le courant de court-circuit doit être le courant de court-circuit assigné.

Le disjoncteur doit être conforme aux valeurs données au Tableau 5.

Tableau 5 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr

Type	Durée ms	Durée de coupure totale ms	Rapport de I_{Nss} par rapport au réglage	di/dt à $t = 0$ kA/ms
H	≤ 5	≤ 20	≥ 7	≥ 5
V	≤ 2	≤ 4	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas
S	≤ 15	≤ 30	$\geq 3,5$	$\geq 1,7$

Voir 3.4.7 et 3.4.8 de l'IEC 61992-1

L'élément fusible du dispositif de protection D ne doit pas griller pendant l'essai.

Le courant coupé limité doit être vérifié.

8.3.8.7.4 Etat du disjoncteur après l'essai ci-dessus

Il doit être tel que spécifié en 7.6.3 de l'IEC 61992-1.

8.3.8.8 Vérification de la caractéristique H, V ou S pour les cycles d'essai f, ff et fr

Pendant l'essai de défaut maximal correspondant aux cycles d'essai f, ff et fr, on ne doit vérifier que le comportement des différents types de disjoncteurs est conforme à leurs classes respectives H, V et S, que si les courants et les réglages d'essais sont ceux donnés dans le Tableau 5.

La durée d'ouverture et la durée de coupure totale de chaque type de disjoncteur doivent être celles indiquées dans le Tableau 5.

Lorsque les courants d'essai donnent des valeurs de rapport et de di/dt inférieures aux exigences du Tableau 5 pour la catégorie pendant les essais de type normalisés, et donnent des durées d'ouverture et de coupure totale supérieures à celles demandées, on doit réaliser un seul essai d'ouverture à un réglage réduit du disjoncteur, choisi dans la plage de réglages du disjoncteur pour montrer la conformité avec les durées d'ouverture et de coupure totale prescrites dans le Tableau 5.

8.3.9 Vérification du comportement au courant de courte durée admissible pour le cycle d'essai s

8.3.9.1 Valeurs d'essai

Elles doivent être conformes aux conditions énoncées en 7.7.1 de l'IEC 61992-1.

8.3.9.2 Conditions d'essai

L'unité doit être soumise aux conditions énoncées en 8.3.8.2 de cette norme et en 7.7.2 de l'IEC 61992-1.

8.3.9.3 Comportement du disjoncteur au cours de l'essai

Il doit être conforme aux conditions spécifiées en 8.3.8.3 de cette norme et en 7.7.3 de l'IEC 61992-1 (le cas échéant).

8.3.9.4 Etat du disjoncteur après l'essai

Après l'essai, les parties mécaniques et les parties isolantes doivent être conformes au 7.7.4 de l'IEC 61992-1 (le cas échéant).

8.3.10 Recherche des courants critiques et réalisation des cycles d'essais I) et Ir)

La recherche des courants critiques est un essai de type pour tous les types de disjoncteurs, servant à donner la valeur du courant nécessaire aux cycles d'essai à courant faible I et Ir du Tableau 2.

L'Annexe C de l'IEC 61992-1 donne les procédures pour la recherche des courants critiques.

Le cycle d'essai I des disjoncteurs L est ~~exécuté selon les exigences des~~ réalisé à la valeur du courant critique I_c déterminée pour les disjoncteurs unidirectionnels U_1 et U_2 ~~et de la même façon qu'à~~ selon la description de l'Article C.2 de l'IEC 61992-1:2006 pour les disjoncteurs bidirectionnels B selon la description de l'Article C.3 de l'IEC 61992-1:2006.

~~NOTE 1 Ceci s'applique à la fois aux disjoncteurs U_1 et U_2 .~~

Le cycle d'essai Ir des disjoncteurs R et I est réalisé ~~selon les exigences des disjoncteurs bidirectionnels et de la même façon qu'à~~ à la valeur du courant critique I_c déterminée selon la description de l'Article C.3 de l'IEC 61992-1:2006.

NOTE 2 Les disjoncteurs R ont un déclenchement inverse unidirectionnel et coupent un courant faible dans le sens direct.

Annexe A **(informative)**

Informations requises

A.1 Généralités

La présente Annexe récapitule les informations qui peuvent être utilisées comme recommandations pour répondre à l'Article 7.

A.2 Spécification du cahier des charges

Lorsque cela est applicable, il convient que l'acheteur mentionne les points suivants dans le cahier des charges afin de donner les caractéristiques techniques précises pour les installations particulières:

- a) conditions d'utilisation différant de celles définies comme «normales» (voir Article 4 de l'IEC 61992-1);
- b) détails des types de disjoncteurs (y compris catégories et utilisation);
- c) données mentionnées à l'Article 5 qui sont à fournir par l'acheteur;
- d) caractéristiques particulières concernant l'Article 6 et détails des bornes;
- e) calibre des disjoncteurs et cycle de charge;
- f) cycle d'essais – cycle 1 ou cycle 2;
- g) plage de réglages et points intermédiaires pour la protection contre les surintensités;
- h) tensions minimale et maximale de la source auxiliaire;
- i) détails des dispositions de transport et de livraison sur le site, y compris les dimensions d'emballage maximales;
- j) les cycles de manœuvre mécanique minimale pour le disjoncteur L si l'acheteur le demande (voir 6.12 a)).

A.3 Spécifications du fabricant

Il convient que le constructeur donne les informations suivantes:

- a) identification
 - 1) nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - 2) désignation du type;
 - 3) référence à la Norme nationale correspondant à cette norme, par rapport à laquelle le fabricant déclare la conformité;
 - 4) année de fabrication et numéro de série;
 - 5) repérage de toutes les connexions (principales et auxiliaires).
- b) caractéristiques
 - 1) confirmation du type, de l'utilisation et des fonctions (voir 5.2 b), 5.2 c) et 5.3.4);
 - 2) capacité à satisfaire à des exigences d'exploitation différentes de la normale (définies comme normales à l'Article 4 de l'IEC 61992-1);
 - 3) tension(s) assignée(s) U_{Ne};
 - 4) plage des tensions pour lesquelles le disjoncteur fonctionne de façon satisfaisante;
 - 5) courant(s) assigné(s) I_{Ne} à la ou aux tensions assignées du matériel;

- 6) constante de temps assignée de voie T_{Nc} ;
- 7) sens d'interruption du courant, U1, U2 ou B;
- 8) cycle d'essai du disjoncteur;
- 9) utilisation du disjoncteur, L, I ou R;
- 10) restriction de l'utilisation de disjoncteurs V seulement aux sous-stations de redressement, si c'est le cas;
- 11) tension d'arc maximale en condition d'essai;
- 12) courant thermique conventionnel I_{th} et courant thermique dans une enveloppe I_{the} , si nécessaire;
- 13) matériaux des contacts;
- 14) tension assignée d'isolement U_{Nm} ;
- 15) niveau de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} si c'est le cas;
- 16) puissance requise à la tension de commande assignée pour fermer le disjoncteur;
- 17) puissance requise à la tension de commande assignée, pour la bobine de déclenchement shunt ou autre dispositif équivalent;
- 18) capacité à satisfaire au cycle de charge spécifié par l'acheteur;
- 19) résistance du circuit principal du disjoncteur;
- 20) échauffements garantis au courant assigné de service dans les diverses parties du disjoncteur (voir l'Article 6 de l'IEC 61992-1) et échauffements pour les surcharges;
- 21) pouvoirs assignés de fermeture et/ou de coupure en court-circuit aux différents cycles spécifiés I_{Nss} ;
- 22) durée de coupure en fonction de la vitesse de montée du courant (di/dt);
- 23) durée de fermeture;
- 24) courant coupé limité en fonction de la vitesse de montée du courant (di/dt);
- 25) courant critique;
- 26) type de boîte de soufflage;
- 27) indiquer si le disjoncteur est maintenu fermé électriquement, magnétiquement ou mécaniquement;
- 28) indice de protection IP dans le cas d'un équipement sous enveloppe (selon l'IEC 60529);
- 29) caractéristiques des relais et déclencheurs à maximum de courant;
- 30) tension(s) assignée(s) des circuits de commande, nature (et fréquence) des courants;
- 31) nature du courant (fréquence assignée) et tension d'alimentation de la commande, s'ils sont différents de ceux de la bobine de commande;
- 32) pression d'air assignée et limites des variations de pression (pour les dispositifs à commande pneumatique);
- 33) masse du disjoncteur complet et des pièces débrochables s'il y en a;
- 34) taille minimale de l'enveloppe et, le cas échéant, caractéristiques du système de ventilation auquel les caractéristiques assignées s'appliquent;
- 35) distance minimale entre le disjoncteur et les parties métalliques reliées à la terre pour les disjoncteurs prévus pour être utilisés sans enveloppe;
- 36) tension assignée du circuit de commande du déclencheur shunt et/ou du déclencheur à minimum de tension (ou déclencheur à manque de tension);
- 37) courant assigné des déclencheurs à surintensité;
- 38) plage(s) de réglages du déclencheur à maximum de courant;
- 39) méthode d'étalonnage des courants variables;

- 40) méthode de déclenchement;
- 41) effet, le cas échéant, de la variation de la température sur l'étalonnage en courant;
- 42) type et consommation d'énergie du système anti-pompage;
- 43) type et consommation d'énergie des relais d'interface;
- 44) type et consommation d'énergie de tous les matériels de commande intégrés;
- 45) nombre et type des contacts auxiliaires et nature du courant, fréquence assignée (le cas échéant) et tension(s) assignée(s) des interrupteurs auxiliaires;
- 46) caractéristiques en régime permanent et pouvoir de coupure de chaque contact auxiliaire;
- 47) méthode de fixation du disjoncteur;
- 48) détails concernant les dispositifs pour la manœuvre du chariot du disjoncteur, le cas échéant;
- 49) détails des dégagements nécessaires;
- 50) détails de l'accès nécessaire à l'arrière;
- 51) période recommandée par le fabricant pour la maintenance périodique (contact, boîte de soufflage et disjoncteur complet) en tenant compte du nombre de manœuvres au courant assigné de service I_{Ne} et du courant maximal de court-circuit I_{Nss} .

NOTE Les caractéristiques ci-dessus ne sont utilisées que si elles s'appliquent de manière spécifique à l'application.

c) plans

- 1) disposition générale et élévations en coupe du disjoncteur, montrant les dimensions hors tout, l'espace nécessaire au retrait de la boîte de soufflage, l'espace nécessaire pour les parties isolées et/ou à la terre (le cas échéant), l'espace nécessaire à l'enlèvement du disjoncteur, les dimensions maximales à l'expédition, le poids net et l'estimation des poids bruts ainsi que les résistances aux chocs des sols;
- 2) schéma de commande;
- 3) disposition générale des fondations métalliques et zone devant rester non blindée pendant la finition par le contractant, et répartition de la charge;
- 4) caractéristiques (i^2t ou durée de coupure ou courant coupé limité) du disjoncteur;
- 5) oscillogrammes montrant les performances du disjoncteur dans des conditions d'interruption particulières;
- 6) manuels d'installation, d'exploitation et d'entretien.

Annexe B (normative)

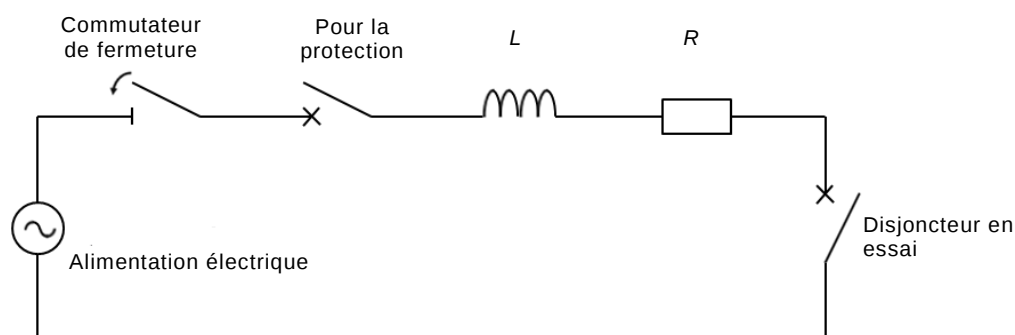
Méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif

B.1 Généralités

Pour le disjoncteur C, la présente annexe indique l'autre méthode en courant alternatif pour la réalisation des essais de fermeture et de coupure en court-circuit spécifiée en 8.3.8.9.

B.2 Circuit d'essai

Les conditions de l'essai de court-circuit en courant alternatif correspondant à l'essai de court-circuit en courant continu sont les suivantes (voir Figure B.1).



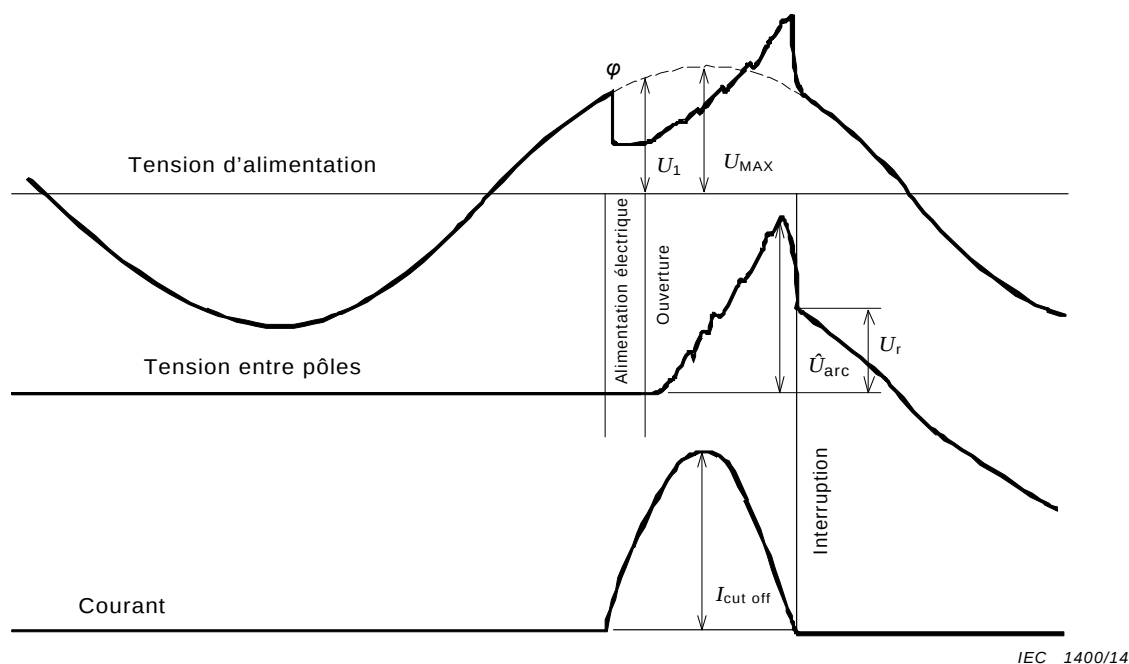
IEC 1399/14

Légende

- L inductance du circuit
- R résistance du circuit

Figure B.1 – Circuit d'essai

Les formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif sont telles que décrites ci-après (voir Figure B.2):



Légende

f	Fréquence d'essai	$\hat{U}_{\text{arc}}$	Tension d'arc maximale
U_{max}	Valeur crête de la tension	$I_{\text{cut off}}$	Courant coupé limité
U_1	Tension d'alimentation	φ	Angle de phase de fermeture
U_r	Tension de rétablissement		

Figure B.2 – Formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif

B.3 Conditions d'essai

Les conditions de l'essai de court-circuit en courant alternatif sont les suivantes:

Tension d'alimentation U_1

La tension U_1 à l'ouverture du contact du disjoncteur doit être supérieure ou égale à la tension assignée U_{Ne} .

Tension de rétablissement U_r

La tension de rétablissement U_r doit être supérieure ou égale à la tension assignée U_{Ne} .

Résistance du circuit R

La résistance du circuit R doit être inférieure ou égale à $U_{\text{max}} / I_{\text{Nss}} + 5 \%$.

Inductance du circuit L

L'inductance du circuit L doit être supérieure ou égale à $U_1 / (di/dt)$.

Angle de phase de fermeture φ

La forme d'onde de courant d'essai doit avoir un angle de phase de fermeture satisfaisant aux conditions suivantes (voir Figure B.3):

- La forme d'onde du courant d'essai doit être supérieure ou égale à 95 % du courant d'essai de court-circuit en courant continu (valeur calculée) 5 ms après le court-circuit.
- La forme d'onde du courant d'essai doit être supérieure ou égale à 100 % du courant d'essai de court-circuit en courant continu (valeur calculée) 10 ms et 15 ms après le court-circuit.

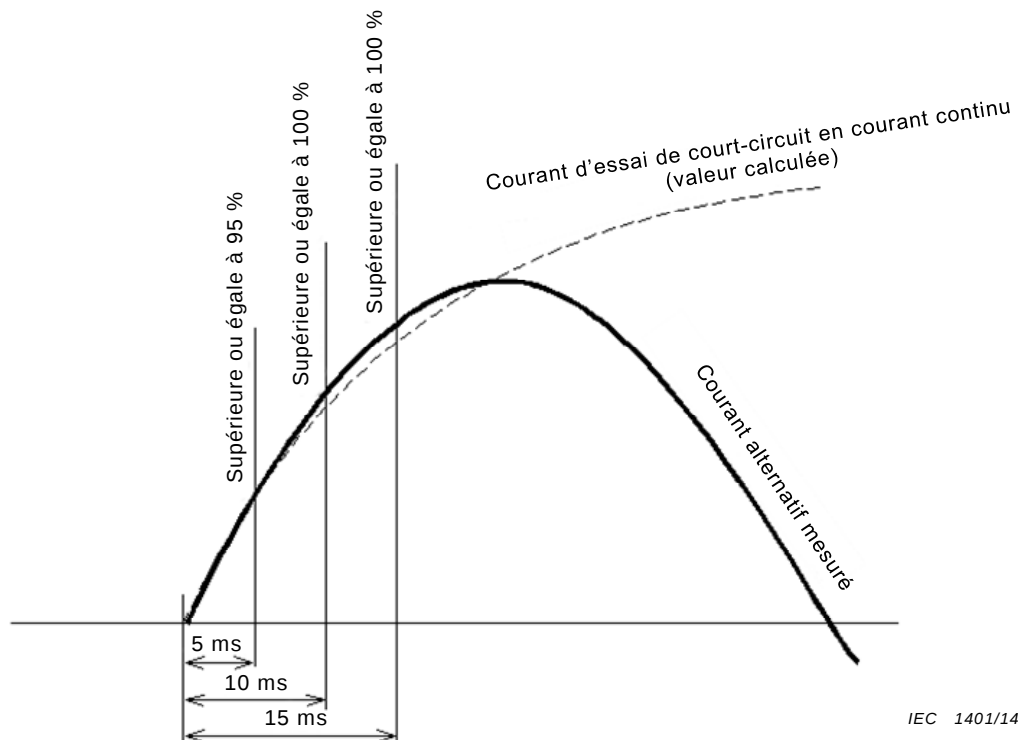


Figure B.3 – Angle de phase de fermeture (forme d'onde de courant)

Tolérances des conditions d'essai

Les tolérances des conditions d'essai sont les suivantes:

- Fréquence $f = f_0 \pm 0,3$ Hz.
- Angle de phase de fermeture $\varphi \geq (\varphi_0 - 3^\circ)$.
où f_0 et φ_0 sont les valeurs au moment de la mesure des constantes.

Essai de cycle de service (O – t – CO).

B.4 Méthode de mesure des constantes de circuit

B.4.1 Résistance de circuit R

La résistance de circuit R est mesurée à l'aide de la méthode par chute de tension en alimentant le circuit d'essai avec un courant continu supérieur ou égal à 50 A.

B.4.2 Inductance de circuit L

L'inductance de circuit L doit être égale à la valeur L lorsque la valeur de mesure réelle et la valeur calculée du courant d'essai de court-circuit en courant alternatif correspondent l'une à l'autre avec une marge de ± 5 % dans la plage comprise entre 5 ms et 15 ms après le court-circuit (voir Figure B.4).

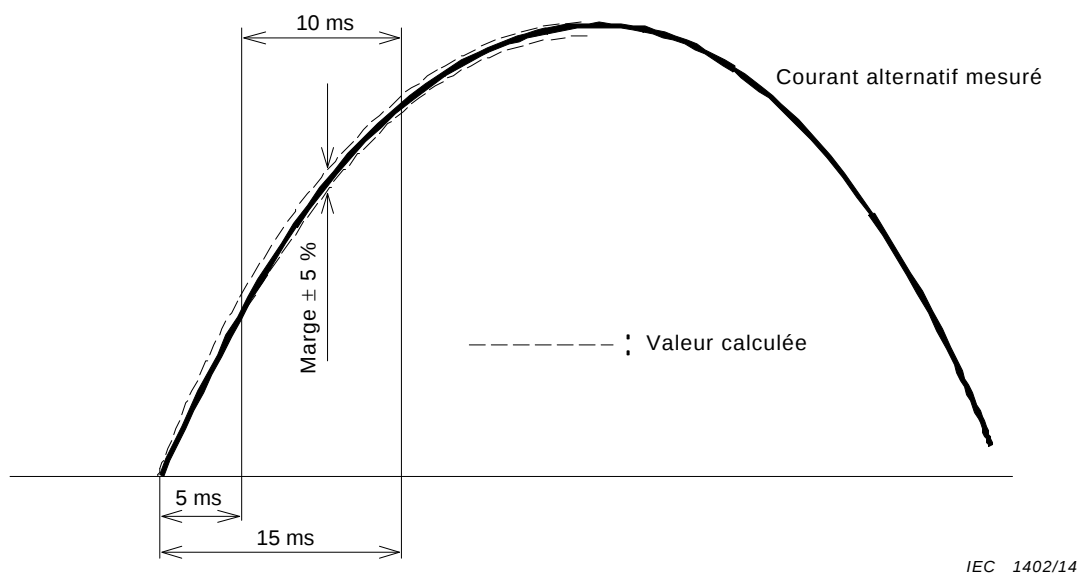


Figure B.4 – Méthode de mesure de l'inductance du circuit L

Formule de calcul

$$i = \frac{U_{\max}}{(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}} \left\{ \sin(\omega t + \varphi - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \sin(\varphi - \theta) \right\}$$

où φ : angle de phase de fermeture

$$\theta = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

ω : fréquence d'essai $2 \times \pi \times f$

Bibliographie

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Railway applications – Fixed installations – DC switchgear –
Part 2: DC circuit-breakers**

**Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu –
Partie 2: Disjoncteurs en courant continu**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions.....	6
4 Service requirements.....	6
5 Characteristics of the circuit-breaker	6
5.1 Enumeration of the characteristics.....	6
5.2 Type of circuit-breaker	7
5.3 Rated values and limit values for the main circuit	9
5.4 Control circuits	12
5.5 Auxiliary contacts and circuits	12
5.6 Releases	13
5.7 Arc voltage	13
6 Construction	14
6.1 General.....	14
6.2 Materials	14
6.3 Arcing contacts	14
6.4 Clearances and creepage distances	14
6.5 Primary connections.....	14
6.6 Location of the primary connections	14
6.7 Earthing terminal	14
6.8 Manual operation for maintenance.....	15
6.9 Circuit-breaker enclosures.....	15
6.10 Temperature-rises	15
6.11 Dielectric strength	15
6.12 Electrical and mechanical endurance	15
6.13 Operation	16
6.14 Corrosion protection	16
6.15 Noise emission.....	17
6.16 Cooling.....	17
6.17 Servo-control (where applicable)	17
6.18 Other facilities	17
7 Information and marking	17
7.1 Information	17
7.2 Marking	17
8 Tests	18
8.1 General.....	18
8.2 Applicable tests and test sequence	18
8.3 Performance of tests	19
Annex A (informative) Information required	28
Annex B (normative) AC short-circuit test method	31
Bibliography.....	35

Figure B.1 – Test circuit.....	31
Figure B.2 – Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test.....	32
Figure B.3 – Making phase angle (current waveform).....	33
Figure B.4 – Method of measuring the circuit inductance L	34
Table 1 – Shortened type designation	9
Table 2 – Circuit-breaker duties	11
Table 3 – Test duty cycles	11
Table 4 – List of applicable tests and sequence	19
Table 5 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr	26
Table 6 – Limits of the cut-off current of C circuit-breakers during maximum fault test	8
Table 7 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – DC SWITCHGEAR –

Part 2: DC circuit-breakers

FOREWORD

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

This Consolidated version of IEC 61992-2 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2006-02) [documents 9/887/FDIS and 9/909/RVD] and its amendment 1 (2014-04) [documents 9/1791/CDV and 9/1851/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61992-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

- all requirements applying to more than one part of the IEC 61992 series are now specified in Part 1 and consequently the related clauses in this part of the series now make reference to Part 1;
- specification of the characteristics of the circuit-breaker has been improved.

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

IEC 61992 consists of the following parts, under the general title *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear*:

- Part 1: General
- Part 2: DC circuit-breakers
- Part 3: Indoor d.c. disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches
- Part 4: Outdoor d.c. disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches
- Part 5: Surge arresters and low-voltage limiters for specific use in d.c. systems
- Part 6: DC switchgear assemblies
- Part 7-1: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Application guide
- Part 7-2: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Isolating current transducers and other current measuring devices
- Part 7-3: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Isolating voltage transducers and other voltage measuring devices

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

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

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – DC SWITCHGEAR –

Part 2: DC circuit-breakers

1 Scope

This part of IEC 61992 specifies requirements for d.c. circuit-breakers for use in fixed installations of traction systems.

NOTE Switchgear assemblies, electromagnetic compatibility (EMC) and dependability are not covered in this standard, but by other parts of this standard or by other standards, as indicated in IEC 61992-1.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60850:2000, *Railway applications – Supply voltage of traction systems*

IEC 61992-1:2006+ A1:2014, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 1: General*

IEC 61992-6:2006, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 6: DC switchgear assemblies*

EN 50124-1:2001, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for electrical and electronic equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61992-1 apply.

4 Service requirements

Environmental conditions applicable to the equipment discussed in this standard are covered in 4.1 of IEC 61992-1.

5 Characteristics of the circuit-breaker

5.1 Enumeration of the characteristics

The characteristics of a circuit-breaker and its assigned designations and values (where applicable) are covered below as follows:

- type of circuit-breaker (5.2);
- rated values and limit values of the main circuit and short-circuit characteristics (5.3);
- control circuits (5.4);
- auxiliary circuits (5.5);

- releases (5.6);
- arc voltages (5.7).

5.2 Type of circuit-breaker

A circuit-breaker is defined by the following details, as applicable.

NOTE 1 As far as applicable, the following requirements also apply to single-pole circuit-breakers electrically or mechanically interlocked in multiple systems.

a) Interruption:

- in air;
- via a semiconductor;
- in vacuum bulb.

NOTE 2 In this standard, only interruption in air or via a semiconductor is addressed. This standard may be used for other specified interrupting media, as far as applicable, where clearly specified by mutual agreement between purchaser and supplier.

b) Breaking characteristics (class designation):

1) circuit-breakers without intended limitation of current rise during maximum fault test

- high speed current limiting circuit-breaker H;

the H circuit-breaker has an opening time not greater than 5 ms and a total break time not greater than 20 ms, when the current to be interrupted has a prospective sustained value of at least 7 times the circuit-breaker setting and

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 5 \text{ kA/ms}$$

- very-high speed current limiting circuit-breaker V;

the V circuit-breaker has a total break time not greater than 2 ms, irrespective of the other parameters of the circuit;

- semi-high speed circuit-breaker S;

the S circuit-breaker has an opening time not greater than 15 ms and a total break time not greater than 30 ms, when the current to be interrupted has a prospective sustained value of at least 3,5 times the circuit-breaker setting and

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 17 \text{ kA/ms}$$

2) circuit-breakers with intended limitation of current rise during maximum fault test

- cut-off current limiting circuit-breaker C;

the C circuit-breaker limits the cut-off current before the short-circuit current to be interrupted reaches its maximum value; the C circuit breaker can be an air circuit breaker or a hybrid circuit breaker;

Table 6 gives the maximum values of the cut-off current depending on the preferred values of rated short-circuit current together with the maximum allowable value of initial current rise;

Table 6 applies to C circuit-breakers for nominal voltages up to and including 1 500 V.

Table 6 – Limits of the cut-off current of C circuit-breakers during maximum fault test

Short circuit current characteristics			Maximum cut-off current	
Rated short-circuit current	Initial rate of rise	Circuit time constant	Class C1	Class C2
I_{Nss}				
kA	kA/ms	ms	kA	kA
20	1,5	13,3	15	17
50	3	16,7	25	30
75	10	7,5	50	60
100	10	10,0	55	70

Smoothing reactors should be installed for substations in order to realize an initial rate of rise equal to or less than the applicable value given in Table 6.

c) Use (installation point) in the system:

- interconnector circuit-breaker I (also called bus-section or section circuit-breaker);
- line circuit-breaker L;
- rectifier circuit-breaker R.

d) Current interruption direction:

- unidirectional U;
- fitted with a series unidirectional release U_1 ;
- fitted with a series bidirectional release U_2 ;

NOTE 3 U_2 circuit-breakers are used for application where the reverse fault current is low (distant fault current) and cannot operate the overload protection for normal discrimination purposes (i.e. substations where adjacent substations are a far distance away).

- bidirectional B.

e) Duty of the main circuit

NOTE 4 To be specified when different from 5.3.4.2 and Table 2.

f) Actuating of the closing and opening operations:

- stored energy operation;
- independent manual operation;
- independent power operation;
- use of magnet;
- type of automatic tripping due to a release or relay;
- interlocks for opening and/or closing operations;
- trip-free provision;
- anti-pumping device.

g) Relay or release type:

- type of the relay(s) or release(s) involved.

h) Provision of an enclosure:

- without provision of an enclosure O (see 3.3.16 of IEC 61992-1);
- with provision of an integral enclosure E (see 3.3.17 of IEC 61992-1);
- with provision of a separate protection enclosure P.

The purchaser shall indicate which characteristics are to be present in the required circuit-breaker(s) and only those tests which relate to the chosen type are applicable to the selected type of circuit-breaker.

The above designations are used in this standard and may be used elsewhere adopting the conventional grouping as given in Table 1.

Table 1 – Shortened type designation

Items above	b)	c)	d) ^a	h) ^a
Options	H	I	U ₁	O
	V	L	U ₂	E
	S	R	B	P
	C			
Examples	H/L/B/E			
	V/I/P		S/R/O	
	H/R and L/U ₂ ^b			
NOTE When a circuit-breaker is not suitable to perform all duties as given in 5.3.4.2, this fact will be indicated by means of the lower case letter(s) designating actual capability according to Table 2, first column (for example, H1/I ff, fr/P).				
^a Optional designations.				
^b When a circuit-breaker is or shall be suitable for multiple alternate functions, the indication of these functions shall be preceded by an "and".				

Where semiconductor circuit-breakers are only designed for use in rectifier equipped substations, they shall be clearly so marked. If they may also be used as track paralleling circuit-breakers, when the substation rectifier circuit-breakers are out of service, they shall also be clearly so marked.

5.3 Rated values and limit values for the main circuit

5.3.1 General

The rated characteristic values shall be specified by the purchaser. Nominal voltage values shall be selected from the values indicated in Table 1 of IEC 61992-1; current values and track time constant (based on the track configuration which gives the largest track time constant) should have one of the preferred values listed in 5.1.2 of IEC 61992-1.

These values should be confirmed by the supplier, who should indicate the rated values for the type of circuit-breaker proposed and supply any other relevant data.

All these values shall be stipulated in accordance with 5.3.2 to 5.3.4. Definitions are given in IEC 61992-1. Some data may be omitted by agreement.

5.3.2 Voltages

A circuit-breaker is identified by the following voltages:

- system voltages and limits (see 3.2.1 and 5.1.3 of IEC 61992-1);
- nominal voltage U_n (see IEC 60850);
- rated voltage U_{Ne} (see 3.2.1.4 of IEC 61992-1);
- rated insulation voltage U_{Nm} (see 3.2.1.3 of IEC 61992-1). It shall be equal to or higher than U_{max} ;

- rated impulse withstand voltage U_{Ni} (see 3.2.1.7 of IEC 61992-1);
- power-frequency voltage withstand level (dry) U_a (see 3.2.1.8 and Table 1 of IEC 61992-1);
- maximum arc voltage (see 3.2.1.10 of IEC 61992-1);
- rated auxiliary and control supply voltages (see 3.2.1.5 of IEC 61992-1).

5.3.3 Currents

A circuit-breaker is defined by the following currents:

- conventional thermal current I_{th} , I_{the} (see 3.2.3 and 3.2.4 of IEC 61992-1);
- rated service current I_{Ne} (see 3.2.5 of IEC 61992-1);
- rated short-circuit current I_{Nss} (see 3.2.10 of IEC 61992-1);
- rated short-time withstand current I_{Ncw} (see 3.2.7 of IEC 61992-1);

NOTE 1 Short-time ratings only apply to circuit-breakers not fitted with series trip devices, or in a unidirectional device where a series trip is inoperative. In practice, this would apply to a rectifier circuit-breaker in the forward direction where a series trip only acts in the reverse direction.

NOTE 2 Rated short-time currents do not need to have the same value as the rated short-circuit current I_{Nss} .

- overload capability: the purchaser shall inform the supplier of the load cycle requirements (see 3.2.5, Note 2 of IEC 61992-1).

5.3.4 Short-circuit characteristics

5.3.4.1 Rated short-circuit breaking and making capacities

These values are defined in 3.2.19 and 3.2.23 of IEC 61992-1 and are associated with the rated voltage U_{Ne} , the rated service current I_{Ne} , the rated short-circuit current I_{Nss} , the rated track time constant T_{Nc} and the class designation H, V, S or C.

The rated short-circuit making capacity is the prospective peak value of the rated short-circuit current I_{Nss} (see 3.2.10 of IEC 61992-1).

A rated short-circuit breaking capacity requires the circuit-breaker to be able to interrupt any short-circuit current of a value lower than or equal to this rated breaking capacity at the circuit time constant stipulated.

H, V and S circuit-breakers having a breaking capacity at a rated track time constant T_{Nc} are capable of the same breaking capacity at all lower values of circuit time constant t_c . For Type C circuit breakers the initial rate of rise shall not exceed the limits given in Table 6.

The prospective maximum short-circuit current is the sum of the prospective short-circuit currents from all sources connected to the system, including rectifier converters and regenerative trains.

When fixing the maximum short-circuit current and the above track time constant, Clause 5 of IEC 61992-1 shall be considered.

5.3.4.2 Duties and test duty cycles

The duties required of a circuit-breaker for each of the three uses are listed in Table 2. The test duty cycles applying to the duties are shown in Table 3.

NOTE Where the circuit-breaker chosen by the manufacturer or offered by the supplier has been designed with short-circuit breaking characteristics in excess of those actually required in the installation, it may be agreed between purchaser and supplier to perform additional tests in accordance with 8.3.8 for duties f) and/or e) and/or d) using the test current actually required. These tests may be performed either at a standard test duty cycle (duty 1, duty 2 or duty 3) or at an agreed duty cycle and may be repeated a number of times upon agreement between purchaser and supplier.

Table 2 – Circuit-breaker duties

Duty	Use	Conditions	Test current	Prospective peak	Time constant
f	L	Maximum fault	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
e	L ^a	Maximum energy	$0,5 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters	$0,5 \times T_{Nc}$
d	L	Distant fault	$2 \times I_{Ne}$	By consequence of other circuit parameters	T_{Nc}
l	L	Low current	I_c	Not applicable	$\cong 0,01$ s
ff	l	Maximum fault forward	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
fr	l	Maximum fault reverse	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	By consequence of other circuit parameters
				Type C: $\geq I_{Nss}$	See Table 6
lr	l R ^b	Forward low current after reverse short circuit	I_c	Not applicable	$\cong 0,01$ s
r	R	Maximum fault reverse with paralleled converters	I_{Nss}	$\geq 1,42 \times I_{Nss}$ ^c	
s	R	Short time current forward	I_{Ncw}	$\geq 1,42 \times I_{Ncw}$ ^c	
NOTE 1 For substations equipped with smoothing reactors of high value, the maximum energy condition may correspond to the maximum fault condition.					
NOTE 2 I_{Nss} is to be determined for each type of actual circuit situation. Therefore, I_{Nss} may be different for Line L, Interconnector I and Rectifier R circuit-breakers.					
^a The factor affecting both I_{Nss} and T_{Nc} for maximum energy fault position is taken for practical reasons as 0,5. For low values of T_{Nc} , see Table 2 of IEC 61992-1.					
^b R only when explicitly required by the purchaser.					
^c The coefficient is 1 with regard to the C circuit-breaker.					

Table 3 – Test duty cycles

Duty	Breaking characteristics	Test cycle	
f, e, d	H,V,S ^a	Duty 1	O – 15 s – CO – 15 s – CO – 60 s – CO
		Duty 2	O – 7 s – CO – 10 s – CO – 60 s – CO
	C ^b	Duty 3	O – 10 s – CO ^c
ff, fr, r	H,V,S,C	O – 15 s – CO	
l, lr	H,V,S,C	10 times (O – 120 s – CO)	
s	H,V,S,C	Carrying for 0,25 s	
NOTE 1 O = opening operation; CO = closing operation.			
NOTE 2 First opening is made on a short circuit being established.			
^a The choice of Duty 1 or 2 is left to the purchaser. If no choice is made, then the duty cycle required is Duty 1.			
^b In the case of C, the test cycle of duty e and d are subject to agreement between purchaser and supplier.			
^c The standard duty is O – 10 s – CO. However, if AC short-circuit test method is applied, the duration between O and CO may be reduced to less than 10 s.			

Circuit-breakers designed to comply with more than one duty shall be fully tested for each duty; unless otherwise agreed between purchaser and supplier, these tests shall be carried out on a single circuit-breaker which may be maintained between duty cycles. Any further duty cycles on the same circuit-breaker shall not be performed unless a sufficient time to cool down the circuit-breaker components is allowed.

The tests shall be performed with the series overcurrent release set at the maximum setting, for example four times I_{Ne} , I_{th} or I_{the} for test duties f, e, ff, fr, and 0,5 times for test duties r and s.

For test duties d) and l), the circuit-breaker shall be set to trip when the sustained value is reached. For test duty d), when the track time constants are long, the trip shall be initiated at 0,15 s.

5.4 Control circuits

The control circuits are identified by the following characteristics as a minimum:

- the voltage of the control circuits;
- the kind of current (d.c. or a.c.);
- the current frequency, in case of an a.c. current.

The voltage of the supply source and its frequency are the values on which the performances, the thermal behaviour and the insulation characteristics are based.

Unless otherwise required, the voltage shall be in accordance with 5.2 of IEC 61992-1 and rated insulation voltage shall be in accordance with EN 50124-1.

The supply voltage shall be within a range between 85 % and 110 % of the voltage in accordance with 5.2 of IEC 61992-1.

Where the control voltage is the same as in the main circuit, the same variations as in the main circuit apply.

The manufacturer shall indicate the value(s) of the current drawn by the control circuits at the rated voltage. In the case of control circuits which draw current intermittently, the duration of the current flow shall be given.

5.5 Auxiliary contacts and circuits

Auxiliary circuits are mainly defined by the number of contacts provided, by their rating (thermal current and voltage) and by their characteristics (NO, NC or commutation). Unless otherwise required, the rated voltage shall be in accordance with 5.2 of IEC 61992-1, and the rated insulation voltage shall be in accordance with EN 50124-1.

The purchaser shall specify the minimum number of auxiliary contacts required.

The auxiliary wiring connected to a circuit at 1 000 V a.c. or at 1 500 V d.c. or above shall be physically separated from those connected to a circuit at a voltage below these limits.

For other characteristics of the auxiliary circuits, the requirements of 5.4 apply.

5.6 Releases

5.6.1 Type

Classification of the releases comprises

- series (direct or indirect) overcurrent releases,
- shunt releases,
- under-voltage releases,
- other releases.

5.6.2 Characteristics

The following requirements apply to direct or indirect releases which are part of the circuit-breaker.

A release may be instantaneous, time-lagged or time-dependant, or a combination of all three. Other characteristics are as follows:

a) for overcurrent (d.c.) releases:

- type (overcurrent direct or indirect);
- rated current;
- the setting current (or setting range);
- the direction of the main carrying current in the case of a unidirectional circuit-breaker;
- characteristics of the operating time which the release gives the circuit-breaker as a function of the rate of rise of the current.

The release shall be capable of withstanding this current under the test conditions specified in Clause 8, without the temperature-rise exceeding the values specified in Clause 6 of IEC 61992-1.

For circuit-breakers provided with interchangeable or adjustable releases, the current setting (or the setting range, if applicable) shall be indicated on the release or on its setting scale. The indication may be either in amperes or in multiples of the current indicated on the release. The purchaser shall specify the required setting range. The ratio of the minimum and maximum values shall not exceed 1:2 in normal conditions.

b) for the shunt release:

- the rated voltage;
- the power taken at the rated voltage for a specified time.

5.7 Arc voltage

The manufacturer shall specify the maximum value of the arc voltage $\hat{U}_{\text{arc}}$ caused by the operation of the circuit-breaker when it is tested in accordance with Clause 8.

NOTE This maximum voltage is the peak voltage measured during any test duty and is not necessarily seen with maximum current.

This value shall not exceed both that of the rated impulse withstand voltage of the equipment and four times the nominal voltage. If lower arc voltages are required, these shall be specified by the purchaser.

6 Construction

6.1 General

All apparatus and connections required for the safe and satisfactory operation, control and protection of the equipment concerned shall be provided, whether or not specifically mentioned, unless otherwise agreed between the circuit-breaker manufacturer and the switchgear assembly manufacturer. Unless otherwise specified, the equipment shall be earthed, insulated, screened or enclosed as may be appropriate to ensure the protection of the equipment and safety of those concerned in its operation and maintenance.

Control and auxiliary circuits and contacts shall comply with the requirements of 5.2 of IEC 61992-1.

6.2 Materials

No materials containing asbestos shall be used in the construction of the circuit-breaker.

NOTE Special attention should be paid to the ability of the material used to resist moisture and fire: materials used should be of the self-extinguishing type, such that the risk of propagation of fire from one cubicle to another is minimised. See Annex B of IEC 61992-1.

6.3 Arcing contacts

Arcing contacts, if any, which are liable to be consumed during arc interruption shall be easy to replace.

6.4 Clearances and creepage distances

Clearances and creepage distances shall not be lower than those indicated in Table 1 in IEC 61992-1 and in Annex D of IEC 61992-1 respectively.

NOTE Clearances and creepage distances may be increased to take into account the presence of foreign substances after the number of operations, in normal and short-circuit conditions, that occur during the normal life-span between cleaning procedures.

Where applicable, ribs shall be provided in order to break the continuity of conducting deposit which occurs during operation.

6.5 Primary connections

The circuit-breakers shall be equipped with fixed, removable (bolted or clamped) or plug-in coupling connections.

6.6 Location of the primary connections

For non-withdrawable circuit-breakers, the terminals for the primary connections shall be accessible with the circuit-breaker in its normal operating position. The position of the terminals shall be agreed between purchaser and supplier, unless covered by an International Standard.

For withdrawable circuit-breakers, the terminals for the primary connections shall be accessible in the conditions detailed in IEC 61992-6.

6.7 Earthing terminal

The frames, the structure and the fixed parts of the metallic enclosures shall be connected to each other and to a suitable earthing terminal, placed in an accessible position, in order to allow earthing.

NOTE 1 This condition may be fulfilled by normal construction elements, ensuring an adequate electric continuity.

For withdrawable circuit-breakers, the earth connection shall be made before the shutters are opened, and the shutters shall be closed before the earth connection is disconnected.

NOTE 2 The purchaser may require a dedicated earth connection for this purpose. For a non-dedicated earth connection, where bolts or similar fixings are used for earth continuity, the maintenance instructions should state the requirements for cleaning the surfaces and ensuring tightness.

The earthing terminal shall be protected against corrosion. The standard earth symbol shall be permanently marked.

The earth terminal shall be capable of carrying the rated earth fault current I_{Ncwe} for 0,25 s.

6.8 Manual operation for maintenance

NOTE A handle may be required by the purchaser or provided by the supplier for closing during maintenance. The handle may be fixed or removable.

Where a fixed handle is provided, it shall not be accessible to the operator until the circuit-breaker is fully withdrawn from its enclosure, if any, or until all primary connections are opened.

6.9 Circuit-breaker enclosures

Circuit-breaker enclosures shall conform to IEC 61992-6.

6.10 Temperature-rises

6.10.1 Limits

The temperature shall not rise by more than the values given in Clause 6 of IEC 61992-1.

6.10.2 Main circuit

The main circuit of a circuit-breaker, including the series releases and the associated relays, shall withstand its rated currents I_{Ne} , I_{th} or I_{the} . It shall also comply with the load cycle which may be specified by the purchaser, see Note 2 in 3.2.5 of IEC 61992-1.

6.10.3 Control circuit

The control circuits, as well as the control devices, used for the opening and closing operations of a circuit-breaker shall not exceed the rated temperature-rise limits, during their operation.

6.10.4 Auxiliary circuits

The auxiliary circuits, as well as the auxiliary devices, shall withstand their conventional thermal current (for switching devices) or their rated service current (for other equipment), without exceeding the rated temperature-rise limits.

6.11 Dielectric strength

Dielectric strength shall conform to the values stipulated in Table 1 in IEC 61992-1.

6.12 Electrical and mechanical endurance

The circuit-breaker shall be capable of carrying out the following number of operations when tested in accordance with 7.3.2 and 7.3.3 of IEC 61992-1:

- a) to check mechanical endurance, without current in the main circuit, the following operating cycles shall be performed:

L circuit-breaker: 20 000 or 10 000;

I and R circuit-breakers: 4 000;

NOTE The value of 20 000 cycles for L circuit-breakers is recommended when two or more operations per day are expected.

- b) to check electrical endurance, with the rated service current I_{Ne} in the main circuit, the following operating cycles shall be performed:

L circuit-breaker: 200;

I and R circuit-breakers: 100.

The test shall consist of carrying out the above number of operating cycles in groups of no less than 20 CO operations at no greater than 180 s intervals. For current ratings higher than 4 000 A, the group number may be reduced subject to agreement between purchaser and supplier.

6.13 Operation

6.13.1 Closing operation

The closing device, including the auxiliary control relays, if any, shall operate correctly for any voltage value of the supply source as given in 5.4 and in any operating condition of the circuit-breaker.

6.13.2 Opening operation

6.13.2.1 General

The circuit-breakers shall be, unless otherwise specified, trip-free.

Relays are covered by this subclause only if fitted to the circuit-breaker.

6.13.2.2 Opening due to overcurrent relay or release

For a new circuit-breaker, the release or relay shall operate with a minimum accuracy of $\pm 5\%$ of the set operating point, if electronic, and of $\pm 10\%$ of the set operating point, if electromagnetic, for any value of its current range.

6.13.2.3 Opening due to shunt release

A shunt release shall correctly operate for any supply voltage value of the supply source as given in 5.4, and with a further decrease of the minimum voltage by 15 % of the rated operating voltage, and for any operating condition of the circuit-breaker up to the breaking capacity of the circuit-breaker itself.

6.13.2.4 Opening due to undervoltage relay or release

An undervoltage relay or release, if provided, shall cause the opening of a circuit-breaker, when the voltage is decreasing slowly, when the voltage is between 70 % and 35 % of its rated value.

An undervoltage relay or release shall not allow the circuit-breaker to close when the supply voltage is lower than 35 % of its rated voltage; it shall not prevent the circuit-breaker from closing for a supply voltage equal to or higher than 85 %.

NOTE A relay or release for loss of voltage is a particular type of undervoltage relay or release for which the operating voltage is between 35 % and 10 % of the rated supply voltage.

6.14 Corrosion protection

Steelwork and other materials of the equipment shall be treated in accordance with an approved type of corrosion protection except for arc-extinguishing sheets in the arc chute.

Purchasers may have their own specification, in which case the supplier shall either comply or offer an equivalent specification.

6.15 Noise emission

Noise emission from all equipment shall be minimised. The level of the noise emission during the breaking of its rated service current I_{Ne} shall be given by the supplier, if required by the purchaser.

6.16 Cooling

Unless otherwise agreed between purchaser and supplier, all equipment is expected to be naturally cooled.

6.17 Servo-control (where applicable)

The servo-control shall be mounted either on the circuit-breaker or on a structure on which the circuit-breaker is also mounted. The structure shall be earthed.

It shall not be possible for a fault in the servo-control to prevent the opening of the circuit-breaker by a manual, electric or automatic control.

6.18 Other facilities

Circuit-breakers shall have the following facilities:

- a) a latching device, either electrical, magnetic or mechanical;
- b) a mechanical indicator coupled to the moving contact, or an equivalent means to indicate the "closed" and the "open" conditions of the circuit-breaker. Symbols "I" and "O" or "ON" and "OFF" shall be used to indicate the closed and open positions respectively;
- c) means for earthing the circuit-breaker structure either through a moving contact or a terminal.

Circuit-breakers shall have the following facilities, when specified by the purchaser:

- d) means of closing manually for maintenance;
- e) operation counter.

NOTE These facilities may be supplied as standard by the manufacturer.

In addition to the number of auxiliary switch contacts required for normal operating circuits of the circuit-breaker, the manufacturer shall provide an additional two for remote control and monitoring circuits. The number and type of contacts in addition to these shall be subject to agreement between purchaser and supplier.

7 Information and marking

7.1 Information

Purchaser and supplier shall exchange any necessary information in order to ensure that the circuit-breaker is suitable for the intended duty. This information is given in general in Clause 5, and with regard to particular features or alternative choices for the contents, in Clause 6. A summary of this information is provided in Annex A.

7.2 Marking

Each circuit-breaker shall be indelibly marked.

The following indications shall be placed on the circuit-breaker itself or on one or more rating plates attached to the circuit-breaker:

- a) name of the manufacturer or trade mark;
- b) the reference to this standard corresponding to the National Standard with which the manufacturer declares compliance;
- c) type designation (examples are given in Table 1);
- d) serial number designation;
- e) year of manufacture;
- f) rated voltage(s) U_{Ne} ;
- g) rated auxiliary and control supply voltages;
- h) rated service/thermal currents I_{Ne} , I_{th} or I_{the} ;
- i) rated short-circuit breaking capacity;
- j) rated track time constant T_{Nc} ;
- k) rated short-time withstand current I_{Ncw} if applicable;
- l) input and output terminals, unless they can be connected either way;
- m) earth terminal, if applicable, by the symbol;
- n) range of setting for releases (A or V);
- o) compliance to service requirements differing from those indicated as normal (see Clause 4 of IEC 61992-1) (on a separate label if convenient).

All necessary labelling shall be provided for the purposes of safety, identification, instruction and information. Lifting attachments shall be marked.

The serial number and type designation shall be visible after installation of the circuit-breaker when in the test position. The other markings shall be visible at least before installation. The manufacturer may fit an additional rating plate containing the prominent data for the circuit-breaker on the corresponding circuit-breaker enclosure.

8 Tests

8.1 General

General requirements concerning tests are shown in Clause 7 of IEC 61992-1.

NOTE For procedural matters not covered either in this standard or in IEC 61992-1, reference may be made to other European or IEC publications covering similar equipment.

Unless otherwise indicated, the tests shall be performed at the rated service values of current, voltage, frequency (if applicable) and air pressure (if applicable). This applies to the complete circuit-breaker (main, control and auxiliary) and in accordance with the values indicated in Clause 5.

The test variables shall be within the tolerances indicated in Table 6 of IEC 61992-1.

8.2 Applicable tests and test sequence

The applicable tests are summarised in Table 4, and tests shall be performed in the order given in Table 4 for each sequence group.

Table 4 – List of applicable tests and sequence

Group	Test description	Kind	Reference to subclause
1	General operating characteristics		
	Verification of conformity to the manufacturing drawings and to characteristics of the circuit-breaker	Type and routine	8.3.1
	Mechanical operation	Type and routine	8.3.2
	Dielectric withstand	Type and routine	8.3.3
	Temperature-rise	Type	8.3.4
	Verification of the adjustment of the relays and releases	Routine	8.3.5
	Electrical endurance	Type	8.3.6
	Mechanical endurance	Type	8.3.7
2	Short circuit behaviour		
	Verification of the H, V or S characteristic	Type	8.3.8.1
	Verification of the C characteristic	Type	8.3.8.9
	Verification of the short-time withstand current of rectifier circuit-breakers R	Type	8.3.9
	Verification of the adjustment of the relays and releases	Type	8.3.5
3	Search for critical currents and low current test duty	Type	8.3.10

8.3 Performance of tests

8.3.1 Verification of the conformity to the manufacturing drawings and the characteristics of the circuit-breaker

8.3.1.1 Verification of the conformity to the manufacturing drawings

The circuit-breaker to be tested shall respect in all essential details the drawings of the represented type.

8.3.1.2 Measurement of the resistance of the main circuit

Resistance measurements of the main circuit shall be made with the circuit-breaker at ambient temperature.

NOTE This measurement is also required both before and after each short-circuit test (see 8.3.8 and 8.3.9).

8.3.1.3 Measurement of the resistance of the coils at ambient temperature

Measurements shall be taken at ambient temperature and shall be corrected to a measurement for a temperature of 35 °C.

8.3.2 Mechanical operation test

This test is carried out at the laboratory ambient temperature, in accordance with 7.3.1 of IEC 61992-1.

The checks shall include:

- one satisfactory opening of the circuit-breaker, while the closing device is energised (trip-free operation, see 3.4.11 of IEC 61992-1) (if this feature is provided);
- that the closing operation is not completed when the closing operation is initiated while the opening device is under operation.

The opening and closing times (when indicated) shall be verified.

When required by the purchaser, this test is repeated as a type test, for abnormal environmental and/or operating conditions (7.3.1 of IEC 61992-1).

8.3.3 Dielectric tests

8.3.3.1 General

Dielectric tests shall be in accordance with 7.5 of IEC 61992-1, with the following qualifications.

Dielectric tests shall be carried out on a new circuit-breaker, mounted as in service conditions. Where the supporting structure of the circuit-breaker is made of insulating material, metallic pieces shall be inserted on the fixing point simulating the installation conditions.

8.3.3.2 Impulse withstand voltage test

This test is a type test only for circuit-breakers having U_{Nm} above 2 500 V and is an investigation test in all other cases.

The test shall be performed in accordance with the requirements of 7.5.1 of IEC 61992-1 both in the open and closed positions.

8.3.3.3 Power-frequency voltage withstand test

8.3.3.3.1 General

Power-frequency voltage withstand tests are routine tests.

8.3.3.3.2 Main circuit

This test shall be carried out in accordance with 7.5.2 of IEC 61992-1 both in the open and closed positions.

8.3.3.3.3 Control and auxiliary circuits

The test voltage is applied for 60 s in the following conditions:

- a) application of the voltage between all the interconnected auxiliary and control circuits, which are not normally connected to the main circuit, and the circuit-breaker metallic frame;
- b) if an auxiliary circuit is intended to be physically segregated or fully isolated from the remaining auxiliary circuits, then the test is between this circuit and the remainder;
- c) all equipment having previously satisfactorily passed this test may be disconnected.

NOTE Semiconductors should be short-circuited during the test.

8.3.3.4 Test values

RMS test values are specified in Table 1 of IEC 61992-1.

The level required for the test between the contacts may be selected at the level just below that for the main circuits and earth. Similarly, different voltage levels may be chosen for auxiliary and control circuits to earth and between themselves.

Repeated tests are carried out at 75 % of the voltage value stipulated for a new circuit-breaker submitted for the first time to dielectric tests.

8.3.4 Temperature-rise tests

General provisions concerning temperature-rise tests are given in 7.4 of IEC 61992-1. Temperature-rises specified in Clause 6 of IEC 61992-1 shall not be exceeded.

When the mutual heating between the main circuit, the control circuit and the auxiliary circuit may be significant, the temperature tests detailed under 7.4.3 and 7.4.4 of IEC 61992-1 shall be carried out simultaneously.

8.3.5 Verification of the adjustment of the relays and releases

8.3.5.1 Overcurrent relays or releases

Check that the current in the circuit-breaker (in the correct direction for unidirectional circuit-breakers) causes the opening within the limits stated in 6.13.2.2 for each indicated value of the setting range.

For circuit-breakers whose operation is affected by the rate of rise of the current, in the vicinity of the setting values, 200 A/s shall not be exceeded.

8.3.5.2 Shunt release and undervoltage relay or release

Check that these devices cause opening of the circuit-breaker within the limits given in 6.13.2.3 and 6.13.2.4 respectively.

8.3.6 Electrical endurance test

This test is a type test and is carried out in laboratory conditions.

The test procedure shall follow the requirements of 7.3.2 of IEC 61992-1. The number of cycles to be carried out shall be as indicated in 6.12.

The test shall be carried out on a circuit-breaker with its own closing device, energised at its rated voltage U_{Ne} , and during the test, the temperature-rises given in Clause 6 of IEC 61992-1 shall not be exceeded.

8.3.7 Mechanical endurance test

The test is a type test and is carried out in laboratory conditions.

The test procedure shall follow the requirements of 7.3.3 of IEC 61992-1. The number of cycles to be carried out shall be as indicated in 6.12.

The test shall be made on a circuit-breaker equipped with a closing device, which shall be supplied at a voltage within the limits set out in 5.2 of IEC 61992-1, and the test shall be arranged in such a way that the temperature-rises given in Clause 6 of IEC 61992-1 are not exceeded.

All operating cycles, for I and R circuit-breakers, and the first 4 000 operating cycles, for L circuit-breakers, shall be carried out without maintenance; further operating cycles, for L circuit-breakers, may be carried out with maintenance in accordance with the manufacturer's instructions, but shall not involve the replacement of any component.

The circuit-breaker shall be deemed to have passed this test if, after the test, it is capable of operating normally, without any need of maintenance other than cleaning and greasing, or in accordance with the provisions set out in this subclause.

8.3.8 Verification of the making and breaking capacity in short-circuit conditions**8.3.8.1 Verification of the H, V or S characteristic**

This test is carried out at the values indicated by the manufacturer in 5.3.1 to 5.3.3 in accordance with 5.3.4. The test is considered valid if the reported values differ from stated values within the limits stated in Table 6 of IEC 61992-1.

For laboratory reasons, these tolerances may be revised by mutual agreement.

8.3.8.9 Verification of the making and breaking capacity in short-circuit conditions and of the C characteristic**8.3.8.9.1 Tolerances on the test values**

This test is carried out at the values indicated by the manufacturer in 5.3.1 to 5.3.3 in accordance with 5.3.4. The test is considered valid if the reported values differ from stated values within the limits stated in Table 6 of IEC 61992-1:2006 except for the time constant. The tolerances of the initial rate of rise shall be 0 ~ +30 % and as a consequence the tolerances for the time constant are –30 % ~ 0.

For laboratory reasons, these tolerances may be revised by mutual agreement.

8.3.8.9.2 Test conditions

The circuit-breaker shall be a complete assembly. The control device, except for control motors, shall be supplied at its minimum voltage value, as stated in 5.4.

The circuit-breaker should be tested in an enclosure having the minimum volume and dimensions as declared by the manufacturer, or in open air when intended for cell use, using screens to simulate the closest proximity of cell walls and ceiling. These screens or cubicle shall be metal and connected to the circuit-breaker earthed frame. Screens and cubicles may be lined with insulation if this is the manner in which the circuit-breaker operates in service.

8.3.8.9.3 Procedure

The test, as specified in 5.3.4, consists of a number of duties particular to a class of circuit-breaker with an appropriate duty cycle and release setting. Each duty cycle is required to be performed once and, because of the severe nature of the test, the circuit-breaker may be maintained between duty cycles.

In the case of adopting Duty 3 in Table 3, test cycle O – 10 s – CO shall be carried out once. For laboratory reasons, the time between O and CO may be shorter than 10 s by mutual agreement (See Table 3, note b).

Where a circuit-breaker can have applications of either of its primary terminals connected to the positive supply, then the test duties f), e) and d) (see Table 3) shall be repeated for both connections.

After each test duty, a dielectric test is required in accordance with 7.6.3 of IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.4 Test circuit

A typical arrangement of the test circuit is shown in Annex A of IEC 61992-1:2006.

Details of the test circuit are given in 7.6.1 of IEC 61992-1:2006.

For laboratory reasons, the AC short-circuit test method may be applied by mutual agreement (see Annex B).

For test duties e) and d), where insufficient impedance can be added to the load side, then the test duty shall be repeated with the live connection to the opposite terminal. Thus both terminals of the circuit-breaker are stressed to earth during extinguishing of arc.

8.3.8.9.5 Time constant of the test circuit

The test circuit time constant is as follows (see Table 2).

- a) For the maximum fault test the circuit time constant shall be the value given in Table 6.
- b) For the maximum energy, the circuit time constant shall be equal to or higher than half of the rated time constant T_{Nc} (For the actual value see 5.1.1.3 of IEC 61992-1:2006).
- c) For the distant fault, the circuit time constant t_c should be equal to the rated time constant T_{Nc} .
- d) For the electrical endurance test, the circuit time constant t_c should be set at 0,01 s.
- e) For the critical current test, the circuit time constant t_c should be as close to 0,01 s as possible.

When calibrating each test, the test circuit time constant or the initial rate of rise shall be measured. The time constant is taken from the test current. (See the calibration waveform 2 in IEC 61992-1:2006, Table A.2.)

In the case of adopting the AC short-circuit test method, Annex B should be referred.

8.3.8.9.6 Recovery voltage

For the test, the average value of the recovery voltage shall be not lower than the rated voltage U_{Ne} . In the case of adopting the AC short-circuit test the test conditions given in Clause B.3 may apply.

8.3.8.9.7 Details for conducting the tests

8.3.8.9.7.1 Calibration of the test circuit

The test shall be performed at the rated voltage U_{Ne} , calibrated with the test unit A replaced by a provisional connection B of negligible impedance in respect to the test circuit.

Adjust resistors R and reactors L in order to obtain both the sustained short-circuit current and the rated time constant. These values are for the prospective current and shall be those declared by the manufacturer, within the tolerances stated in 7.2 of IEC 61992-1:2006 (see 8.3.8.1).

In the case of adopting the AC short-circuit test method, Annex B should be referred.

8.3.8.9.7.2 Performance of the tests

Replace the provisional connection B by the test unit A, with the terminals of the circuit-breaker connected as required by the test duty. The tests shall comply with 8.3.8.3 and with the conditions specified in 7.6.2 of IEC 61992-1:2006.

After the current interruption, the recovery voltage shall be maintained for 0,1 s.

If the test is performed as AC test the recovery voltage time may be less than 0,1 s by mutual agreement.

8.3.8.9.7.3 Behaviour of the circuit-breaker during the making and breaking short circuit tests

During the test the circuit-breaker shall break the short-circuit current; there shall be no re-ignition after current zero. The short-circuit current shall be the rated short-circuit current.

The circuit-breaker shall achieve the values given in Table 7.

Table 7 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr

Type	Opening time	Total break time	Current setting	Initial rate of rise	Cut off current
	ms	ms	kA	kA/ms	kA
C	Not applicable	Not applicable	Maximum value	Equal to or higher than the value given in Table 6	Equal to or less than the value given in Table 6

The fuse element in the protection device D shall not blow during the test.

The cut-off current shall be verified.

8.3.8.9.7.4 Conditions of the circuit-breaker after the above test

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.6.3 of IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.8 Verification of the C characteristic for test duties f, ff and fr

During the maximum fault test for test duties f, ff and fr, the behaviour of the circuit-breaker in meeting its class designation of C shall be verified only if the test currents and settings are as given in Table 7.

The cut-off current of the circuit-breaker shall be as given in Table 7.

8.3.8.2 Test conditions

The circuit-breaker shall be a complete assembly. The control device, except for control motors, shall be supplied at its minimum voltage value, as stated in 5.4.

The circuit-breaker should be tested in an enclosure having the minimum volume and dimensions as declared by the manufacturer, or in open air when intended for cell use, using screens to simulate the closest proximity of cell walls and ceiling. These screens or cubicle shall be metal and connected to the circuit-breaker earthed frame. Screens and cubicles may be lined with insulation if this is the manner in which the circuit-breaker operates in service.

8.3.8.3 Procedure

The test, as specified in 5.3.4, consists of a number of duties particular to a class of circuit-breaker with an appropriate duty cycle and release setting. Each duty cycle is required to be performed once and, because of the severe nature of the test, the circuit-breaker may be maintained between duty cycles.

Where a circuit-breaker can have applications of either of its primary terminals connected to the positive supply, then the test duties f), e) and d) (see Table 2) shall be repeated for both connections.

After each test duty, a dielectric test is required in accordance with 7.6.3 of IEC 61992-1.

8.3.8.4 Test circuit

A typical arrangement of the test circuits is shown in Annex A of IEC 61992-1.

Details of the test circuit are given in 7.6.1 of IEC 61992-1.

For test duties e) and d), where insufficient impedance can be added to the load side, then the test duty shall be repeated with the live connection to the opposite terminal. Thus both terminals of the circuit-breaker are stressed to earth during arc interruption.

For V type circuit-breakers, test duty d) should be performed with the circuit impedances all on the load side to stress the free wheeling diode of the circuit-breaker, and then repeated with all the impedances on the supply side to stress the overvoltage absorbing devices.

Test duty e) should also be performed in this way if the V type circuit-breaker can be located at the maximum energy position.

8.3.8.5 Time constant of the test circuit

For maximum faults, the time constant is not measured and is assumed correct if the ratio of peak to steady state is not less than 1,42. For the maximum energy test duty, the circuit time constant shall not be less than 0,5 times the rated track time constant T_{Nc} (see 5.1.1.3 of IEC 61992-1 for actual values). For the distant fault condition, the circuit time constant t_c should be the rated track time constant T_{Nc} . For electrical endurance test, the circuit time constant t_c should be 0,01 s and for critical current test, the circuit time constant t_c should be a practical value as close as possible to 0,01 s.

The time constant of the test circuit shall be measured during the calibration test and the measurement is that of the test current (see Figure A.2 – calibration 2 – of IEC 61992-1).

8.3.8.6 Recovery voltage

For the test, the average value of the recovery voltage shall be not lower than the rated voltage U_{Ne} .

8.3.8.7 Details for the conduct of the tests

8.3.8.7.1 Calibration of the test circuit

The test shall be performed at the rated voltage U_{Ne} , calibrated with the test unit A replaced by a provisional connection B of negligible impedance in respect to the test circuit.

Adjust resistors R and reactors L in order to obtain both the sustained short-circuit current and the rated time constant. These values are for the prospective current and shall be those declared by the manufacturer, within the tolerances stated in 7.2 of IEC 61992-1 (see also 8.3.8.1).

Where the short circuit requires a peak value, it shall be not less than 1,42 I_{SS} .

NOTE The value of I_{SS} may have to be adjusted to achieve the required peak value.

8.3.8.7.2 Performance of the tests

Replace the provisional connection B by the test unit A, with the terminals of the circuit-breaker connected as required by the test duty. The tests shall comply with 8.3.8.3 and with the conditions specified in 7.6.2 of IEC 61992-1.

After the current interruption, the recovery voltage shall be maintained for 0,1 s.

8.3.8.7.3 Behaviour of the circuit-breaker during the making and breaking short circuit tests

During the test the circuit-breaker shall break the short-circuit current; there shall be no re-ignition after current zero. The short-circuit current shall be the rated short-circuit current.

The circuit-breaker shall achieve the values given in Table 5.

Table 5 – Verification of the behaviour of the circuit-breaker when performing test duties f, ff and fr

Type	Opening time ms	Total break time ms	Ratio of I_{Nss} to setting	di/dt at $t = 0$ kA/ms
H	≤ 5	≤ 20	≥ 7	≥ 5
V	≤ 2	≤ 4	Not applicable	Not applicable
S	≤ 15	≤ 30	$\geq 3,5$	$\geq 1,7$
See 3.4.7 and 3.4.8 of IEC 61992-1.				

The fuse element in the protection device D shall not blow during the test.

The cut-off current shall be verified.

8.3.8.7.4 Conditions of the circuit-breaker after the above test

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.6.3 of IEC 61992-1.

8.3.8.8 Verification of the H, V or S characteristic for test duties f, ff and fr

During the maximum fault test for test duties f, ff and fr, the behaviour of the circuit-breaker in meeting its class designation of either H, V and S shall be verified only if the test currents and settings are as given in Table 5.

The opening time and total break time of each type of circuit-breaker shall be as given in Table 5.

Where the test currents have values of ratio and di/dt less than the requirements in Table 5 for the type category during the standard type tests, and give opening and total break times greater than required, a single opening test at a reduced circuit-breaker setting, within the setting range of the circuit-breaker, shall be performed to demonstrate compliance with the required opening and total break times of Table 5.

8.3.9 Verification of behaviour under short-time withstand current for test duty s

8.3.9.1 Test values

These shall be in accordance with the conditions specified in 7.7.1 of IEC 61992-1.

8.3.9.2 Test conditions

The unit shall be subject to the conditions specified in 8.3.8.2 of this standard and 7.7.2 of IEC 61992-1.

8.3.9.3 Behaviour of the circuit-breaker during test

This shall be in accordance with the conditions specified in 8.3.8.3 of this standard and 7.7.3 of IEC 61992-1 (where applicable).

8.3.9.4 Condition of the circuit-breaker after completion of the test

After the test, mechanical parts and insulation parts shall conform to 7.7.4 of IEC 61992-1 (where applicable).

8.3.10 Searching for critical currents and performing test duty I) and Ir)

Searching for critical currents is a type test for all types of circuit-breakers to provide the value of current to be used for the low current test duty I and Ir of Table 2.

Annex C of IEC 61992-1 gives the procedures for searching for critical currents.

For L circuit-breakers, test duty I is performed at the value of critical current I_c determined for unidirectional circuit-breakers U_1 and U_2 as described in Clause C.2 of IEC 61992-1:2006 for bidirectional circuit-breakers B as described in Clause C.3 of IEC 61992-1:2006.

For R and I circuit-breakers, test duty Ir is performed at the value of critical current I_c determined as described in Clause C.3 of IEC 61992-1:2006.

NOTE 2 R circuit-breakers have a unidirectional reverse trip release and break low currents in the forward direction.

Annex A **(informative)**

Information required

A.1 General

This annex gives a summary of the information which may be used as guidance to fulfil Clause 7.

A.2 Procurement specification

The following items should be included, where applicable, within the procurement specification issued by the purchaser in order to provide the precise technical requirements for particular installations:

- a) service conditions differing from those defined as "normal" (see Clause 4 of IEC 61992-1);
- b) detail of the types (including duties use and categories) of circuit-breakers;
- c) the data mentioned in Clause 5 to be provided by the purchaser;
- d) particular features concerning Clause 6 and terminal details;
- e) continuous current rating of circuit-breakers and load cycle;
- f) test duty cycle – duty 1 or duty 2;
- g) calibration range and increments for overcurrent protection;
- h) maximum and minimum voltage of auxiliary supply;
- i) details and arrangements for transport and delivery to site including the maximum packing dimensions;
- j) lower mechanical operation cycles for L circuit-breaker if required by the purchaser (see 6.12a)).

A.3 Manufacturer's specification

The following information should be given by the manufacturer:

- a) identification
 - 1) name of the manufacturer or trademark;
 - 2) type designation;
 - 3) reference to the National Standard corresponding to this standard, with which the manufacturer declares compliance;
 - 4) manufacturing year and serial number;
 - 5) marking of all connections (primary and auxiliary).
- b) characteristics
 - 1) confirmation of the type, use and duties (see 5.2b), 5.2 c) and 5.3.4);
 - 2) suitability to use service requirements differing from normal (as defined as normal in Clause 4 of IEC 61992-1);
 - 3) rated voltage(s) U_{Ne} ;
 - 4) range of voltage(s) at which the circuit-breaker operates satisfactorily;
 - 5) rated current(s) at the rated voltage(s) of the equipment I_{Ne} ;

- 6) rated track time constant T_{Nc} ;
- 7) current interruption direction, U_1 , U_2 or B;
- 8) circuit-breaker test duty cycle;
- 9) circuit-breaker use, L, I or R;
- 10) restriction of V to rectifier substation use only, if applicable;
- 11) maximum arc voltage in test conditions;
- 12) conventional thermal current and enclosed thermal current, if applicable I_{th} , I_{the} ;
- 13) contact(s) material;
- 14) rated insulation voltage U_{Nm} ;
- 15) rated impulse withstand voltage level U_{Ni} , if applicable;
- 16) power required at rated control voltage to close circuit-breaker;
- 17) power required at rated control voltage for shunt trip coil or equivalent device;
- 18) confirmation of the suitability to the load cycle specified by the purchaser;
- 19) resistance in the circuit-breaker main circuit;
- 20) guaranteed temperature-rises (see Clause 6 of IEC 61992-1) at rated service current in the various parts of the circuit-breaker and temperature-rises in overload conditions;
- 21) rated short-circuit making and/or breaking capacities at the various duties specified I_{Nss} ;
- 22) break time as a function of rate of rise of current (di/dt);
- 23) closing time;
- 24) cut-off current as a function of rate of rise of current (di/dt);
- 25) critical current;
- 26) type of arc chute;
- 27) whether the circuit-breaker is held closed electrically, magnetically or mechanically;
- 28) IP code in the case of an enclosed equipment (according to IEC 60529);
- 29) characteristics of the overcurrent protection relay and releases;
- 30) rated voltage(s) of the control circuit(s), nature (and frequency) of the current(s);
- 31) nature of the current (rated frequency) and supply voltage of the control, if different from those of the control coil;
- 32) rated air pressure and pressure variation limits (for devices with pneumatic control);
- 33) weights of the complete circuit-breaker and of the withdrawable part if any;
- 34) minimum size of the enclosure and, if applicable, data concerning ventilation, to which the rated characteristics apply;
- 35) minimum distance between the circuit-breaker and metal parts connected to earth for circuit-breakers which are intended for use without an enclosure;
- 36) rated voltage of the control circuit of the shunt release and/or undervoltage release (or no-voltage release);
- 37) rated current of overcurrent releases;
- 38) setting range(s) of the overcurrent release;
- 39) method for varying current calibration;
- 40) method of tripping;
- 41) effect, if any, of temperature variation on current calibration;
- 42) type and power consumption of the anti-pumping device;
- 43) type and power consumption of interposing relays;

- 44) type and power consumption of all built-in control equipment;
- 45) number and type of auxiliary contacts and nature of the current, rated frequency (if applicable) and rated voltage(s) of auxiliary switches;
- 46) continuous rating and breaking capacity of each auxiliary contact;
- 47) method of fixing the circuit-breaker;
- 48) details of arrangements for manoeuvrability of circuit-breaker truck, if any;
- 49) details of draw-out space required;
- 50) details of access required at rear;
- 51) manufacturer's recommended period for routine maintenance (contacts, arc chute and whole circuit-breaker) taking into account the number of operations at rated service current I_{Ne} and maximum short-circuit current I_{Nss} .

NOTE The above characteristics are only used where they specifically apply to the application.

c) drawings

- 1) general arrangement and sectional elevations of circuit-breaker showing overall dimensions, required space for removing arc chute, required space to insulated and/or earthed parts (if applicable) and space required for circuit-breaker withdrawal, maximum shipping dimensions, shipping weight and estimated gross weights and shock loading for floors;
- 2) schematic diagram of control;
- 3) general arrangement of any floor irons and area to be left unscreened for the contractor to finish, and loading details;
- 4) characteristics (i^2t or break time or cut-off current) of the circuit-breaker;
- 5) oscillographic records showing circuit-breaker performance under the specific interrupting conditions;
- 6) installation, operation and maintenance manuals.

Annex B (normative)

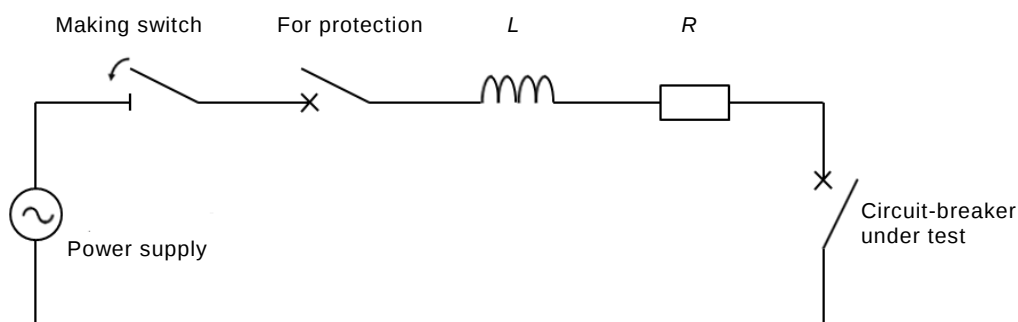
AC short-circuit test method

B.1 General

For circuit-breaker C, this annex gives the alternative AC method for the making and breaking short circuit tests specified in 8.3.8.9.

B.2 Test circuit

The conditions of the AC short-circuit test corresponding to the DC short-circuit test are as follows (see Figure B.1).



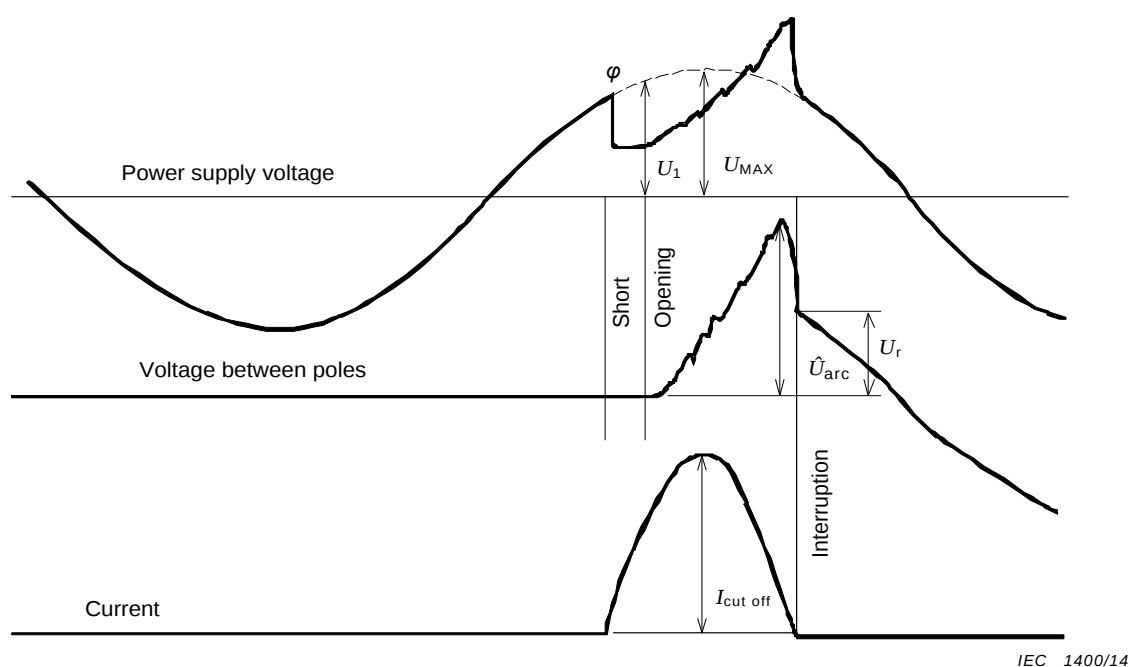
IEC 1399/14

Key

- L circuit inductance
- R circuit resistance

Figure B.1 – Test circuit

Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test are as follows (see Figure B.2):



Key

f	Test frequency	$\hat{U}_{\text{arc}}$	Maximum arc voltage
U_{max}	Peak value of voltage	$I_{\text{cut off}}$	Cut off current
U_1	Supply voltage	φ	Making phase angle
U_r	Recovery voltage		

Figure B.2 – Typical voltage and current waveforms of the AC short-circuit test

B.3 Test conditions

The conditions of the AC short-circuit test are as follows:

Supply voltage U_1

The voltage U_1 at opening of the circuit-breaker contact shall be equal to or greater than the rated voltage U_{Ne} .

Recovery voltage U_r

The recovery voltage U_r shall be equal to or greater than the rated voltage U_{Ne} .

Circuit resistance R

The circuit resistance R shall be equal to or less than $U_{\text{max}} / I_{\text{Nss}} + 5 \%$.

Circuit inductance L

The circuit inductance L shall be equal to or greater than $U_1 / (di/dt)$.

Making phase angle φ

The test current waveform shall have a making-phase angle that satisfies the following conditions (see Figure B.3):

- The test current waveform shall be equal to or greater than 95 % of the DC short-circuit test current (calculated value) at 5 ms after short-circuiting.

- The test current waveform shall be equal to or greater than 100 % of the DC short-circuit test current (calculated value) at 10 ms and 15 ms after short-circuiting.

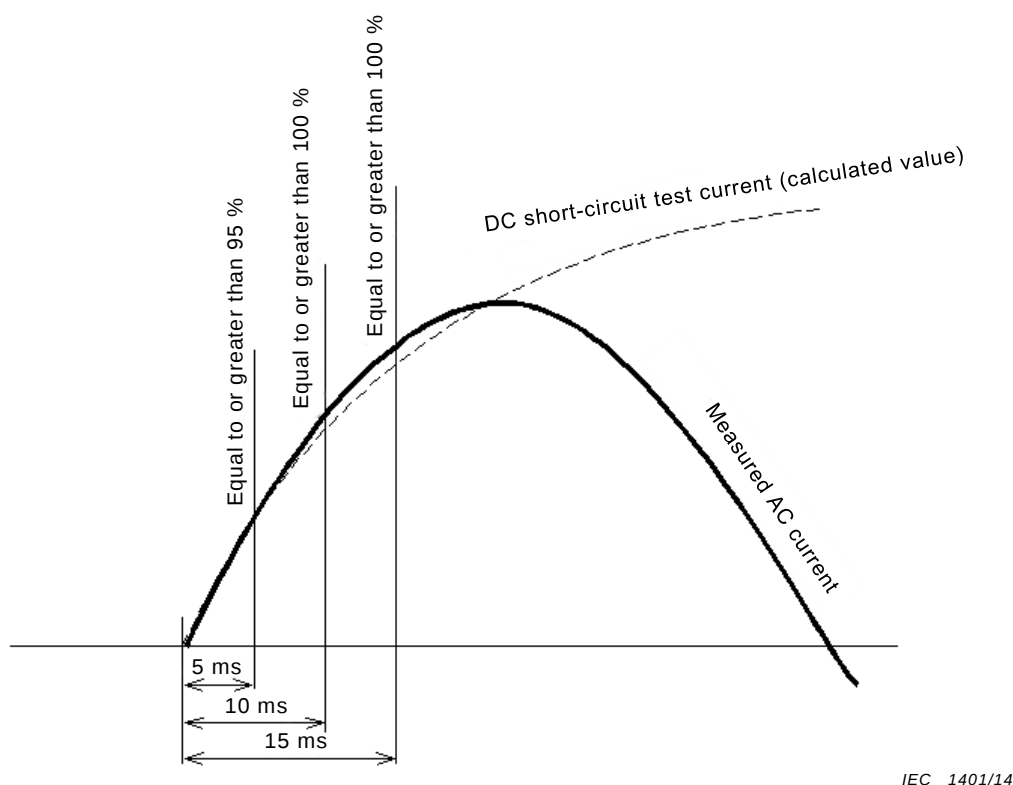


Figure B.3 – Making phase angle (current waveform)

Test conditions tolerances

The tolerances of the test conditions are as follows:

- Frequency $f = f_0 \pm 0,3$ Hz.
- Making phase angle $\varphi \geq (\varphi_0 - 3^\circ)$.
where f_0 and φ_0 are the values at the time of measuring the constants.

Duty cycle test (O – t – CO).

B.4 Method of measuring circuit constants

B.4.1 Circuit resistance R

The circuit resistance R is measured using the voltage drop method by feeding a DC current equal to or greater than 50 A into the test circuit.

B.4.2 Circuit inductance L

The circuit inductance L shall be the value of L when the actual measurement value and the calculated value of the AC short-circuit test current correspond to each other within ± 5 % in the range of 5 ms to 15 ms after short-circuiting (see Figure B.4).

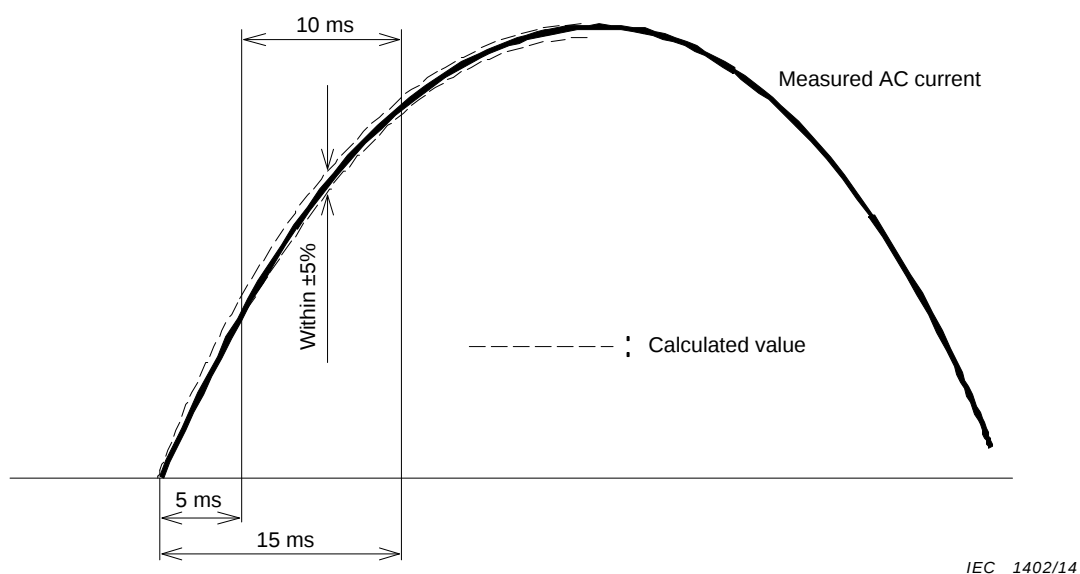


Figure B.4 – Method of measuring the circuit inductance L

Calculation formula

$$i = \frac{U_{\max}}{(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}} \left\{ \sin(\omega t + \varphi - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \sin(\varphi - \theta) \right\}$$

where φ : making phase angle

$$\theta = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

ω : test frequency $2 \times \pi \times f$

Bibliography

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions.....	40
4 Exigences de fonctionnement en service	40
5 Caractéristiques du disjoncteur	40
5.1 Énumération des caractéristiques.....	40
5.2 Type de disjoncteur	41
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal.....	43
5.4 Circuits de commande	46
5.5 Contacts et circuits auxiliaires	47
5.6 Déclencheurs	47
5.7 Tension d'arc	48
6 Construction	48
6.1 Généralités.....	48
6.2 Matériaux	48
6.3 Contacts d'arc	48
6.4 Distances d'isolement et lignes de fuite	48
6.5 Connexions primaires.....	48
6.6 Emplacement des connexions primaires	49
6.7 Borne de terre	49
6.8 Manœuvre manuelle pour la maintenance	49
6.9 Enveloppes des disjoncteurs	49
6.10 Échauffements	49
6.11 Tension de tenue.....	50
6.12 Endurance mécanique et électrique.....	50
6.13 fonctionnement.....	50
6.14 Protection contre la corrosion.....	51
6.15 Émissions de bruit.....	51
6.16 Refroidissement	51
6.17 Servocommande (le cas échéant).....	51
6.18 Autres dispositifs.....	51
7 Information et marquage.....	52
7.1 Information	52
7.2 Marquage	52
8 Essais	53
8.1 Généralités.....	53
8.2 Essais applicables et ordre des essais	53
8.3 Réalisation des essais.....	54
Annexe A (informative) Informations requises	63
Annexe B (normative) Méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif.....	66
Bibliographie.....	70

Figure B.1 – Circuit d'essai	66
Figure B.2 – Formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif	67
Figure B.3 – Angle de phase de fermeture (forme d'onde de courant)	68
Figure B.4 – Méthode de mesure de l'inductance du circuit L	69
Tableau 1 – Désignation abrégée du type	43
Tableau 2 – Fonctions du disjoncteur	45
Tableau 3 – Cycles d'essais	46
Tableau 4 – Liste des essais applicables et séquence	53
Tableau 5 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr ...	61
Tableau 6 – Limites du courant coupé limité des disjoncteurs C durant l'essai de défaut maximal	42
Tableau 7 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr ...	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – APPAREILLAGE À COURANT CONTINU –

Partie 2: Disjoncteurs en courant continu

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de l'IEC 61992-2 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2006-02) [documents 9/887/FDIS et 9/909/RVD] et son amendement 1 (2014-04) [documents 9/1791/CDV et 9/1851/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale IEC 61992-2 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette édition comprend les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente de la norme:

- toutes les exigences et procédures qui s'appliquent à plus d'une partie de la série IEC 61992 sont maintenant regroupées dans la Partie 1 et, en conséquence, les articles correspondants de la présente partie font maintenant référence à la Partie 1;
- la spécification des caractéristiques des disjoncteurs a été améliorée.

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

L'IEC 61992 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu*:

- Partie 1: Généralités
- Partie 2: Disjoncteurs en courant continu
- Partie 3: Interrupteurs-sectionneurs, sectionneurs et sectionneurs de terre à courant continu, pour l'intérieur
- Partie 4: Interrupteurs-sectionneurs, sectionneurs et sectionneurs de terre à courant continu, pour usage extérieur
- Partie 5: Parafoudres et limiteurs de tension pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu
- Partie 6: Ensembles d'appareillage à courant continu
- Partie 7-1: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Guide d'application;
- Partie 7-2: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Transducteurs de courant d'isolement et autres appareils de mesure du courant
- Partie 7-3: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Transducteurs de tension d'isolement et autres appareils de mesure de la tension

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – APPAREILLAGE À COURANT CONTINU –

Partie 2: Disjoncteurs en courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61992 spécifie les exigences relatives aux disjoncteurs pour courant continu, destinés à être utilisés dans les installations fixes des systèmes de traction.

NOTE Les ensembles d'appareillage, la compatibilité électromagnétique (CEM) et la disponibilité ne sont pas couverts dans la présente norme, mais par d'autres parties de cette norme ou par d'autres normes indiquées dans l'IEC 61992-1.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60850:2000, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61992-1:2006 +A1:2014, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 1: Généralités*

IEC 61992-6:2006, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 6: Ensembles d'appareillages à courant continu*

EN 50124-1:2001, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Prescriptions fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61992-1 s'appliquent.

4 Exigences de fonctionnement en service

Les conditions d'environnement applicables aux matériels traités dans la présente norme sont couvertes en 4.1 de l'IEC 61992-1.

5 Caractéristiques du disjoncteur

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un disjoncteur, ses désignations et valeurs assignées (le cas échéant) sont les suivantes:

- type du disjoncteur (5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal; caractéristiques de court-circuit (5.3);
- circuits de commande (5.4);
- circuits auxiliaires (5.5);
- déclencheurs (5.6);
- tensions d'arc (5.7).

5.2 Type de disjoncteur

Un disjoncteur est défini par les particularités suivantes selon le cas.

NOTE 1 Dans la mesure du possible, les exigences ci-après s'appliquent également aux disjoncteurs unipolaires asservis électriquement ou mécaniquement dans des systèmes multiples.

a) Coupure:

- dans l'air;
- par un semi-conducteur;
- dans une ampoule à vide.

NOTE 2 Cette norme ne traite que de la coupure dans l'air ou par un semi-conducteur. Dans la mesure du possible, lorsque cela est clairement spécifié par un accord conjoint entre l'acheteur et le fournisseur cette norme peut être utilisée pour d'autres milieux de coupures spécifiés.

b) Caractéristiques de coupure (désignation de la catégorie):

1) disjoncteurs sans limitation prévue de la montée du courant durant l'essai de défaut maximal

- disjoncteur rapide à limitation de courant H;

le disjoncteur H a une durée d'ouverture ne dépassant pas 5 ms et une durée totale de coupure ne dépassant pas 20 ms lorsque le courant à interrompre présente une valeur permanente présumée égale à au moins 7 fois la valeur de réglage du disjoncteur et

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 5 \text{ kA/ms}$$

- disjoncteur ultra-rapide à limitation de courant V;

le disjoncteur V a une durée de coupure totale qui ne dépasse pas 2 ms, quels que soient les autres paramètres du circuit;

- disjoncteur semi-rapide S;

le disjoncteur S a une durée d'ouverture ne dépassant pas 15 ms et une durée totale de coupure ne dépassant pas 30 ms lorsque le courant à interrompre présente une valeur permanente présumée égale à au moins 3,5 fois la valeur de réglage du disjoncteur et

$$\left[\frac{di}{dt} \right]_{t=0} \geq 17 \text{ kA/ms}$$

2) disjoncteurs avec limitation prévue de la montée du courant durant l'essai de défaut maximal

- disjoncteur à limitation de courant coupé limité C;

le disjoncteur C limite le courant coupé limité avant que le courant de court-circuit à interrompre n'atteigne sa valeur maximale; le disjoncteur C peut être un disjoncteur à air ou un disjoncteur hybride;

Le Tableau 6 indique les valeurs maximales du courant coupé limité en fonction des valeurs préférentielles du courant de court-circuit assigné ainsi que de la valeur maximale autorisée de la montée du courant initiale;

Le Tableau 6 s'applique aux disjoncteurs C pour des tensions nominales inférieures ou égales à 1 500 V.

Tableau 6 – Limites du courant coupé limité des disjoncteurs C durant l'essai de défaut maximal

Caractéristiques du courant de court-circuit			Courant coupé limité maximal	
Courant de court-circuit assigné	Vitesse de montée initiale	Constante de temps du circuit	Classe C1	Classe C2
I_{Nss}				
kA	kA/ms	ms	kA	kA
20	1,5	13,3	15	17
50	3	16,7	25	30
75	10	7,5	50	60
100	10	10,0	55	70

Il convient d'installer des inductances de lissage pour les sous-stations afin d'obtenir une vitesse de montée initiale inférieure ou égale à la valeur applicable indiquée dans le Tableau 6.

c) Utilisation (lieu d'installation) dans le système:

- disjoncteur d'interconnexion I (également appelé disjoncteur de sectionnement ou de sectionnement de barres);
- disjoncteurs de ligne L;
- disjoncteur à redresseur R.

d) Sens de coupure du courant:

- unidirectionnel U;
- équipé avec un dispositif intrinsèque unidirectionnel de déclenchement en série U_1 ;
- équipé avec un dispositif intrinsèque (direct) bidirectionnel de déclenchement en série U_2 ;

NOTE 3 Le type de disjoncteur U_2 est utilisé pour des applications pouvant présenter un faible courant inverse de défaut (courant de défaut éloigné) et où la protection de surcharge n'est pas sollicitée pour des besoins normaux de sélectivité (par exemple: sous-stations dont les sous-stations adjacentes sont très éloignées).

- bidirectionnel B.

e) Fonction du circuit principal

NOTE 4 A spécifier lorsqu'elle est différente de ce qui est indiqué en 5.3.4.2 et dans le Tableau 2.

f) Manœuvre à l'ouverture et à la fermeture:

- manœuvre à accumulation d'énergie;
- manœuvre indépendante manuelle;
- manœuvre indépendante d'une source d'énergie;
- utilisation d'un aimant;
- type de déclenchement automatique provoqué par un déclencheur ou un relais;
- verrouillage à l'ouverture et/ou à la fermeture;
- déclenchement libre;
- dispositif anti-pompage.

g) Type de relais ou de déclencheur:

- type de relai(s) ou de déclencheur(s) impliqué(s).

h) Fourniture d'une enveloppe:

- sans enveloppe O (voir 3.3.16 de l'IEC 61992-1);
- avec enveloppe intégrale E (voir 3.3.17 de l'IEC 61992-1);
- avec enveloppe de protection séparée P.

L'acheteur doit indiquer les caractéristiques que doit posséder le ou les disjoncteurs demandés et seuls les essais qui concernent le type choisi sont applicables au type choisi de disjoncteur.

Les désignations ci-dessus sont utilisées dans cette norme, mais peuvent également être utilisées par ailleurs en adoptant le regroupement conventionnel tel qu'indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Désignation abrégée du type

Alinéas ci-dessus	b)	c)	d) ^a	h) ^a
Options	H	I	U ₁	O
	V	L	U ₂	E
	S	R	B	P
	C			
Exemples	H/L/B/E			
	V/I/P		S/R/O	
	H/R et L/U ₂ ^b			
NOTE Lorsqu'un disjoncteur n'est pas apte à remplir toutes les fonctions mentionnées en 5.3.4.2, cela est indiqué par la ou les lettres minuscules désignant les possibilités réelles selon la première colonne du Tableau 2 (par exemple: H1/I ff, fr/P).				
a Désignations optionnelles.				
b Lorsqu'un disjoncteur est ou doit être adapté à des fonctions alternatives multiples, l'indication de ces fonctions doit être précédée par un «et».				

Lorsque les disjoncteurs à semi-conducteur sont conçus pour n'être utilisés que dans des sous-stations équipées de redresseurs, cela doit être clairement indiqué. S'ils peuvent également être utilisés comme des disjoncteurs de mise en parallèle de voie lorsque les disjoncteurs du redresseur de la sous-station sont hors service, on doit également l'indiquer clairement.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal

5.3.1 Généralités

Les valeurs des caractéristiques assignées doivent être spécifiées par l'acheteur. Les valeurs des tensions nominales doivent être choisies d'après les valeurs indiquées au Tableau 1 de l'IEC 61992-1; il convient que les valeurs du courant et que la constante de temps de la voie (sur la base d'une configuration de voie qui donne la constante de temps de voie la plus élevée) aient l'une des valeurs préférentielles énumérées en 5.1.2 de l'IEC 61992-1.

Il convient que ces valeurs soient confirmées par le fournisseur auquel il est recommandé d'indiquer les valeurs assignées pour le type de disjoncteur proposé et de fournir toutes les autres données correspondantes.

Toutes ces valeurs doivent être stipulées selon 5.3.2 à 5.3.4. Les définitions sont données dans l'IEC 61992-1. Quelques données peuvent être omises après accord entre les parties.

5.3.2 Tensions

Un disjoncteur est défini par les tensions suivantes:

- tensions du système et limites (voir 3.2.1 et 5.1.3 de l'IEC 61992-1);
- tension nominale U_n (voir l'IEC 60850);
- tension assignée U_{Ne} (voir 3.2.1.4 de l'IEC 61992-1);
- tension d'isolement assignée U_{Nm} (voir 3.2.1.3 de l'IEC 61992-1). Elle doit être supérieure ou égale à U_{max} ;
- tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} (voir 3.2.1.7 de l'IEC 61992-1);
- niveau de tenue de la tension à fréquence industrielle (à sec) U_a (voir 3.2.1.8 et le Tableau 1 de l'IEC 61992-1);
- tension d'arc maximale (voir 3.2.1.10 de l'IEC 61992-1);
- tensions assignées d'alimentation auxiliaire et de commande (voir 3.2.1.5 de l'IEC 61992-1).

5.3.3 Courants

Un disjoncteur est défini par les courants suivants:

- courant thermique conventionnel I_{th} , I_{the} (voir 3.2.3 et 3.2.4 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de service I_{Ne} (voir 3.2.5 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de court-circuit I_{Nss} (voir 3.2.10 de l'IEC 61992-1);
- courant assigné de courte durée admissible I_{Ncw} (voir 3.2.7 de l'IEC 61992-1).

NOTE 1 Les caractéristiques de courte durée ne s'appliquent qu'aux disjoncteurs qui ne sont pas équipés de dispositifs de déclenchement série, ou dans un dispositif unidirectionnel où un déclenchement série est inopérant. En pratique, cela s'appliquerait à un disjoncteur à redresseur en sens direct où un déclenchement série n'agit qu'en sens inverse.

NOTE 2 Il n'est pas nécessaire que les courants assignés de courte durée I_{Ncw} aient la même valeur que le courant assigné de court-circuit I_{Nss} .

- capacité de surcharge: l'acheteur doit informer le fournisseur des exigences relatives aux cycles de fonctionnement (voir la note 2 de 3.2.5 de l'IEC 61992-1).

5.3.4 Caractéristiques de court-circuit

5.3.4.1 Pouvoirs assignés de fermeture et d'ouverture en court-circuit

Ces valeurs sont définies en 3.2.19 et 3.2.23 de l'IEC 61992-1 et sont associées à la tension assignée U_{Ne} , au courant assigné de service I_{Ne} , au courant assigné de court-circuit I_{Nss} , à la constante de temps de la ligne T_{Nc} et à la catégorie d'appareil H, V, S ou C.

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit correspond à la valeur crête présumée du courant assigné de court-circuit I_{Nss} (voir 3.2.10 de l'IEC 61992-1).

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit implique que le disjoncteur soit capable d'interrompre tout courant de court-circuit d'une valeur inférieure ou égale à ce pouvoir assigné de coupure à la constante de temps du circuit indiquée.

Les disjoncteurs H,V et S ayant un pouvoir de coupure à une constante de temps de voie assignée T_{Nc} a le même pouvoir de coupure à toutes les valeurs inférieures de la constante de temps de circuit t_c . Pour les disjoncteurs de type C, la vitesse de montée initiale ne doit pas dépasser les limites indiquées au Tableau 6.

Le courant de court-circuit maximal présumé est la somme des courants de court-circuit présumés de toutes les sources reliées au système, y compris les convertisseurs redresseurs et les trains à récupération.

Lors de la définition du courant de court-circuit maximal et de la constante de temps de voie mentionnés ci-dessus, on doit tenir compte de l'Article 5 de l'IEC 61992-1.

5.3.4.2 Fonctions et séquences des cycles d'essai

Les fonctions exigées d'un disjoncteur pour chacune des trois utilisations sont énumérées dans le Tableau 2. Les séquences des cycles d'essais s'appliquant aux types de fonctions sont indiquées au Tableau 3.

NOTE Quand le disjoncteur choisi par l'acheteur ou proposé par le fournisseur a été défini avec des caractéristiques de coupure supérieures à celles exigées par l'installation, il peut y avoir accord entre l'acheteur et le fournisseur pour effectuer des essais complémentaires suivant le 8.3.8 pour les cycles de charge f), et/ou e) et/ou d) utilisant le courant réellement exigé. Ces essais peuvent être effectués soit selon un cycle d'essai normal (service 1, service 2 ou service 3), soit selon un cycle de service ayant fait l'objet d'un accord et le cycle peut être répété plusieurs fois après accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Tableau 2 – Fonctions du disjoncteur

Fonction	Utilisation	Conditions	Courant d'essai	Crête présumée	Constante de temps
f	L	Défaut maximal	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit
				Type C: $\geq I_{Nss}$	Voir Tableau 6
e	L ^a	Energie maximale	$0,5 \times I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit	$0,5 \times T_{Nc}$
d	L	Défaut distant	$2 \times I_{Ne}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit	T_{Nc}
l	L	Courant faible	I_c	Ne s'applique pas	$\cong 0,01$ s
ff	l	Défaut maximal direct	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit
				Type C: $\geq I_{Nss}$	Voir Tableau 6
fr	l	Défaut maximal inverse	I_{Nss}	Type H, V and S: $\geq 1,42 \times I_{Nss}$	Par conséquence d'autres paramètres de circuit
				Type C: $\geq I_{Nss}$	Voir Tableau 6
lr	l R ^b	Courant faible direct après court-circuit inverse	I_c	Ne s'applique pas	$\cong 0,01$ s
r	R	Défaut maximal inverse avec convertisseurs en parallèle	I_{Nss}	$\geq 1,42 \times I_{Nss}$ ^c	
s	R	Courant de court-circuit direct	I_{Ncw}	$\geq 1,42 \times I_{Ncw}$ ^c	
NOTE 1 Pour des sous-stations équipées de d'inductances de lissage de valeur élevée, la puissance maximale peut correspondre à la condition de défaut maximal.					
NOTE 2 I_{Nss} doit être déterminé pour chaque type de circuit réel. Par conséquent I_{Nss} peut être différent pour des disjoncteurs de ligne L, d'interconnexion l et de redresseur R.					
^a Le facteur qui affecte à la fois I_{Nss} et T_{Nc} pour la position maximale de défaut est pris comme égal à 0,5 pour des raisons pratiques. Pour des valeurs faibles de T_{Nc} , voir les valeurs du Tableau 2 de l'IEC 61992-1.					
^b R uniquement sur la demande explicite de l'acheteur.					
^c Le coefficient est de 1 pour le disjoncteur C.					

Tableau 3 – Cycles d'essais

Fonction	Caractéristiques de coupure	Cycle d'essai	
f, e, d	H,V,S ^a	Service 1	O – 15 s – CO – 15 s – CO – 60 s – CO
		Service 2	O – 7 s – CO – 10 s – CO – 60 s – CO
	C ^b	Service 3	O – 10 s – CO ^c
ff, fr, r	H,V,S,C	O – 15 s – CO	
l, lr	H,V,S,C	10 fois (O – 120 s – CO)	
s	H,V,S,C	Réalisé pendant 0,25 s	
NOTE 1 O = manœuvre d'ouverture, CO = manœuvre de fermeture.			
NOTE 2 La première ouverture se produit lors d'un court-circuit.			
^a Le choix entre les Services 1 et 2 est laissé à l'acheteur. A défaut, le Service 1 est appliqué.			
^b Dans le cas de C, les cycles d'essai de service e et d sont soumis à un accord entre l'acheteur et le fournisseur.			
^c Le service normalisé est O – 10 s – CO. Cependant, si la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif est appliquée, la durée entre O et CO peut être réduite à moins de 10 s.			

Les disjoncteurs conçus pour être conformes à plusieurs services doivent subir tous les cycles d'essai pour chaque service. Sauf accord particulier entre l'acheteur et le fournisseur, ces essais doivent être réalisés sur un seul disjoncteur qui peut être entretenu entre les cycles d'essai. Aucun autre cycle d'essais ne doit être réalisé sur le même disjoncteur à moins qu'on ait laissé les composants du disjoncteur refroidir pendant le temps nécessaire.

Les essais doivent être réalisés avec le déclencheur à maximum de courant série réglé sur la position maximale à savoir 4 fois I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} pour les cycles d'essai f, e, ff, fr et 0,5 fois pour les cycles d'essai r et s.

Pour les cycles d'essais d) et l), le disjoncteur doit être réglé de façon à déclencher dès que la valeur établie du courant est atteinte. Pour le cycle d), lorsque les constantes de temps de la ligne sont élevées, le déclenchement doit être provoqué au bout de 0,15 s.

5.4 Circuits de commande

Les circuits de commande sont identifiés au minimum par les caractéristiques suivantes:

- la tension des circuits de commande;
- la nature du courant (continu ou alternatif);
- la fréquence du courant dans le cas du courant alternatif.

La tension d'alimentation ainsi que la fréquence de la source d'alimentation sont les valeurs sur lesquelles sont définies les performances, le comportement thermique et les caractéristiques d'isolement.

Sauf exigence contraire, la tension doit être conforme à 5.2 de l'IEC 61992-1 et la tension d'isolement assignée, à l'EN 50124-1.

La tension d'alimentation doit être comprise entre 85 % et 110 % de la tension conformément à 5.2 de l'IEC 61992-1.

Si la tension de commande est identique à celle du circuit principal, les mêmes variations que celles du circuit principal s'appliquent.

Le constructeur doit indiquer la ou les valeurs du courant absorbé par les circuits de commande à la tension assignée. Si le courant dans les circuits de commande est intermittent, la durée de circulation de celui-ci doit être indiquée.

5.5 Contacts et circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires sont principalement définis par le nombre de contacts fournis, leurs caractéristiques assignées (courant thermique et tension) et leurs caractéristiques (NO ou NC ou commutation). Sauf spécification contraire, la tension assignée doit être conforme à l'Article 5.2 de l'IEC 61992-1 et la tension d'isolement assignée, à l'EN 50124-1.

L'acheteur doit spécifier le nombre minimal de contacts auxiliaires exigés.

Le câblage auxiliaire connecté à un circuit dont la tension est de 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu ou supérieure doit être séparé physiquement de celui relié à un circuit ayant une tension inférieure à ces limites.

Pour les autres caractéristiques des circuits auxiliaires, les exigences du 5.4 s'appliquent.

5.6 Déclencheurs

5.6.1 Type

On distingue plusieurs types de déclencheurs:

- déclencheurs série (direct ou indirect) à maximum de courant;
- déclencheurs shunt;
- déclencheurs à minimum de tension;
- autres déclencheurs.

5.6.2 Caractéristiques

Les exigences suivantes s'appliquent aux déclencheurs directs ou indirects qui font partie du disjoncteur.

Un déclencheur peut être instantané, temporisé ou dépendant du temps, ou intégrer une combinaison de ces trois modes. Les autres caractéristiques sont les suivantes:

a) pour les déclencheurs à maximum de courant (continu):

- le type (à maximum de courant direct ou indirect);
- le courant assigné;
- le courant de réglage (ou plage de réglages);
- le sens de circulation du courant principal dans le cas d'un disjoncteur unidirectionnel;
- les caractéristiques du temps de déclenchement que le déclencheur donne au disjoncteur en fonction de l'augmentation du courant.

Le déclencheur doit pouvoir supporter ce courant dans les conditions d'essai définies à l'Article 8, sans que l'échauffement dépasse les valeurs indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs interchangeable ou réglables, le réglage du courant (ou plage de réglages le cas échéant) doit être indiqué sur le déclencheur ou sur son échelle de réglage. Cette indication peut être donnée, soit en ampères, soit sous la forme d'un multiple de la valeur du courant indiquée sur le déclencheur. L'acheteur doit spécifier la plage de réglage exigée. Le rapport des valeurs minimale et maximale ne doit pas dépasser 1:2 dans des conditions normales.

b) pour le déclencheur shunt:

- la tension assignée;
- la puissance nécessaire à la tension assignée pendant une durée spécifiée.

5.7 Tension d'arc

Le constructeur doit préciser la valeur maximale de la tension d'arc $\hat{U}_{\text{arc}}$ générée par le fonctionnement du disjoncteur, essayé conformément à l'Article 8.

NOTE Cette tension maximale correspond à la tension de crête mesurée lors de chaque cycle d'essai et n'est pas nécessairement rencontrée pour le courant maximal.

Cette valeur ne doit pas être supérieure à celle de la tension de tenue aux ondes de choc de l'appareil et à quatre fois la tension nominale. Si des tensions d'arcs inférieures sont nécessaires, elles doivent être spécifiées par l'acheteur.

6 Construction

6.1 Généralités

Sauf accord entre le fabricant du disjoncteur et celui de l'ensemble d'appareillage, il doit être fourni tous les appareils et toutes les connexions exigés pour la sécurité et le bon fonctionnement, la commande et la protection de l'appareil concerné, que cela soit explicitement mentionnés ou non. Sauf spécification contraire, l'appareil doit être mis à la terre, isolé, blindé ou placé sous enveloppe, selon le cas, de façon qu'il soit lui-même protégé et de façon à garantir la sécurité des personnes amenées à intervenir pour le faire fonctionner et pour en assurer la maintenance.

Les circuits de commande, les circuits et contacts auxiliaires doivent être en conformité avec les exigences de 5.2 de l'IEC 61992-1.

6.2 Matériaux

Aucun matériau contenant de l'amiante ne doit être utilisé pour la construction du disjoncteur.

NOTE Il convient qu'une attention toute particulière soit portée aux matériaux utilisés pour résister à l'humidité et au feu: il convient que les matériaux utilisés soient de type auto-extinguible afin de minimiser le risque de propagation d'incendie d'une armoire à une autre (voir IEC 61992-1, Annexe B).

6.3 Contacts d'arc

Le cas échéant, les contacts d'arcs, susceptibles de se consumer lors des coupures, doivent être faciles à remplacer.

6.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Les distances d'isolement et les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées respectivement au Tableau 1 de l'IEC 61992-1 et dans l'Annexe D de l'IEC 61992-1.

NOTE Les distances d'isolement et lignes de fuite peuvent être augmentées pour tenir compte de la présence de substances étrangères après le nombre de manœuvres survenant, en conditions normales et de court-circuit, pendant la durée de vie normale entre les opérations de nettoyage.

Le cas échéant, des nervures doivent être prévues pour rompre la continuité des dépôts conducteurs susceptibles de se former en cours d'utilisation.

6.5 Connexions primaires

Les disjoncteurs doivent être équipés de connexions fixes, amovibles (boulonnées ou à mâchoires) ou embrochables.

6.6 Emplacement des connexions primaires

Les bornes des connexions primaires des disjoncteurs non débrochables doivent être accessibles lorsque le disjoncteur est en position de fonctionnement normal. La position des bornes doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, sauf disposition contraire énoncée dans une Norme Internationale.

Les bornes des connexions primaires des disjoncteurs débrochables doivent être accessibles dans les conditions détaillées dans l'IEC 61992-6.

6.7 Borne de terre

Les châssis, la structure et les parties fixes des enveloppes métalliques doivent être connectés entre eux et à une borne de terre adaptée, placée dans une position accessible, afin d'assurer la mise à la terre.

NOTE 1 Cette condition peut être remplie par des éléments de construction ordinaires assurant une continuité électrique adéquate.

La connexion à la terre des disjoncteurs débrochables doit être effectuée avant l'ouverture des volets, et les volets doivent être fermés avant le débranchement de la connexion de terre.

NOTE 2 L'acheteur peut exiger une connexion de terre dédiée à cet effet. Pour les connexions de terre non dédiées, en ce qui concerne les boulons ou autres fixations utilisés pour la continuité de terre, il convient que les instructions de maintenance fixent les exigences de nettoyage des surfaces et de vérification de l'herméticité.

La borne de terre doit être protégée contre la corrosion. Le symbole de terre normalisé doit figurer de façon permanente.

La borne de terre doit être apte à transiter le courant assigné de court-circuit I_{Ncwe} pendant 0,25 s.

6.8 Manœuvre manuelle pour la maintenance

NOTE Une manivelle peut être demandée par l'acheteur ou prévue par le fournisseur pour la fermeture pendant la maintenance. Cette manivelle peut être fixe ou amovible.

Lorsqu'une manivelle fixe est fournie, elle ne doit pas être accessible à l'opérateur avant que le disjoncteur ne soit entièrement sorti de son enveloppe, s'il en a une, ou que toutes les connexions primaires ne soient ouvertes.

6.9 Enveloppes des disjoncteurs

Les enveloppes des disjoncteurs doivent être conformes à l'IEC 61992-6.

6.10 Echauffements

6.10.1 Limites

L'échauffement ne doit pas être supérieur aux valeurs données à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

6.10.2 Circuit principal

Le circuit principal d'un disjoncteur, y compris les déclencheurs série et les relais associés doit supporter ses courants assignés I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} . Il doit également être conforme aux exigences du cycle de fonctionnement pouvant être spécifié par l'acheteur; voir la note 2 de 3.2.5 de l'IEC 61992-1.

6.10.3 Circuit de commande

Le circuit de commande, ainsi que les dispositifs de commande utilisés pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture du disjoncteur ne doivent pas, pendant leur fonctionnement, dépasser les limites d'échauffement assignées.

6.10.4 Circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires, ainsi que les dispositifs auxiliaires, doivent supporter leur courant thermique conventionnel (appareils de connexion) ou leur courant assigné de service (autres appareils), sans dépasser les limites d'échauffement assignées.

6.11 Tension de tenue

La rigidité diélectrique doit être conforme aux valeurs stipulées au Tableau 1 de l'IEC 61992-1.

6.12 Endurance mécanique et électrique

Le disjoncteur doit être capable d'effectuer le nombre de manœuvres indiqué ci-après, lors des essais 7.3.2 et 7.3.3 de l'IEC 61992-1:

- a) pour la vérification de l'endurance mécanique, sans courant dans le circuit principal, on doit effectuer le nombre de cycles de manœuvres suivant:

disjoncteur L 20 000 ou 10 000;

disjoncteurs I et R 4 000;

NOTE La valeur de 20000 cycles pour les disjoncteurs L est recommandée lorsque deux manœuvres ou plus sont envisagées quotidiennement.

- b) pour l'essai d'endurance électrique, avec courant de service assigné I_{Ne} dans le circuit principal, les cycles de manœuvre suivants doivent être réalisés:

disjoncteur L: 200;

disjoncteurs I et R: 100.

L'essai doit consister à effectuer le nombre de cycles de manœuvre indiqué ci-dessus par groupes de 20 manœuvres CO au moins, à des intervalles qui ne soient pas supérieurs à 180 s. Pour des caractéristiques de courant assignées supérieures à 4 000 A, le nombre de groupes peut être réduit et fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

6.13 Fonctionnement

6.13.1 Manœuvre de fermeture

Le dispositif de fermeture y compris les relais de commande auxiliaires, le cas échéant, doivent fonctionner correctement à toutes les valeurs de tension d'alimentation telles qu'elles sont indiquées en 5.4 et quelles que soient les conditions de fonctionnement du disjoncteur.

6.13.2 Manœuvre d'ouverture

6.13.2.1 Généralités

Sauf dispositions contraires, les disjoncteurs doivent être à déclenchement libre.

Les relais sont concernés par les dispositions de ce paragraphe seulement s'ils sont montés sur le disjoncteur.

6.13.2.2 Ouverture par relais ou déclencheur à maximum de courant

Le déclencheur ou le relais d'un disjoncteur neuf, s'il est électronique, doit fonctionner avec une précision minimale de $\pm 5\%$ du point de consigne de fonctionnement et de $\pm 10\%$ du point de consigne de fonctionnement s'il est électromagnétique, et ce pour toute valeur de sa plage de courants.

6.13.2.3 Ouverture par déclencheur shunt

Un déclencheur shunt doit fonctionner correctement à toutes les valeurs de la tension d'alimentation données en 5.4 et avec une diminution supplémentaire de la tension minimale de 15 % de la tension de fonctionnement assignée, quelles que soient les conditions de fonctionnement du disjoncteur, jusqu'au pouvoir de coupure du disjoncteur.

6.13.2.4 Ouverture par déclencheur ou relais à minimum de tension

Un relais ou un déclencheur à minimum de tension, s'il est fourni, doit provoquer l'ouverture du disjoncteur y compris en cas de chute lente de la tension, dès lors que la tension est comprise entre 70 % et 35 % de sa valeur assignée.

Un déclencheur ou relais à minimum de tension ne doit pas autoriser la fermeture du disjoncteur lorsque la tension d'alimentation est inférieure à 35 % de sa tension assignée; de même, il ne doit pas empêcher la fermeture du disjoncteur lorsque la tension d'alimentation est égale ou supérieure à 85 %.

NOTE Un déclencheur ou relais à manque de tension est un type de relais ou de déclencheur à minimum de tension dont la tension de fonctionnement est comprise entre 35 % et 10 % de la tension d'alimentation assignée.

6.14 Protection contre la corrosion

Les structures en acier et autres matériaux utilisés dans les appareils doivent être traités contre la corrosion selon un procédé approuvé, à l'exception des plaques d'extinction d'arcs des boîtes de soufflage.

Les acheteurs peuvent avoir leurs propres spécifications; dans ce cas, le fournisseur doit soit s'y conformer, soit proposer une spécification équivalente.

6.15 Émissions de bruit

Le bruit généré par les appareils doit être réduit au minimum. Sur demande de l'acheteur, le fournisseur doit indiquer le niveau d'émission sonore pendant la coupure de son courant de service assigné I_{Ne} .

6.16 Refroidissement

Sauf accord particulier entre l'acheteur et le fournisseur, tous les appareils sont supposés bénéficier d'une ventilation naturelle.

6.17 Servocommande (le cas échéant)

Le dispositif de servocommande doit être monté soit sur le disjoncteur, soit sur une structure sur laquelle le disjoncteur est également monté. Cette structure doit être mise à la terre.

Un défaut dans le dispositif de servocommande ne doit pas empêcher l'ouverture du disjoncteur provoquée par une commande manuelle, électrique ou automatique.

6.18 Autres dispositifs

Les disjoncteurs doivent être dotés des dispositifs suivants:

- a) un dispositif à verrouillage, électrique, magnétique ou mécanique;
- b) un indicateur mécanique couplé au contact mobile, ou un dispositif équivalent destiné à signaler les positions «fermé» et «ouvert» du disjoncteur. Les symboles «I» et «O» ou «ON» et «OFF» doivent être utilisés pour indiquer respectivement les positions fermée et ouverte;
- c) des moyens de mise à la terre de la structure du disjoncteur par le biais d'un contact mobile ou d'une borne.

A la demande de l'acheteur, les disjoncteurs doivent être équipés des dispositifs suivants:

- d) dispositif de fermeture manuelle pour la maintenance;
- e) compteur du nombre de manœuvres.

NOTE Ces dispositifs peuvent être fournis à l'initiative du constructeur.

En plus du nombre de contacts auxiliaires nécessaire aux circuits de fonctionnement normal du disjoncteur, le fabricant doit fournir deux contacts supplémentaires pour les circuits de commande et de surveillance à distance. Le nombre et le type des contacts supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

7 Information et marquage

7.1 Information

L'acheteur et le fournisseur doivent échanger les informations nécessaires pour s'assurer que le disjoncteur est adapté à l'utilisation prévue. Ces informations sont en principe données à l'Article 5, et à l'Article 6 pour ce qui concerne les caractéristiques particulières ou choix alternatifs pour le contenu. Un résumé de ces informations est donné à l'Annexe A.

7.2 Marquage

Chaque disjoncteur doit être marqué de manière indélébile.

Les indications suivantes doivent être apposées sur le disjoncteur même, ou sur une ou plusieurs plaques d'identification fixées sur le disjoncteur:

- a) le nom du constructeur ou sa marque commerciale;
- b) la référence à cette norme, correspondant à la Norme nationale vis-à-vis de laquelle le fabricant déclare être conforme;
- c) la désignation du type (des exemples sont donnés dans le Tableau 1);
- d) la désignation et le numéro de série;
- e) l'année de fabrication;
- f) tension(s) assignée(s) U_{Ne} ;
- g) les tensions assignées d'alimentation des auxiliaires et de commande;
- h) le courant thermique/de service assigné I_{Ne} , I_{th} ou I_{the} ;
- i) le pouvoir de coupure assigné en court-circuit;
- j) la constante de temps de ligne assignée T_{Nc} ;
- k) le courant assigné de courte durée admissible I_{Ncw} , le cas échéant;
- l) les bornes d'entrée et de sortie, à moins qu'elles ne soient indifférenciées;
- m) la borne de terre, le cas échéant, représentée par le symbole correspondant;
- n) la plage de réglage des déclencheurs (A ou V);
- o) la conformité aux conditions d'utilisation différentes de celles dites normales (voir l'Article 4 de l'IEC 61992-1) (à l'occasion sur une étiquette séparée).

Il doit être également fourni tout l'étiquetage nécessaire à la sécurité, à l'identification, à l'instruction et à l'information. Les points de levage doivent être repérés.

Le numéro de série et le type doivent être visibles après installation du disjoncteur lorsqu'il est en position d'essai. Les autres marquages doivent être visibles au moins avant l'installation. Le constructeur peut fixer une plaque supplémentaire avec les données essentielles du disjoncteur sur l'enveloppe correspondante au disjoncteur.

8 Essais

8.1 Généralités

Les exigences générales relatives aux essais sont données à l'Article 7 de l'IEC 61992-1.

NOTE Pour les aspects de procédures qui ne sont pas traités dans cette norme ni dans l'IEC 61992-1, on peut faire référence à d'autres publications IEC ou EN couvrant des matériels similaires.

Sauf indication contraire, les essais doivent être réalisés en utilisant les valeurs de service assignées pour le courant, la tension, la fréquence (le cas échéant) et la pression d'air (le cas échéant). Ceci s'applique au disjoncteur complet (circuit principal, circuit de commande et circuit auxiliaire) en prenant les valeurs indiquées à l'Article 5.

Les valeurs d'essai doivent se situer dans les tolérances indiquées dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1.

8.2 Essais applicables et ordre des essais

Les essais applicables sont récapitulés dans le Tableau 4 et ils doivent être réalisés dans l'ordre indiqué dans le Tableau 4 pour chaque groupe.

Tableau 4 – Liste des essais applicables et séquence

Groupe	Description de l'essai	Type	Paragraphe de référence
1	Caractéristiques générales de fonctionnement		
	Vérification de conformité aux plans de fabrication et aux caractéristiques du disjoncteur	Type et série	8.3.1
	Manœuvre mécanique	Type et série	8.3.2
	Tenue diélectrique	Type et série	8.3.3
	Echauffement	Type	8.3.4
	Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs	Série	8.3.5
	Endurance électrique	Type	8.3.6
	Endurance mécanique	Type	8.3.7
2	Comportement aux court-circuits		
	Vérification de la caractéristique H,V ou S	Type	8.3.8.1
	Vérification de la caractéristique C	Type	8.3.8.9
	Vérification du courant de courte durée admissible pour les disjoncteurs de redresseur R	Type	8.3.9
	Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs	Type	8.3.5
3	Recherche des courants critiques et cycle d'essai à courant faible	Type	8.3.10

8.3 Réalisation des essais

8.3.1 Vérification de la conformité aux plans de fabrication et aux caractéristiques du disjoncteur

8.3.1.1 Vérification de la conformité aux plans de fabrication

Le disjoncteur soumis aux essais doit être conforme dans tous ses détails essentiels aux plans correspondant au type qu'il représente.

8.3.1.2 Mesure de la résistance du circuit principal

Les mesures de résistance du circuit principal doivent être réalisées une fois le disjoncteur à la température ambiante.

NOTE Cette mesure est également exigée avant et après chacun des essais de court-circuit (voir 8.3.8 et 8.3.9).

8.3.1.3 Mesure de la résistance des bobines à la température ambiante

Les mesures doivent être effectuées à la température ambiante et doivent être corrigées pour donner une mesure à la température de 35 °C.

8.3.2 Vérification du fonctionnement mécanique

Cet essai est réalisé à la température ambiante du laboratoire, conformément à 7.3.1 de l'IEC 61992-1.

Ces vérifications doivent comprendre:

- une ouverture correcte du disjoncteur, le dispositif de fermeture étant alimenté (déclenchement libre, voir 3.4.11 de l'IEC 61992-1) (si cette caractéristique est prévue);
- la non-fermeture totale en cas de demande de fermeture, alors que le dispositif d'ouverture est activé.

Les durées d'ouverture et de fermeture (lorsque celles-ci sont indiquées) doivent être vérifiées.

Sur demande de l'acheteur, cet essai est répété en tant qu'essai de type, pour les conditions de fonctionnement et/ou d'environnement anormales (7.3.1 de l'IEC 61992-1).

8.3.3 Essais diélectriques

8.3.3.1 Généralités

Les essais diélectriques doivent être réalisés conformément à 7.5 de l'IEC 61992-1, avec les modifications suivantes.

Les essais diélectriques doivent être réalisés sur un disjoncteur neuf, monté dans les conditions normales d'utilisation. Dans le cas où le socle du disjoncteur est en matériau isolant, des pièces métalliques doivent être insérées au niveau des points de fixation afin de simuler les conditions d'installation.

8.3.3.2 Essai de tension de tenue aux chocs

Cet essai est un essai de type uniquement pour les disjoncteurs dont la tension U_{Nm} dépasse 2 500 V, et un essai d'investigation dans tous les autres cas.

Les essais doivent être réalisés conformément aux exigences de 7.5.1 de l'IEC 61992-1, à la fois dans les positions ouverte et fermée.

8.3.3.3 Essai de tension de tenue à fréquence industrielle

8.3.3.3.1 Généralités

Les essais de tenue en tension à des fréquences industrielles sont des essais individuels.

8.3.3.3.2 Circuit principal

Cet essai doit être réalisé conformément à 7.5.2 de l'IEC 61992-1, à la fois dans les positions ouverte et fermée.

8.3.3.3.3 Circuits auxiliaires et de commande

La tension d'essai est appliquée pendant 60 s dans les conditions suivantes:

- a) entre tous les circuits auxiliaires et de commande interconnectés qui ne sont pas normalement connectés au circuit principal, et le châssis métallique du disjoncteur;
- b) si un circuit auxiliaire est destiné à être physiquement séparé ou totalement isolé des autres circuits auxiliaires, l'essai est alors réalisé entre ce circuit et les autres;
- c) tous les appareils ayant précédemment satisfait à l'essai peuvent être déconnectés.

NOTE Il convient de court-circuiter les semi-conducteurs durant l'essai.

8.3.3.4 Valeurs d'essai

Les valeurs d'essai efficaces sont indiquées dans le Tableau 1 de l'IEC 61992-1.

Le niveau requis pour l'essai entre les contacts peut être sélectionné au niveau juste inférieur à celui du circuit principal et la terre. De même, on peut choisir des niveaux de tension différents pour les circuits auxiliaires et de commande par rapport à la terre et entre les circuits eux-mêmes.

Les essais répétés sont effectués à une tension égale à 75 % de la tension stipulée pour un disjoncteur neuf soumis pour la première fois à des essais diélectriques.

8.3.4 Essais d'échauffement

Les dispositions générales concernant les essais d'échauffement sont données en 7.4 de l'IEC 61992-1. Les échauffement donnés à l'Article 6 de l'IEC 61992-1 ne doivent pas être dépassés.

Si l'échauffement mutuel du circuit principal, du circuit de commande et du circuit auxiliaire risque d'être significatif, les essais d'échauffement décrits en 7.4.3 et 7.4.4 de l'IEC 61992-1 doivent être réalisés simultanément.

8.3.5 Vérification de l'étalonnage des relais et déclencheurs

8.3.5.1 Relais ou déclencheurs à maximum de courant

Vérifier que le courant (dans le sens correct de circulation du courant pour les disjoncteurs unidirectionnels) provoque l'ouverture du disjoncteur dans les limites indiquées en 6.13.2.2, et ce pour chaque valeur de la plage de réglages.

Pour les disjoncteurs dont le fonctionnement est affecté par la vitesse de montée du courant, la valeur de 200 A/s ne doit pas être dépassée au voisinage des valeurs de réglage.

8.3.5.2 Déclencheur shunt et relais ou déclencheurs à minimum de tension

Vérifier que ces dispositifs provoquent l'ouverture du disjoncteur dans les limites données respectivement en 6.13.2.3 et en 6.13.2.4.

8.3.6 Essai d'endurance électrique

Il s'agit d'un essai de type réalisé dans des conditions de laboratoire.

La procédure d'essai doit être conforme aux dispositions de 7.3.2 de l'IEC 61992-1. Le nombre de cycles à réaliser doit être celui indiqué en 6.12.

L'essai doit être réalisé sur un disjoncteur équipé de son propre mécanisme de fermeture, alimenté à sa tension assignée U_{Ne} en veillant à ne jamais dépasser, au cours des essais, les limites d'échauffement indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

8.3.7 Essai d'endurance mécanique

Il s'agit d'un essai de type réalisé dans des conditions de laboratoire.

La procédure d'essai doit être conforme aux dispositions de 7.3.3 de l'IEC 61992-1. Le nombre de cycles à réaliser doit être celui indiqué en 6.12.

Cet essai doit être réalisé sur un disjoncteur équipé de son dispositif de fermeture, alimenté sous une tension dont les limites sont indiquées à l'Article 5.2 de l'IEC 61992-1, et l'essai doit être effectué de façon à ne pas dépasser les valeurs d'échauffement indiquées à l'Article 6 de l'IEC 61992-1.

Tous les cycles de manœuvres pour les disjoncteurs I et R et les 4 000 premiers pour les disjoncteurs L doivent être exécutés sans aucune intervention de maintenance; pour les cycles suivants des disjoncteurs de ligne L, on peut procéder aux interventions de maintenance préconisées par le fabricant, sans toutefois remplacer aucune pièce.

Le disjoncteur doit être considéré comme ayant satisfait à cet essai, si au terme de celui-ci, il peut fonctionner normalement sans autre maintenance que le nettoyage et le graissage, ou s'il est en conformité avec les dispositions du présent paragraphe.

8.3.8 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en conditions de court-circuit

8.3.8.1 Vérification de la caractéristique H, V ou S

Cet essai est réalisé aux valeurs indiquées par le fabricant en 5.3.1 à 5.3.3 et conformément à 5.3.4. L'essai est considéré comme valide si les valeurs consignées diffèrent des valeurs indiquées dans les limites figurant dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1.

Pour des raisons incombant au laboratoire, ces tolérances peuvent être révisées par accord mutuel.

8.3.8.9 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en conditions de court-circuit et de la caractéristique C

8.3.8.9.1 Tolérances des valeurs d'essai

Cet essai est réalisé aux valeurs indiquées par le fabricant en 5.3.1 à 5.3.3 et conformément à 5.3.4. L'essai est considéré comme valide si les valeurs consignées diffèrent des valeurs indiquées dans les limites figurant dans le Tableau 6 de l'IEC 61992-1:2006, à l'exception de la constante de temps. Les tolérances de la vitesse de montée doivent être de 0 ~ +30 % et, par conséquent, les tolérances de la constante de temps sont de -30 % ~ 0.

Pour des raisons incombant au laboratoire, ces tolérances peuvent être révisées par accord mutuel.

8.3.8.9.2 Conditions d'essai

Le disjoncteur doit être complètement monté. Le mécanisme de commande, à l'exception des moteurs de commande, doit être alimenté à la tension minimale telle qu'elle est spécifiée en 5.4.

Il convient de soumettre le disjoncteur aux essais dans une enveloppe ayant le volume et les dimensions minimaux définis par le fabricant, ou à l'air libre s'il est destiné à être utilisé dans une armoire, en utilisant des écrans pour simuler la proximité immédiate des parois et du plafond de l'armoire. Ces écrans ou l'enceinte doivent être métalliques et reliés au châssis du disjoncteur lui-même mis à la masse. Les écrans et l'armoire peuvent éventuellement être garnis d'un matériau isolant si tel est le cas dans l'environnement réel d'utilisation du disjoncteur.

8.3.8.9.3 Procédure

L'essai décrit en 5.3.4 consiste à vérifier un ensemble de types de fonctions particulières à la classe d'utilisation du disjoncteur avec le cycle de service et le réglage appropriés. Chacun des cycles de service doit être réalisé une fois et, compte tenu de la sévérité de cet essai, le disjoncteur peut être entretenu entre les cycles de service.

Si l'on adopte le Service 3 dans le Tableau 3, le cycle d'essai O – 10 s – CO doit être réalisé une fois. Pour des raisons incombant au laboratoire, le temps entre O et CO peut être inférieur à 10 s par accord mutuel (Voir Tableau 3, Note b).

Quand un disjoncteur peut être utilisé avec l'une ou l'autre de ses bornes primaires reliées à l'alimentation positive, les cycles d'essai f), e) et d) (voir Tableau 3) doivent être répétés pour les deux connexions.

Après chaque cycle d'essai, un essai diélectrique est exigé conformément à 7.6.3 de l'IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.4 Circuit d'essai

Un schéma de principe du circuit d'essai est représenté à l'Annexe A de l'IEC 61992-1:2006.

Les détails concernant le circuit d'essai sont donnés en 7.6.1 de l'IEC 61992-1:2006.

Pour des raisons incombant au laboratoire, la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif peut être appliquée par accord mutuel (voir Annexe B).

Pour les cycles d'essai e) et d), si une impédance insuffisante peut être ajoutée du côté de la charge, le cycle d'essai doit être répété en inversant les connexions sous tension aux bornes. Ainsi, les deux bornes du disjoncteur sont soumises aux essais vis-à-vis de la terre pendant l'extinction de l'arc.

8.3.8.9.5 Constante de temps du circuit d'essai

La constante de temps du circuit d'essai est telle que décrite ci-après (voir Tableau 2).

- a) Pour l'essai de défaut maximal, la constante de temps du circuit doit être la valeur indiquée dans le Tableau 6.
- b) Pour l'énergie maximale, la constante de temps du circuit doit être supérieure ou égale à la moitié de la constante de temps assignée T_{Nc} (Pour la valeur réelle, voir 5.1.1.3 de l'IEC 61992-1:2006).

- c) Pour le défaut lointain, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à la constante de temps assignée T_{Nc} .
- d) Pour l'essai d'endurance électrique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit fixée à 0,01 s.
- e) Pour l'essai au courant critique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit aussi proche que possible de 0,01 s.

Lors de l'étalonnage de chaque essai, la constante de temps du circuit d'essai ou la vitesse de montée initiale doit être mesurée. La constante de temps est déterminée à partir du courant d'essai. (Voir forme d'onde d'étalonnage 2 dans l'IEC 61992-1:2006, Tableau A.2.)

Si l'on adopte la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif, il convient de se référer à l'Annexe B.

8.3.8.9.6 Tension de rétablissement

Pour cet essai, la valeur moyenne de la tension de rétablissement ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_{Ne} . Si l'on adopte l'essai de court-circuit en courant alternatif, les conditions d'essai indiquées à l'Article B.3 peuvent s'appliquer.

8.3.8.9.7 Modalités d'essai

8.3.8.9.7.1 Etalonnage du circuit d'essai

L'essai doit être réalisé à la tension assignée U_{Ne} , étalonnée avec l'unité d'essai A qui est remplacée par une connexion provisoire B d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Régler les résistances R et les inductances L de façon à obtenir le courant de court-circuit établi et la constante de temps assignée. Ces valeurs sont pour le courant présumé et doivent être celles indiquées par le fabricant, avec les tolérances données en 7.2 de l'IEC 61992-1 2006 (voir 8.3.8.1).

Si l'on adopte la méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif, il convient de se référer à l'Annexe B.

8.3.8.9.7.2 Réalisation des essais

Remplacer la connexion provisoire B par l'unité d'essai A en reliant les bornes du disjoncteur comme exigé par le cycle d'essai. Les essais doivent être conformes à 8.3.8.3 et aux conditions énoncées en 7.6.2 de l'IEC 61992-1:2006.

Après l'interruption du courant, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant 0,1 s.

Si l'essai est réalisé comme essai en continu alternatif, la durée de la tension de rétablissement peut être inférieure à 0,1 s par accord mutuel.

8.3.8.9.7.3 Comportement du disjoncteur pendant les essais de fermeture et de coupure en court-circuit

Pendant l'essai, le disjoncteur doit couper le courant de court-circuit; il ne doit pas y avoir de réamorçage après interruption du courant. Le courant de court-circuit doit être le courant de court-circuit assigné.

Le disjoncteur doit être conforme aux valeurs données au Tableau 7.

**Tableau 7 – Vérification du comportement du disjoncteur
lors des cycles d'essai f, ff et fr**

Type	Durée d'ouverture	Durée de coupure totale	Réglage du courant	Vitesse initiale de montée	Courant coupé limité
	ms	ms	kA	kA/ms	kA
C	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas	Valeur maximale	Supérieure ou égale à la valeur figurant dans le Tableau 6	Inférieur ou égal à la valeur donnée dans le Tableau 6

L'élément fusible du dispositif de protection D ne doit pas griller pendant l'essai.

Le courant coupé limité doit être vérifié.

8.3.8.9.7.4 Etat du disjoncteur après l'essai ci-dessus

Il doit être tel que spécifié en 7.6.3 de l'IEC 61992-1:2006.

8.3.8.9.8 Vérification de la caractéristique C pour les cycles d'essai f, ff et fr

Pendant l'essai de défaut maximal correspondant aux cycles d'essai f, ff et fr, on doit vérifier que le comportement du disjoncteur est conforme à sa désignation de classe C uniquement si les courants et les réglages d'essais sont ceux donnés dans le Tableau 7.

Le courant coupé limité du disjoncteur doit être celui indiqué dans le Tableau 7.

8.3.8.2 Conditions d'essai

Le disjoncteur doit être complètement monté. Le mécanisme de commande, à l'exception des moteurs de commande, doit être alimenté à la tension minimale telle qu'elle est spécifiée en 5.4.

Il convient de soumettre le disjoncteur aux essais dans une enveloppe ayant le volume et les dimensions minimaux définis par le fabricant, ou à l'air libre s'il est destiné à être utilisé dans une armoire, en utilisant des écrans pour simuler la proximité immédiate des parois et du plafond de l'armoire. Ces écrans ou l'enceinte doivent être métalliques et reliés au châssis du disjoncteur lui-même mis à la masse. Les écrans et l'armoire peuvent éventuellement être garnis d'un matériau isolant si tel est le cas dans l'environnement réel d'utilisation du disjoncteur.

8.3.8.3 Procédure

L'essai décrit en 5.3.4 consiste à vérifier un ensemble de types de fonctions particulières à la classe d'utilisation du disjoncteur avec le cycle de service et le réglage appropriés. Chacun des cycles de service doit être réalisé une fois et, compte tenu de la sévérité de ces essais, le disjoncteur peut être entretenu entre les cycles de service.

Quand un disjoncteur peut être utilisé avec l'une ou l'autre de ses bornes primaires reliées à l'alimentation positive, les cycles d'essais f), e) et d) (voir Tableau 2) doivent être répétés pour les deux connexions.

Après chaque cycle d'essai, un essai diélectrique est exigé conformément à 7.6.3 de l'IEC 61992-1.

8.3.8.4 Circuit d'essai

Un schéma de principe du circuit d'essai est représenté à l'Annexe A de l'IEC 61992-1.

Les détails concernant le circuit d'essai sont donnés en 7.6.1 de l'IEC 61992-1.

Pour les cycles d'essai e) et d), si une impédance insuffisante peut être ajoutée du côté de la charge, le cycle d'essai doit être répété en inversant les connexions sous tension aux bornes. Ainsi, les deux bornes du disjoncteur sont testées vis-à-vis de la terre pendant la coupure de l'arc.

Pour les disjoncteurs de type V, il convient d'effectuer le cycle d'essai d) en ayant toutes les impédances du côté de la charge de façon à exercer une contrainte sur la diode de roue libre du disjoncteur, puis de le répéter en ayant toutes les impédances du côté de l'alimentation, de façon à exercer une contrainte sur les dispositifs absorbeurs de surtensions.

Il convient également d'effectuer le cycle d'essai e) de cette façon si le disjoncteur de type V peut être situé à la position d'énergie maximale.

8.3.8.5 Constante de temps du circuit d'essai

Pour les défauts maximaux, la constante de temps n'est pas mesurée mais elle est supposée correcte si le rapport crête/régime permanent est supérieur ou égal à 1,42. Pour un cycle d'essai à énergie maximale, la constante de temps du circuit ne doit pas être inférieure à 0,5 fois la constante de temps assignée de voie T_{NC} (voir 5.1.1.3 de l'IEC 61992-1 pour les valeurs réelles). Pour le défaut lointain, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à la constante de temps assignée de voie T_{NC} . Pour l'essai d'endurance électrique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit égale à 0,01 s et, pour l'essai au courant critique, il convient que la constante de temps du circuit t_c soit aussi proche que possible égale à 0,01 s.

La constante de temps du circuit d'essai doit être mesurée lors de l'étalonnage et la mesure est celle du courant d'essai (voir Figure A.2 – étalonnage 2 – de l'IEC 61992-1).

8.3.8.6 Tension de rétablissement

La valeur moyenne de la tension de rétablissement de cet essai ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_{Ne} .

8.3.8.7 Modalités d'essai

8.3.8.7.1 Etalonnage du circuit d'essai

L'essai doit être réalisé à la tension assignée U_{Ne} , étalonnée avec l'appareil à essayer A qui est remplacé par une connexion provisoire B d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Régler les résistances R et les inductances L de façon à obtenir le courant de court-circuit établi et la constante de temps assignée. Ces valeurs sont pour le courant présumé et doivent être celles indiquées par le fabricant, avec les tolérances données en 7.2 de l'IEC 61992-1 (voir aussi 8.3.8.1).

Lorsque le court-circuit nécessite une valeur de crête, celle-ci ne doit pas être inférieure à $1,42 I_{SS}$.

NOTE On peut être amené à régler la valeur de I_{SS} pour atteindre la valeur de crête exigée.

8.3.8.7.2 Réalisation de l'essai

Remplacer la connexion provisoire B par l'appareil à essayer A en reliant les bornes du disjoncteur de la façon prescrite pour le cycle d'essai. Les essais doivent être conformes à 8.3.8.3 et avec les conditions énoncées en 7.6.2 de l'IEC 61992-1.

Après l'interruption du courant, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant 0,1 s.

8.3.8.7.3 Comportement du disjoncteur pendant l'essai de fermeture et de coupure en court-circuit

Pendant l'essai, le disjoncteur doit couper le courant de court-circuit; il ne doit pas y avoir de réamorçage après interruption du courant. Le courant de court-circuit doit être le courant de court-circuit assigné.

Le disjoncteur doit être conforme aux valeurs données au Tableau 5.

Tableau 5 – Vérification du comportement du disjoncteur lors des cycles d'essai f, ff et fr

Type	Durée ms	Durée de coupure totale ms	Rapport de I_{Nss} par rapport au réglage	di/dt à $t = 0$ kA/ms
H	≤ 5	≤ 20	≥ 7	≥ 5
V	≤ 2	≤ 4	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas
S	≤ 15	≤ 30	$\geq 3,5$	$\geq 1,7$
Voir 3.4.7 et 3.4.8 de l'IEC 61992-1				

L'élément fusible du dispositif de protection D ne doit pas griller pendant l'essai.

Le courant coupé limité doit être vérifié.

8.3.8.7.4 Etat du disjoncteur après l'essai ci-dessus

Il doit être tel que spécifié en 7.6.3 de l'IEC 61992-1.

8.3.8.8 Vérification de la caractéristique H, V ou S pour les cycles d'essai f, ff et fr

Pendant l'essai de défaut maximal correspondant aux cycles d'essai f, ff et fr, on ne doit vérifier que le comportement des différents types de disjoncteurs est conforme à leurs classes respectives H, V et S, que si les courants et les réglages d'essais sont ceux donnés dans le Tableau 5.

La durée d'ouverture et la durée de coupure totale de chaque type de disjoncteur doivent être celles indiquées dans le Tableau 5.

Lorsque les courants d'essai donnent des valeurs de rapport et de di/dt inférieures aux exigences du Tableau 5 pour la catégorie pendant les essais de type normalisés, et donnent des durées d'ouverture et de coupure totale supérieures à celles demandées, on doit réaliser un seul essai d'ouverture à un réglage réduit du disjoncteur, choisi dans la plage de réglages du disjoncteur pour montrer la conformité avec les durées d'ouverture et de coupure totale prescrites dans le Tableau 5.

8.3.9 Vérification du comportement au courant de courte durée admissible pour le cycle d'essai s

8.3.9.1 Valeurs d'essai

Elles doivent être conformes aux conditions énoncées en 7.7.1 de l'IEC 61992-1.

8.3.9.2 Conditions d'essai

L'unité doit être soumise aux conditions énoncées en 8.3.8.2 de cette norme et en 7.7.2 de l'IEC 61992-1.

8.3.9.3 Comportement du disjoncteur au cours de l'essai

Il doit être conforme aux conditions spécifiées en 8.3.8.3 de cette norme et en 7.7.3 de l'IEC 61992-1 (le cas échéant).

8.3.9.4 Etat du disjoncteur après l'essai

Après l'essai, les parties mécaniques et les parties isolantes doivent être conformes au 7.7.4 de l'IEC 61992-1 (le cas échéant).

8.3.10 Recherche des courants critiques et réalisation des cycles d'essais I) et Ir)

La recherche des courants critiques est un essai de type pour tous les types de disjoncteurs, servant à donner la valeur du courant nécessaire aux cycles d'essai à courant faible I et Ir du Tableau 2.

L'Annexe C de l'IEC 61992-1 donne les procédures pour la recherche des courants critiques.

Le cycle d'essai I des disjoncteurs L est réalisé à la valeur du courant critique I_c déterminée pour les disjoncteurs unidirectionnels U_1 et U_2 selon la description de l'Article C.2 de l'IEC 61992-1:2006 pour les disjoncteurs bidirectionnels B selon la description de l'Article C.3 de l'IEC 61992-1:2006.

Le cycle d'essai Ir des disjoncteurs R et I est réalisé à la valeur du courant critique I_c déterminée selon la description de l'Article C.3 de l'IEC 61992-1:2006.

NOTE 2 Les disjoncteurs R ont un déclenchement inverse unidirectionnel et coupent un courant faible dans le sens direct.

Annexe A **(informative)**

Informations requises

A.1 Généralités

La présente Annexe récapitule les informations qui peuvent être utilisées comme recommandations pour répondre à l'Article 7.

A.2 Spécification du cahier des charges

Lorsque cela est applicable, il convient que l'acheteur mentionne les points suivants dans le cahier des charges afin de donner les caractéristiques techniques précises pour les installations particulières:

- a) conditions d'utilisation différant de celles définies comme «normales» (voir Article 4 de l'IEC 61992-1);
- b) détails des types de disjoncteurs (y compris catégories et utilisation);
- c) données mentionnées à l'Article 5 qui sont à fournir par l'acheteur;
- d) caractéristiques particulières concernant l'Article 6 et détails des bornes;
- e) calibre des disjoncteurs et cycle de charge;
- f) cycle d'essais – cycle 1 ou cycle 2;
- g) plage de réglages et points intermédiaires pour la protection contre les surintensités;
- h) tensions minimale et maximale de la source auxiliaire;
- i) détails des dispositions de transport et de livraison sur le site, y compris les dimensions d'emballage maximales;
- j) les cycles de manœuvre mécanique minimale pour le disjoncteur L si l'acheteur le demande (voir 6.12 a)).

A.3 Spécifications du fabricant

Il convient que le constructeur donne les informations suivantes:

- a) identification
 - 1) nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - 2) désignation du type;
 - 3) référence à la Norme nationale correspondant à cette norme, par rapport à laquelle le fabricant déclare la conformité;
 - 4) année de fabrication et numéro de série;
 - 5) repérage de toutes les connexions (principales et auxiliaires).
- b) caractéristiques
 - 1) confirmation du type, de l'utilisation et des fonctions (voir 5.2 b), 5.2 c) et 5.3.4);
 - 2) capacité à satisfaire à des exigences d'exploitation différentes de la normale (définies comme normales à l'Article 4 de l'IEC 61992-1);
 - 3) tension(s) assignée(s) U_{Ne};
 - 4) plage des tensions pour lesquelles le disjoncteur fonctionne de façon satisfaisante;
 - 5) courant(s) assigné(s) I_{Ne} à la ou aux tensions assignées du matériel;

- 6) constante de temps assignée de voie T_{Nc} ;
- 7) sens d'interruption du courant, U1, U2 ou B;
- 8) cycle d'essai du disjoncteur;
- 9) utilisation du disjoncteur, L, I ou R;
- 10) restriction de l'utilisation de disjoncteurs V seulement aux sous-stations de redressement, si c'est le cas;
- 11) tension d'arc maximale en condition d'essai;
- 12) courant thermique conventionnel I_{th} et courant thermique dans une enveloppe I_{the} , si nécessaire;
- 13) matériaux des contacts;
- 14) tension assignée d'isolement U_{Nm} ;
- 15) niveau de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} si c'est le cas;
- 16) puissance requise à la tension de commande assignée pour fermer le disjoncteur;
- 17) puissance requise à la tension de commande assignée, pour la bobine de déclenchement shunt ou autre dispositif équivalent;
- 18) capacité à satisfaire au cycle de charge spécifié par l'acheteur;
- 19) résistance du circuit principal du disjoncteur;
- 20) échauffements garantis au courant assigné de service dans les diverses parties du disjoncteur (voir l'Article 6 de l'IEC 61992-1) et échauffements pour les surcharges;
- 21) pouvoirs assignés de fermeture et/ou de coupure en court-circuit aux différents cycles spécifiés I_{Nss} ;
- 22) durée de coupure en fonction de la vitesse de montée du courant (di/dt);
- 23) durée de fermeture;
- 24) courant coupé limité en fonction de la vitesse de montée du courant (di/dt);
- 25) courant critique;
- 26) type de boîte de soufflage;
- 27) indiquer si le disjoncteur est maintenu fermé électriquement, magnétiquement ou mécaniquement;
- 28) indice de protection IP dans le cas d'un équipement sous enveloppe (selon l'IEC 60529);
- 29) caractéristiques des relais et déclencheurs à maximum de courant;
- 30) tension(s) assignée(s) des circuits de commande, nature (et fréquence) des courants;
- 31) nature du courant (fréquence assignée) et tension d'alimentation de la commande, s'ils sont différents de ceux de la bobine de commande;
- 32) pression d'air assignée et limites des variations de pression (pour les dispositifs à commande pneumatique);
- 33) masse du disjoncteur complet et des pièces débrochables s'il y en a;
- 34) taille minimale de l'enveloppe et, le cas échéant, caractéristiques du système de ventilation auquel les caractéristiques assignées s'appliquent;
- 35) distance minimale entre le disjoncteur et les parties métalliques reliées à la terre pour les disjoncteurs prévus pour être utilisés sans enveloppe;
- 36) tension assignée du circuit de commande du déclencheur shunt et/ou du déclencheur à minimum de tension (ou déclencheur à manque de tension);
- 37) courant assigné des déclencheurs à surintensité;
- 38) plage(s) de réglages du déclencheur à maximum de courant;
- 39) méthode d'étalonnage des courants variables;

- 40) méthode de déclenchement;
- 41) effet, le cas échéant, de la variation de la température sur l'étalonnage en courant;
- 42) type et consommation d'énergie du système anti-pompage;
- 43) type et consommation d'énergie des relais d'interface;
- 44) type et consommation d'énergie de tous les matériels de commande intégrés;
- 45) nombre et type des contacts auxiliaires et nature du courant, fréquence assignée (le cas échéant) et tension(s) assignée(s) des interrupteurs auxiliaires;
- 46) caractéristiques en régime permanent et pouvoir de coupure de chaque contact auxiliaire;
- 47) méthode de fixation du disjoncteur;
- 48) détails concernant les dispositifs pour la manœuvre du chariot du disjoncteur, le cas échéant;
- 49) détails des dégagements nécessaires;
- 50) détails de l'accès nécessaire à l'arrière;
- 51) période recommandée par le fabricant pour la maintenance périodique (contact, boîte de soufflage et disjoncteur complet) en tenant compte du nombre de manœuvres au courant assigné de service I_{Ne} et du courant maximal de court-circuit I_{Nss} .

NOTE Les caractéristiques ci-dessus ne sont utilisées que si elles s'appliquent de manière spécifique à l'application.

c) plans

- 1) disposition générale et élévations en coupe du disjoncteur, montrant les dimensions hors tout, l'espace nécessaire au retrait de la boîte de soufflage, l'espace nécessaire pour les parties isolées et/ou à la terre (le cas échéant), l'espace nécessaire à l'enlèvement du disjoncteur, les dimensions maximales à l'expédition, le poids net et l'estimation des poids bruts ainsi que les résistances aux chocs des sols;
- 2) schéma de commande;
- 3) disposition générale des fondations métalliques et zone devant rester non blindée pendant la finition par le contractant, et répartition de la charge;
- 4) caractéristiques (i^2t ou durée de coupure ou courant coupé limité) du disjoncteur;
- 5) oscillogrammes montrant les performances du disjoncteur dans des conditions d'interruption particulières;
- 6) manuels d'installation, d'exploitation et d'entretien.

Annexe B (normative)

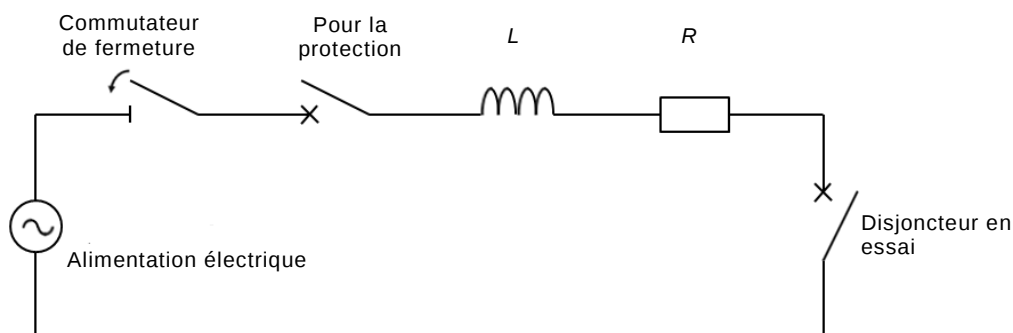
Méthode d'essai de court-circuit en courant alternatif

B.1 Généralités

Pour le disjoncteur C, la présente annexe indique l'autre méthode en courant alternatif pour la réalisation des essais de fermeture et de coupure en court-circuit spécifiée en 8.3.8.9.

B.2 Circuit d'essai

Les conditions de l'essai de court-circuit en courant alternatif correspondant à l'essai de court-circuit en courant continu sont les suivantes (voir Figure B.1).



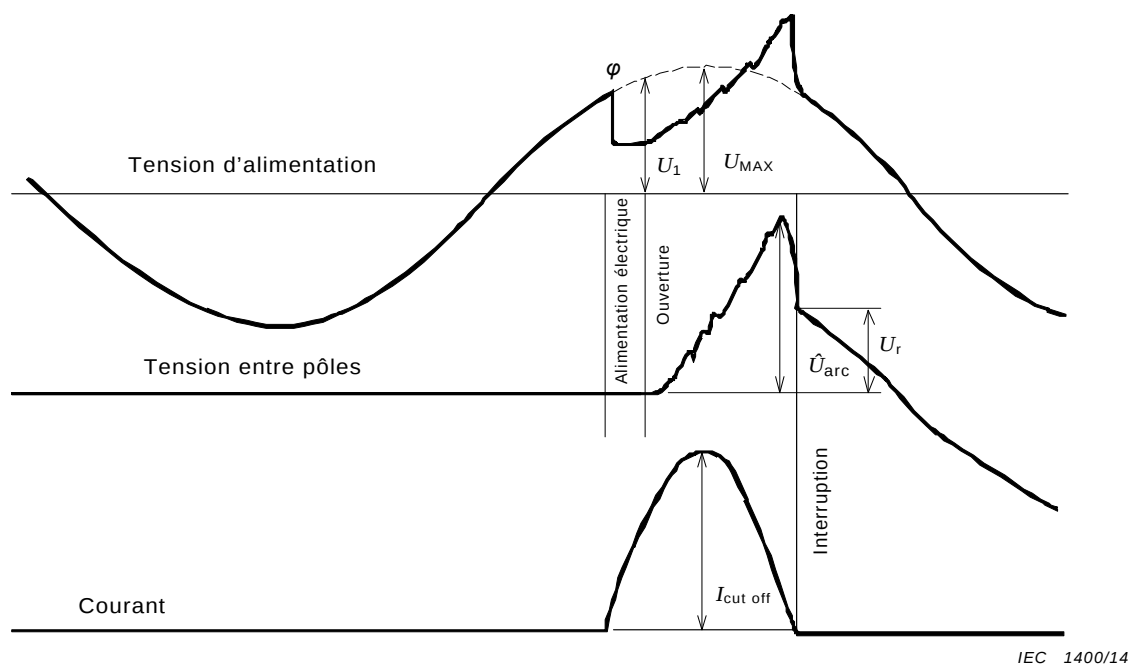
IEC 1399/14

Légende

L inductance du circuit
 R résistance du circuit

Figure B.1 – Circuit d'essai

Les formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif sont telles que décrites ci-après (voir Figure B.2):



Légende

f	Fréquence d'essai	$\hat{U}_{\text{arc}}$	Tension d'arc maximale
U_{max}	Valeur crête de la tension	$I_{\text{cut off}}$	Courant coupé limité
U_1	Tension d'alimentation	φ	Angle de phase de fermeture
U_r	Tension de rétablissement		

Figure B.2 – Formes d'ondes de tension et de courant typiques de l'essai de court-circuit en courant alternatif

B.3 Conditions d'essai

Les conditions de l'essai de court-circuit en courant alternatif sont les suivantes:

Tension d'alimentation U_1

La tension U_1 à l'ouverture du contact du disjoncteur doit être supérieure ou égale à la tension assignée U_{Ne} .

Tension de rétablissement U_r

La tension de rétablissement U_r doit être supérieure ou égale à la tension assignée U_{ne} .

Résistance du circuit R

La résistance du circuit R doit être inférieure ou égale à $U_{\text{max}} / I_{\text{Nss}} + 5 \%$.

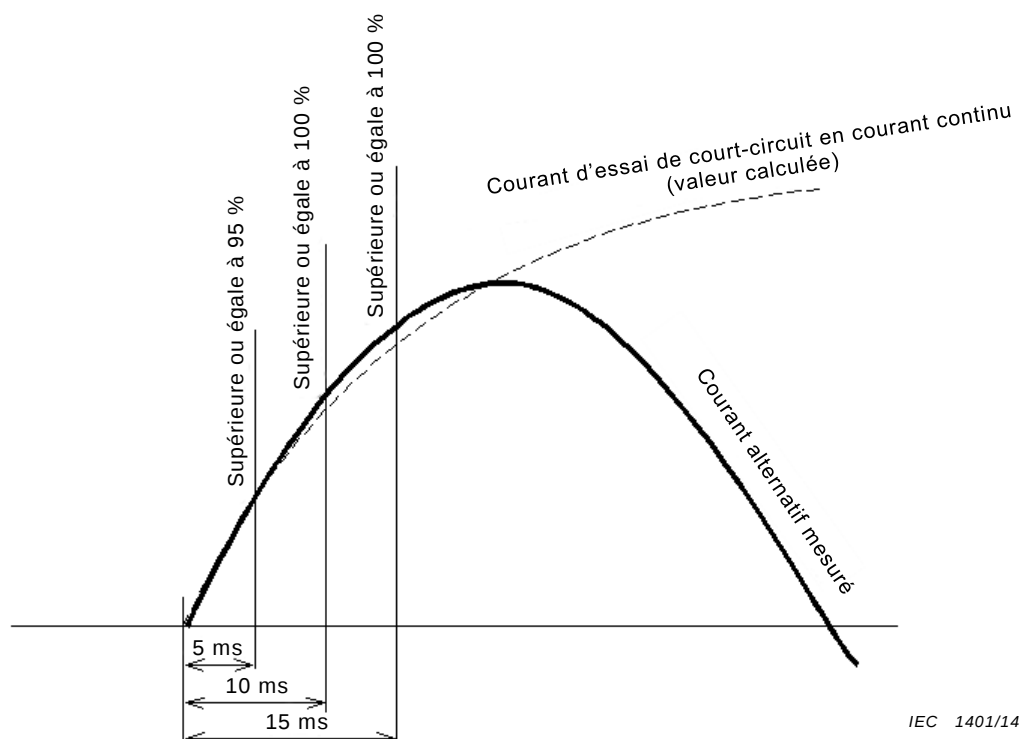
Inductance du circuit L

L'inductance du circuit L doit être supérieure ou égale à $U_1 / (di/dt)$.

Angle de phase de fermeture φ

La forme d'onde de courant d'essai doit avoir un angle de phase de fermeture satisfaisant aux conditions suivantes (voir Figure B.3):

- La forme d'onde du courant d'essai doit être supérieure ou égale à 95 % du courant d'essai de court-circuit en courant continu (valeur calculée) 5 ms après le court-circuit.
- La forme d'onde du courant d'essai doit être supérieure ou égale à 100 % du courant d'essai de court-circuit en courant continu (valeur calculée) 10 ms et 15 ms après le court-circuit.



IEC 1401/14

Figure B.3 – Angle de phase de fermeture (forme d'onde de courant)

Tolérances des conditions d'essai

Les tolérances des conditions d'essai sont les suivantes:

- Fréquence $f = f_0 \pm 0,3$ Hz.
- Angle de phase de fermeture $\varphi \geq (\varphi_0 - 3^\circ)$.
où f_0 et φ_0 sont les valeurs au moment de la mesure des constantes.

Essai de cycle de service (O – t – CO).

B.4 Méthode de mesure des constantes de circuit

B.4.1 Résistance de circuit R

La résistance de circuit R est mesurée à l'aide de la méthode par chute de tension en alimentant le circuit d'essai avec un courant continu supérieur ou égal à 50 A.

B.4.2 Inductance de circuit L

L'inductance de circuit L doit être égale à la valeur L lorsque la valeur de mesure réelle et la valeur calculée du courant d'essai de court-circuit en courant alternatif correspondent l'une à l'autre avec une marge de ± 5 % dans la plage comprise entre 5 ms et 15 ms après le court-circuit (voir Figure B.4).

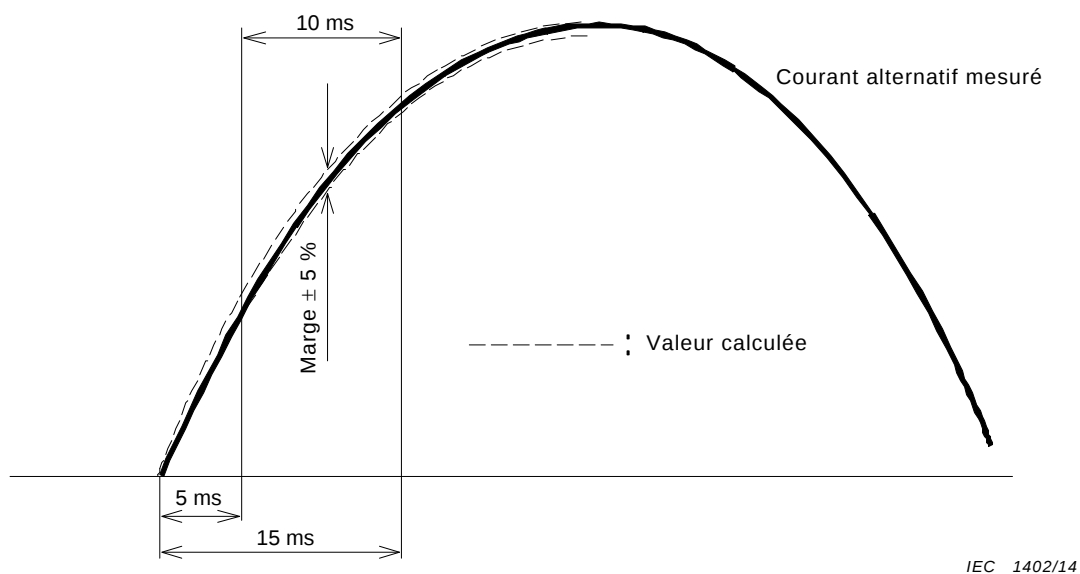


Figure B.4 – Méthode de mesure de l'inductance du circuit L

Formule de calcul

$$i = \frac{U_{\max}}{(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}} \left\{ \sin(\omega t + \varphi - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \sin(\varphi - \theta) \right\}$$

où φ : angle de phase de fermeture

$$\theta = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

ω : fréquence d'essai $2 \times \pi \times f$

Bibliographie

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch