

INTERNATIONALE

IEC

**INTERNATIONAL  
STANDARD**

**60077-3**

Première édition  
First edition  
2001-12

---

---

**Applications ferroviaires –  
Equipements électriques du matériel roulant –**

**Partie 3:  
Composants électrotechniques –  
Règles pour disjoncteurs à courant continu**

**Railway applications –  
Electric equipment for rolling stock –**

**Part 3:  
Electrotechnical components –  
Rules for d.c. circuit-breakers**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

U

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	6
1 Domaine d'application et objet .....	10
2 Références normatives .....	12
3 Définitions .....	14
3.1 Composants .....	14
3.2 Parties de composant .....	14
3.3 Caractéristiques de fonctionnement .....	16
3.4 Caractéristiques de coupure .....	18
4 Classification .....	22
5 Caractéristiques.....	22
5.1 Liste des caractéristiques .....	22
5.2 Type de disjoncteur .....	22
5.3 Valeurs limites et valeurs assignées du circuit principal.....	22
5.3.1 Généralités .....	22
5.3.2 Tensions assignées .....	24
5.3.3 Courants assignés .....	24
5.3.4 Constantes de temps assignées.....	24
5.3.5 Caractéristiques en court-circuit (voir aussi annexe B) .....	24
5.4 Fréquences de fonctionnement.....	26
5.5 Circuits de commande électriques et pneumatiques .....	26
5.6 Circuits auxiliaires électriques et pneumatiques .....	26
5.7 Déclencheur à maximum de courant .....	26
5.8 Valeurs crêtes de la tension d'arc .....	26
6 Information sur le produit .....	28
6.1 Documentation sur le composant .....	28
6.2 Marquage .....	28
7 Conditions normales de service .....	28
8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement.....	28
8.1 Dispositions constructives.....	28
8.2 Exigences relatives au fonctionnement .....	28
8.2.1 Conditions de fonctionnement .....	28
8.2.2 Echauffements.....	28
8.2.3 Fonctionnement à la mise en service .....	28
8.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	28
8.2.5 Emission de bruit acoustique .....	30
8.2.6 Propriétés diélectriques .....	30
8.2.7 Surtensions de coupure .....	30
8.2.8 Aptitude au fonctionnement en service.....	30
8.2.9 Aptitude à supporter les vibrations et les chocs .....	32
8.2.10 Aptitude à l'établissement et à la coupure en court-circuit.....	32
9 Essais .....	32
9.1 Nature des essais.....	32
9.1.1 Généralités .....	32
9.1.2 Essais de type .....	32

## CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope and object.....	11
2 Normative references.....	13
3 Definitions .....	15
3.1 Components .....	15
3.2 Component parts .....	15
3.3 Operational features .....	17
3.4 Breaking characteristics.....	19
4 Classification .....	23
5 Characteristics.....	23
5.1 List of characteristics .....	23
5.2 Type of circuit-breaker .....	23
5.3 Rated values and limiting values for the main circuit.....	23
5.3.1 General .....	23
5.3.2 Rated voltages.....	25
5.3.3 Rated currents .....	25
5.3.4 Rated time constants .....	25
5.3.5 Short-circuit characteristics (see also annex B).....	25
5.4 Operational frequencies.....	27
5.5 Electric and pneumatic control circuits .....	27
5.6 Electric and pneumatic auxiliary circuits .....	27
5.7 Over-current release.....	27
5.8 Peak arc voltages .....	27
6 Product information.....	29
6.1 Component documentation .....	29
6.2 Marking .....	29
7 Normal service conditions .....	29
8 Constructional and performance requirements .....	29
8.1 Constructional requirements .....	29
8.2 Performance requirements.....	29
8.2.1 Operating conditions .....	29
8.2.2 Temperature rise .....	29
8.2.3 Operation following inactivity.....	29
8.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC) .....	29
8.2.5 Acoustic noise emission.....	31
8.2.6 Dielectric properties .....	31
8.2.7 Switching overvoltages .....	31
8.2.8 Operational performance capability .....	31
8.2.9 Ability to withstand vibration and shock .....	33
8.2.10 Ability to make and break under short-circuit conditions.....	33
9 Tests .....	33
9.1 Kinds of tests.....	33
9.1.1 General .....	33
9.1.2 Type tests.....	33

9.1.3	Essais de série .....	32
9.1.4	Essais d'investigation.....	34
9.2	Vérification des dispositions constructives .....	34
9.2.1	Généralités .....	34
9.2.2	Essais de type .....	34
9.2.3	Essais de série .....	34
9.3	Essais de type pour la vérification des dispositions relatives au fonctionnement.....	34
9.3.1	Séquences d'essais .....	34
9.3.2	Conditions générales d'essais .....	36
9.3.3	Séquence d'essai I: caractéristiques générales de fonctionnement .....	38
9.3.4	Séquence d'essai II: établissement et coupure assignés en court-circuit .....	40
9.3.5	Séquence d'essai III: aptitude à supporter les vibrations et les chocs .....	44
9.3.6	Séquence d'essai IV: recherche des courants critiques .....	44
9.3.7	Séquence d'essai V: conditions climatiques.....	46
9.3.8	Séquence d'essai VI: autres essais .....	46
9.4	Essais de série pour la vérification des exigences relatives au fonctionnement.....	46
9.4.1	Généralités .....	46
9.4.2	Fonctionnement mécanique .....	46
9.4.3	Etalonnage des déclencheurs .....	46
9.4.4	Tenue diélectrique .....	46
9.4.5	Étanchéité (pour les disjoncteurs à air comprimé) .....	46
Annexe A (normative) Circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure.....		48
Annexe B (informative) Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit.....		50
Figure A.1 – Schéma du circuit d'essai .....		26
Figure B.1 – Etalonnage du circuit pour obtenir la valeur crête du courant présumé .....		27
Figure B.2 – Oscillogramme correspondant à une coupure du courant après le passage de sa valeur maximale .....		52
Figure B.3 – Oscillogramme correspondant à la coupure du courant avant sa valeur maximale (courant limité par le disjoncteur).....		52
Tableau 1 – Constantes de temps assignées.....		24
Tableau 2 – Aptitude au fonctionnement.....		30
Tableau 3 – Liste des séquences d'essais de type pour les dispositions relatives au fonctionnement.....		36
Tableau 4 – Tolérances des grandeurs d'essai .....		38

9.1.3	Routine tests .....	33
9.1.4	Investigatory tests.....	35
9.2	Verification of constructional requirements.....	35
9.2.1	General .....	35
9.2.2	Type tests.....	35
9.2.3	Routine tests .....	35
9.3	Type tests for verification of performance requirements .....	35
9.3.1	Test sequences .....	35
9.3.2	General test conditions .....	37
9.3.3	Test sequence I: general performance characteristics .....	39
9.3.4	Test sequence II: rated short-circuit making and breaking capacities .....	41
9.3.5	Test sequence III: capability to withstand vibration and shock.....	45
9.3.6	Test sequence IV: searching for critical currents .....	45
9.3.7	Test sequence V: climatic conditions.....	47
9.3.8	Test sequence VI: other tests.....	47
9.4	Routine tests for verification of performance requirements .....	47
9.4.1	General .....	47
9.4.2	Mechanical operation .....	47
9.4.3	Calibration of releases .....	47
9.4.4	Dielectric withstand.....	47
9.4.5	Air-tightness (for pneumatic circuit-breaker) .....	47
Annex A (normative) Test circuit to verify the making and breaking capacities .....		49
Annex B (informative) Verification of short-circuit making and breaking capacities .....		51
Figure A.1 – Diagram of the test circuit.....		26
Figure B.1 – Calibration of the circuit to obtain the prospective peak making current.....		27
Figure B.2 – Oscillogram corresponding to a break after the current has passed its maximum value.....		53
Figure B.3 – Oscillogram corresponding to a break before the current has reached its maximum value (current limiting circuit-breaker).....		53
Table 1 – Rated time constants .....		25
Table 2 – Operational performance capability .....		31
Table 3 – List of type test sequences for performance requirements .....		37
Table 4 – Tolerances on test values .....		39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –  
ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –**

**Partie 3: Composants électrotechniques –  
Règles pour disjoncteurs à courant continu**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60077-3 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/651/FDIS	9/666/RVD

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

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

Elle doit être lue conjointement avec la CEI 60077-1 et la CEI 60077-2.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –  
ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –**

**Part 3: Electrotechnical components –  
Rules for d.c. circuit-breakers**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60077-3 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/651/FDIS	9/666/RVD

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

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

This standard should be read in conjunction with IEC 60077-1 and IEC 60077-2.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is given for information only.

La CEI 60077 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant*:

- Partie 1 – Conditions générales de service et règles générales
- Partie 2 – Composants électrotechniques – Règles générales
- Partie 3 – Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu
- Partie 4 – Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant monophasé<sup>1)</sup>
- Partie 5 – Composants électrotechniques – Règles pour coupe-circuit à haute tension <sup>1)</sup>

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

---

<sup>1)</sup> En préparation.



This is a preview of "IEC 60077-3 Ed. 1.0 ...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

IEC 60077 consists of the following parts under the general title *Railway applications – Electric equipment for rolling stock*:

- Part 1 – General service conditions and general rules
- Part 2 – Electrotechnical components – General rules
- Part 3 – Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit-breakers
- Part 4 – Electrotechnical components – Rules for a.c. circuit-breakers <sup>1)</sup>
- Part 5 – Electrotechnical components – Rules for HV fuses <sup>1)</sup>

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

---

<sup>1)</sup> In preparation.

## APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –

### Partie 3: Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60077 donne en complément des règles générales de la CEI 60077-2, les règles relatives aux disjoncteurs dont les contacts sont destinés à être connectés aux circuits à courant continu de traction et/ou aux circuits des auxiliaires. La tension continue nominale de ces circuits n'excède pas 3 000 V conformément à la CEI 60850.

En complément de la CEI 60077-2, cette partie de la CEI 60077 précise particulièrement

- a) les caractéristiques des disjoncteurs;
- b) les conditions de service que les disjoncteurs doivent supporter du point de vue
  - du fonctionnement et du comportement en service normal;
  - du fonctionnement et du comportement en cas de court-circuit;
  - des propriétés diélectriques;
- c) les essais de conformité des composants avec les caractéristiques dans les conditions de service ainsi que les méthodes d'essai correspondantes à utiliser;
- d) les informations à donner ou à marquer sur l'appareil.

NOTE 1 Les disjoncteurs qui font l'objet de cette partie de la CEI 60077 peuvent être équipés de dispositifs d'ouverture automatique dans des conditions prédéterminées autres que celles de la surcharge, comme une tension insuffisante ou l'inversion du courant par exemple. Cette partie de la CEI 60077 ne traite pas de la vérification de tels fonctionnements dans de telles conditions prédéterminées.

NOTE 2 L'incorporation de composants électroniques ou de sous-ensembles électroniques dans les composants électrotechniques est maintenant une pratique courante.

Bien que la présente norme ne soit pas applicable aux matériels électroniques, la présence de composants électroniques n'est pas une raison suffisante pour exclure ces composants électrotechniques du champ d'application de cette norme.

Il convient que les sous-ensembles électroniques inclus dans les disjoncteurs soient conformes à la norme correspondante applicable à l'électronique (CEI 60571).

NOTE 3 Après accord entre l'utilisateur et le fabricant, certaines de ces règles peuvent être utilisées pour l'appareillage électrique installé dans des véhicules autres que ceux du matériel roulant ferroviaire tels que les locomotives de mine, les trolleybus, etc. Dans ce cas particulier, des prescriptions complémentaires peuvent être nécessaires.

Cette norme ne couvre pas

- a) l'assemblage de composants électrotechniques destinés à des fonctions particulières;
- b) les disjoncteurs industriels spécifiés par la CEI 60947-2;
- c) les disjoncteurs à courant continu des installations fixes spécifiés par la CEI 61992-2.

## **RAILWAY APPLICATIONS – ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –**

### **Part 3: Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit-breakers**

#### **1 Scope and object**

In addition to the general requirements of IEC 60077-2, this part of IEC 60077 gives the rules for circuit-breakers, the main contacts of which are to be connected to d.c. power and/or auxiliary circuits. The nominal voltage of these circuits does not exceed 3 000 V d.c. according to IEC 60850.

This part of IEC 60077, together with IEC 60077-2, states specifically

- a) the characteristics of the circuit-breakers;
- b) the service conditions with which circuit-breakers have to comply with reference to
  - operation and behaviour in normal service;
  - operation and behaviour in the case of short circuit;
  - dielectric properties;
- c) the tests for confirming the compliance of the components with the characteristics under the service conditions and the methods to be adopted for these tests;
- d) the information to be marked on, or given with, the circuit breaker.

NOTE 1 Circuit-breakers which are dealt with in this part of IEC 60077 may be provided with devices for automatic opening under predetermined conditions other than those of over-current, for example, under-voltage and reversal of power current. This part of IEC 60077 does not deal with the verification of operation under such predetermined conditions.

NOTE 2 The incorporation of electronic components or electronic sub-assemblies into electrotechnical components is now common practice.

Although this standard is not applicable to electronic equipment, the presence of electronic components does not provide a reason to exclude such electrotechnical components from the scope.

Electronic sub-assemblies included in circuit-breakers should comply with the relevant standard for electronics (IEC 60571).

NOTE 3 Certain of these rules may, after agreement between the user and the manufacturer, be used for electro-technical components installed on vehicles other than rail rolling stock such as mine locomotives, trolleybuses, etc. In this case, particular additional requirements may be necessary.

This standard does not cover

- a) multi-connection of electro-technical components to achieve a particular duty;
- b) industrial circuit-breakers which have to comply with IEC 60947-2;
- c) d.c. circuit-breakers for fixed installations which have to comply with IEC 61992-2.

Pour b) et c) dans le but d'obtenir un fonctionnement satisfaisant, il convient d'employer la présente norme uniquement pour spécifier les prescriptions particulières relatives à l'application ferroviaire. Dans de tels cas, il convient d'indiquer dans un document spécifique les exigences complémentaires auxquelles il faut que les composants industriels ou les disjoncteurs pour installations fixes satisfassent, par exemple:

- pour être adaptés (tension de commande, conditions d'environnement, etc.);
- pour être installés et utilisés de sorte qu'ils n'aient pas à subir les conditions particulières du milieu ferroviaire;
- pour subir des essais complémentaires afin de prouver que ces composants peuvent supporter de façon satisfaisante les conditions du matériel roulant.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60077. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60077 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International – Appareillage et fusibles*

CEI 60077-1:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

CEI 60077-2:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 2: Composants électrotechniques – Règles générales*

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

CEI 60571:1998, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires*

CEI 60850:2000, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

CEI/TR3 60943:1998, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

CEI 60947-2:1989, *Appareillage à basse tension – Deuxième partie: Disjoncteurs*

CEI 61373:1999, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

CEI 61992-2:2001, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage en courant continu – Partie 2: Disjoncteurs*

For b) and c), in order to ensure satisfactory operation, this standard should be used to specify only the particular requirements for rolling stock. In such cases, a specific document should state the additional requirements with which the industrial or fixed installations circuits breakers are to comply, for example:

- either to be adapted (for example, for control voltage, environmental conditions, etc.);
- or to be installed and used in such a way that they do not have to endure specific rolling stock conditions;
- or to be additionally tested to prove that these components can withstand satisfactorily the rolling stock conditions.

## 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60077. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60077 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60077-2:1999; *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnical components – General rules*

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

IEC 60571:1998, *Electronic equipment used on rail vehicles*

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

IEC/TR3 60943:1998, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 60947-2:1989, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 61373:1999, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61992-2:2001, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 2: Circuit-breakers*