

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
56**

Quatrième édition
Fourth edition
1987

**Disjoncteurs à courant alternatif
à haute tension**

**High-voltage alternating-current
circuit-breakers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 56: 1987

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
56**

Quatrième édition
Fourth edition
1987

**Disjoncteurs à courant alternatif
à haute tension**

**High-voltage alternating-current
circuit-breakers**

© CEI 1987 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XH**

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
 CHAPITRE I: CONDITIONS DE SERVICE, DÉFINITIONS, CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES, CONCEPTION ET CONSTRUCTION	
 Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Conditions normales et spéciales de service	10
3. Définitions	10
3.101 Termes généraux	10
3.102 Appareils de connexion	16
3.103 Parties de disjoncteurs	16
3.104 Fonctionnement	20
3.105 Grandeurs caractéristiques relatives aux disjoncteurs	22
3.106 Index des définitions	32
4. Caractéristiques assignées	36
4.1 Tension assignée	36
4.2 Niveau d'isolement assigné	36
4.3 Fréquence assignée	40
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	40
4.5 Courant de courte durée admissible assigné	40
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné	40
4.7 Durée de court-circuit assignée	40
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires	40
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	40
4.10 Pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure	42
4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit	42
4.102 Tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes	44
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	54
4.104 Séquence de manœuvres assignée	54
4.105 Caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne	54
4.106 Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases	58
4.107 Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide	62
4.108 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide	64
4.109 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs	64
4.110 Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins	66
4.111 Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs	66
4.112 Pouvoir de coupure assigné des faibles courants inductifs	70
4.113 Durées assignées	70
4.114 Coordination des valeurs assignées	72
5. Conception et construction	78
5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs	78
5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs	78
5.3 Raccordement à la terre des disjoncteurs	80
5.4 Equipements auxiliaires	80
5.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure	80
5.6 Fermeture à accumulation d'énergie	80
5.7 Fonctionnement des déclencheurs	80
5.8 Verrouillages à basse et à haute pression	82
5.9 Plaques signalétiques	82
5.101 Prescriptions concernant la simultanéité des pôles	82
5.102 Prescription générale de fonctionnement	84
5.103 Limites de pression du gaz comprimé pour la coupure dans le cas des disjoncteurs à gaz comprimé	86
5.104 Orifice d'évacuation des gaz	88
FIGURES 1 à 14	90

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
 CHAPTER I: SERVICE CONDITIONS, DEFINITIONS, RATING, CONSTRUCTION AND DESIGN 	
Clause	
1. Scope	11
2. Normal and special service conditions	11
3. Definitions	11
3.101 General terms	11
3.102 Switching devices	17
3.103 Parts of circuit-breakers	17
3.104 Operation	21
3.105 Characteristic quantities of circuit-breakers	23
3.106 Index of definitions	33
4. Rating	37
4.1 Rated voltage	37
4.2 Rated insulation level	37
4.3 Rated frequency	41
4.4 Rated normal current and temperature rise	41
4.5 Rated short-time withstand current	41
4.6 Rated peak withstand current	41
4.7 Rated duration of short-circuit	41
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits	41
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits	41
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption	43
4.101 Rated short-circuit breaking current	43
4.102 Rated transient recovery voltage for terminal faults	45
4.103 Rated short-circuit making current	55
4.104 Rated operating sequence	55
4.105 Rated characteristics for short-line faults	55
4.106 Rated out-of-phase breaking current	59
4.107 Rated line-charging breaking current	63
4.108 Rated cable-charging breaking current	65
4.109 Rated single capacitor bank breaking current	65
4.110 Rated back-to-back capacitor bank breaking current	67
4.111 Rated capacitor bank inrush making current	67
4.112 Rated small inductive breaking current	71
4.113 Rated time quantities	71
4.114 Co-ordination of rated values	73
5. Design and construction	79
5.1 Requirements for liquids in circuit-breakers	79
5.2 Requirements for gases in circuit-breakers	79
5.3 Earthing of circuit-breakers	81
5.4 Auxiliary equipment	81
5.5 Dependent power closing	81
5.6 Stored energy closing	81
5.7 Operation of releases	81
5.8 Low and high pressure interlocking devices	83
5.9 Nameplates	83
5.101 Requirements for simultaneity of poles	83
5.102 General requirement for operation	85
5.103 Pressure limits of compressed gas for interruption in gas blast circuit-breakers	87
5.104 Vent outlets	89
FIGURES 1 to 14	90

CHAPITRE II: ESSAIS, CHOIX, COMMANDES ET INSTALLATION

6. Essais de type	104
6.1 Essais diélectriques	104
6.2 Essais de tension de perturbation radioélectrique	110
6.3 Essais d'échauffement	110
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal	112
6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles	112
6.101 Essais mécaniques et climatiques	112
6.102 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	130
6.103 Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit	150
6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit	154
6.105 Procédure d'essai en court-circuit	174
6.106 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	176
6.107 Essais au courant critique	180
6.108 Essais de court-circuit en monophasé	182
6.109 Essais de défaut proche en ligne	182
6.110 Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases	186
6.111 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	190
6.112 Essais de coupure de faibles courants magnétisants et inductifs	202
7. Essais individuels	204
7.1 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle à sec du circuit principal	204
7.2 Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires et de commande	204
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal	204
7.101 Essais de fonctionnement mécanique	204
7.102 Contrôles de conformité et contrôles visuels	208
8. Guide pour le choix des disjoncteurs selon le service	208
8.101 Généralités	208
8.102 Choix des valeurs assignées pour les conditions de service	210
8.103 Choix des valeurs assignées pour les conditions de fonctionnement sur défaut	214
9. Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	222
9.101 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	222
9.102 Renseignements à donner avec les soumissions	224
10. Règles pour le transport, le stockage, l'installation et la maintenance	228
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	228
10.2 Installation	228
10.3 Maintenance	228
FIGURES 15 à 32	230

CHAPITRE III: ANNEXES

ANNEXE AA — Calcul des tensions transitoires de rétablissement pour les défauts proches en ligne à partir des caractéristiques assignées	248
ANNEXE BB — Courants d'appel des batteries de condensateurs	258
ANNEXE CC — Enregistrement et comptes rendus des essais de type concernant le fonctionnement en fermeture, coupure et passage de courant de courte durée	262
ANNEXE DD — Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	270
ANNEXE EE — Spécifications et essais d'étanchéité	274
ANNEXE FF — Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs	290
ANNEXE GG — Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée	296
ANNEXE HH — Exemple d'un programme d'essais de mise en service	322

CHAPTER II: TESTS, SELECTION, ORDERS AND INSTALLATION

6. Type tests	105
6.1 Dielectric tests	105
6.2 Radio interference voltage (r.i.v.) tests	111
6.3 Temperature-rise tests	111
6.4 Measurement of the resistance of the main circuit	113
6.5 Short-time withstand current and peak withstand current tests	113
6.101 Mechanical and environmental tests	113
6.102 Miscellaneous provisions for making and breaking tests	131
6.103 Test circuits for short circuit making and breaking tests	151
6.104 Short-circuit test quantities	155
6.105 Short-circuit test procedure	175
6.106 Basic short-circuit test-duties	177
6.107 Critical current tests	181
6.108 Single-phase short-circuits tests	183
6.109 Short-line fault tests	183
6.110 Out-of-phase making and breaking tests	187
6.111 Capacitive current switching tests	191
6.112 Magnetizing and small inductive current switching tests	203
7. Routine tests	205
7.1 Power frequency voltage withstand dry tests on the main circuit	205
7.2 Voltage withstand tests on control and auxiliary circuits	205
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit	205
7.101 Mechanical operating tests	205
7.102 Design and visual checks	209
8. Guide to the selection of circuit-breakers for service	209
8.101 General	209
8.102 Selection of rated values for service conditions	211
8.103 Selection of rated values for fault conditions	215
9. Information to be given with enquiries, tenders and orders	223
9.101 Information to be given with enquiries and orders	223
9.102 Information to be given with tenders	225
10. Rules for transport, storage, erection and maintenance	229
10.1 Conditions during transport, storage and erection	229
10.2 Erection	229
10.3 Maintenance	229
FIGURES 15 to 32	230

CHAPTER III: APPENDICES

APPENDIX AA — Calculation of transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics	249
APPENDIX BB — Capacitor bank inrush currents	259
APPENDIX CC — Records and reports of type tests for making, breaking and short-time current performance	263
APPENDIX DD — Determination of short-circuit power factor	271
APPENDIX EE — Tightness specifications and tests	275
APPENDIX FF — Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters	291
APPENDIX GG — Methods of determining prospective transient recovery voltage waves	297
APPENDIX HH — Example of a commissioning test programme	323

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF
À HAUTE TENSION**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 17A: Appareillage à haute tension, du Comité d'Etudes n° 17 de la CEI: Appareillage.

Elle constitue la quatrième édition de la Publication 56 de la CEI et remplace, par conséquent, les Publications 56-1, 56-2, 56-3, 56-4, 56-4A, 56-5 et 56-6 ainsi que leurs modifications.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
17A(BC)145	17A(BC)149
17A(BC)155	17A(BC)169
17A(BC)156	17A(BC)170
17A(BC)157	17A(BC)171
17A(BC)159+A	17A(BC)172
17A(BC)160	17A(BC)167
17A(BC)161	17A(BC)165
17A(BC)173	17A(BC)183+A
17A(BC)174	17A(BC)184+A
17A(BC)175	17A(BC)185+A
17A(BC)176, I, II, III	17A(BC)191
17A(BC)177	17A(BC)186+A
17A(BC)178	17A(BC)187+A
17A(BC)179	17A(BC)188
17A(BC)180	17A(BC)190
17A(BC)181	17A(BC)192
17A(BC)195	17A(BC)201

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les paragraphes complémentaires sont numérotés à partir de 101. Les annexes et leurs figures sont appelées AA, BB, etc.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications nos 50(151) (1978): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.
- 50(441) (1984): Chapitre 441: Appareillage et fusibles.
- 50(604) (1986): Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique: Exploitation.
- 60-1 (1973): Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
- 68-2-5 (1975): Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais — Essai Sa: Rayonnement solaire artificiel au niveau du sol.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT
CIRCUIT-BREAKERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 17A: High-voltage Switchgear and Controlgear, of IEC Technical Committee No. 17: Switchgear and Controlgear.

This forms the fourth edition of IEC Publication 56 and replaces IEC Publications 56-1, 56-2, 56-3, 56-4, 56-4A, 56-5 and 56-6 and their amendments.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
17A(CO)145	17A(CO)149
17A(CO)155	17A(CO)169
17A(CO)156	17A(CO)170
17A(CO)157	17A(CO)171
17A(CO)159+A	17A(CO)172
17A(CO)160	17A(CO)167
17A(CO)161	17A(CO)165
17A(CO)173	17A(CO)183+A
17A(CO)174	17A(CO)184+A
17A(CO)175	17A(CO)185+A
17A(CO)176, I, II, III	17A(CO)191
17A(CO)177	17A(CO)186+A
17A(CO)178	17A(CO)187+A
17A(CO)179	17A(CO)188
17A(CO)180	17A(CO)190
17A(CO)181	17A(CO)192
17A(CO)195	17A(CO)201

Further information can be found in the relevant Reports on Voting, indicated in the table above.

The supplementary sub-clauses are numbered from 101 onwards. The appendices and their figures are named, AA, BB, etc.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication Nos. 50(151) (1978): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices.

50(441) (1984): Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses.

50(604) (1986): Chapter 604: Generation, Transmission and Distribution of Electricity: Operation.

60-1 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

68-2-5 (1975): Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests — Test Sa: Simulated Solar Radiation at Ground Level.

- 68-2-17 (1978): Essai Q: Etanchéité.
- 71-2 (1976): Coordination de l'isolement, Deuxième partie: Guide d'application.
- 77 (1968): Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.
- 129 (1984): Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.
- 137 (1984): Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V.
- 185 (1966): Transformateurs de courant.
- 296 (1982): Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion.
- 376 (1971): Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf.
- 427 (1973): Rapport sur les essais synthétiques des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.
- 694 (1980): Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension.

Withdrawn

- 68-2-17 (1978): Test Q: Sealing.
71-2 (1976): Insulation Co-ordination. Part 2: Application Guide.
77 (1968): Rules for Electric Traction Equipment.
129 (1984): Alternating Current Disconnectors and Earthing Switches.
137 (1984): Bushings for Alternating Voltages Above 1 000 V.
185 (1966): Current Transformers.
296 (1982): Specification for Unused Mineral Insulating Oils for Transformers and Switchgear.

376 (1971): Specification and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride.
427 (1973): Report on Synthetic Testing of High-voltage Alternating Current Circuit-breakers.
694 (1980): Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards.

Withdrawn

DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF À HAUTE TENSION

CHAPITRE I: CONDITIONS DE SERVICE, DÉFINITIONS, CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES, CONCEPTION ET CONSTRUCTION

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux disjoncteurs à courant alternatif prévus pour l'installation à l'intérieur ou à l'extérieur et pour fonctionner à des fréquences inférieures ou égales à 60 Hz, sur des réseaux de tension supérieure à 1 000 V.

Elle est applicable uniquement aux disjoncteurs tripolaires pour réseaux triphasés et aux disjoncteurs unipolaires pour réseaux monophasés. Les disjoncteurs bipolaires pour réseaux monophasés font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Cette norme est également applicable aux dispositifs de commande des disjoncteurs et à leurs équipements auxiliaires. Toutefois, cette norme ne couvre pas les disjoncteurs comportant un mécanisme de fermeture à manœuvre dépendante manuelle, car pour ces appareils on ne peut spécifier un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, et une telle manœuvre dépendante manuelle peut être inacceptable pour des raisons de sécurité.

Cette norme ne couvre pas les disjoncteurs destinés aux unités motrices des équipements de traction électrique; ceux-ci sont couverts par la Publication 77 de la CEI: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.

Les disjoncteurs prévus pour être raccordés à des lignes aériennes comportant des condensateurs en série ne sont pas du domaine de cette norme.

Note. — Les essais en vue de vérifier le fonctionnement des disjoncteurs dans des conditions anormales font, en principe, l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. De telles conditions anormales sont, par exemple, celles qui se produisent lorsque la tension est supérieure à la tension assignée du disjoncteur, ce qui peut arriver lors de la perte soudaine de la charge sur des lignes longues ou sur des câbles.

Cette norme n'est pas nécessairement applicable aux disjoncteurs fonctionnant dans des conditions spéciales, par exemple celles qui peuvent se produire lorsqu'il y a deux défauts à la terre sur deux phases différentes dont un défaut d'un côté du disjoncteur, et l'autre de l'autre côté.

2. Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de la Publication 694 de la CEI: *Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension*, est applicable.

3. Définitions

Dans cet article, il est fait référence aux définitions données dans les publications suivantes du Vocabulaire Electrotechnique International (VEI):

- 50(151) (1978): Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques,
- 50(441) (1984): Chapitre 441: Appareillage et fusibles,
- 50(604) (—): Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique: Exploitation (en cours d'impression).

Les définitions suivantes sont applicables à la présente norme:

3.101 Termes généraux

3.101.1 Appareillage (441-11-01)

HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

CHAPTER I: SERVICE CONDITIONS, DEFINITIONS, RATING, CONSTRUCTION AND DESIGN

1. Scope

This standard is applicable to a.c. circuit-breakers designed for indoor or outdoor installation and for operation at frequencies up to and including 60 Hz on systems having voltages above 1 000 V.

It is only applicable to three-pole circuit-breakers for use in three-phase systems and single-pole circuit-breakers for use in single-phase systems. Two-pole circuit-breakers for use in single-phase systems are subject to agreement between manufacturer and user.

This standard is also applicable to the operating devices of circuit-breakers and to their auxiliary equipment. However, a circuit-breaker with a closing mechanism for dependent manual operation is not covered by this standard, as a rated short-circuit making-current cannot be specified, and such dependent manual operation may be objectionable because of safety considerations.

This standard does not cover circuit-breakers intended for use on motive power units of electrical traction equipment; these are covered by IEC Publication 77: Rules for Electric Traction Equipment.

Circuit-breakers for use with overhead lines which include series capacitors are not within the scope of this standard.

Note. — Tests to prove the performance under abnormal conditions should be subject to agreement between manufacturer and user. Such abnormal conditions are, for instance, cases where the voltage is higher than the rated voltage of the circuit-breaker, conditions which may occur due to sudden loss of load on long lines or cables.

This standard is not necessarily applicable to circuit-breakers for special conditions, for example, those produced by two earth faults on two different phases one of which occurs on one side of the circuit-breaker and the other on the other side.

2. Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC Publication 694: Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards, is applicable.

3. Definitions

In this clause reference is made to definitions in the following publications of the International Electrotechnical Vocabulary (IEV):

- 50(151) (1978): Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices,
- 50(441) (1984): Chapter 441: Switchgear; Controlgear and Fuses,
- 50(604) (—): Chapter 604: Generation, Transmission and Distribution of Electricity: Operation (being printed).

For the purpose of this standard, the following definitions are applicable.

3.101 General terms

3.101.1 Switchgear and controlgear (441-11-01)

3.101.2 *Appareillage pour l'intérieur (441-11-04)*

3.101.3 *Appareillage pour l'extérieur (441-11-05)*

3.101.4 *Courant de court-circuit (441-11-07)*

3.101.5 *Réseau à neutre isolé*

Réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure ou de protection, de très grande impédance.

3.101.6 *Réseau compensé par bobine d'extinction*

Réseau dont le neutre est réuni à la terre par une bobine dont la réactance est de valeur telle que, lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule entre le défaut et la bobine, neutralise pratiquement la composante capacitive à fréquence fondamentale du courant de défaut.

Note. — Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteint en général spontanément.

3.101.7 *Réseau à neutre à la terre*

Réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et améliorer les conditions de fonctionnement de la protection sélective contre les défauts à la terre.

3.101.8 *Facteur de défaut à la terre*

En un emplacement défini d'un réseau triphasé (qui sera généralement le point d'installation d'un matériel) et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre la tension efficace la plus élevée à la fréquence du réseau entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre (affectant une phase quelconque ou plusieurs en un point quelconque du réseau) et la tension efficace entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut.

Notes 1. — Ce facteur est un simple rapport numérique (supérieur à l'unité) qui caractérise, d'une façon générale, les conditions de mise à la terre d'un réseau, vues de l'emplacement considéré, indépendamment de la valeur particulière réelle de la tension de fonctionnement à cet emplacement.

Le «facteur de défaut à la terre» est le produit par $\sqrt{3}$ du «facteur de mise à terre» utilisé antérieurement.

2. — Les facteurs de défaut à la terre sont calculables à partir des valeurs des impédances du réseau dans les systèmes de composantes symétriques, telles qu'elles sont vues de l'emplacement considéré, en adoptant pour toute machine tournante les réactances subtransitoires.

3. — Si pour tous les schémas d'exploitation possibles, la réactance homopolaire est inférieure au triple de la réactance directe et que la résistance homopolaire ne dépasse pas la réactance directe, le facteur de défaut à la terre ne dépassera pas 1,4.

3.101.9 *Température de l'air ambiant (441-11-13)*

3.101.10 *Echauffement (d'une partie d'un disjoncteur)*

Ecart entre la température de la partie et la température de l'air ambiant.

3.101.11 *Batterie unique de condensateurs*

Batterie de condensateurs en dérivation dans laquelle le courant d'appel est limité par l'inductance du réseau d'alimentation et la capacité de la batterie de condensateurs mise sous tension, et en l'absence d'autres condensateurs connectés en parallèle au réseau suffisamment près pour accroître de manière appréciable le courant d'appel.

3.101.2 *Indoor switchgear and controlgear (441-11-04)*3.101.3 *Outdoor switchgear and controlgear (441-11-05)*3.101.4 *Short-circuit current (441-11-07)*3.101.5 *Isolated neutral system*

A system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring or protective devices of very high impedance.

3.101.6 *Resonant earthed system; system earthed through an arc-suppression coil*

A system in which the neutral is earthed through a reactor, the reactance having a value such that during a single phase-to-earth fault, the power frequency inductive current passed by this reactor substantially neutralizes the power frequency capacitive component of the earth-fault current.

Note. — With resonant earthing of a system, the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is usually self-extinguishing.

3.101.7 *Earthed neutral system*

A system in which the neutral is connected to earth, either solidly, or through a resistance or reactance of a value low enough to reduce materially any transient oscillations and to improve the conditions for selective earth-fault protection.

3.101.8 *Earth fault factor*

At a selected location of a three-phase system (generally the point of installation of an equipment) and for a given system configuration, the ratio of the highest r.m.s. phase-to-earth power-frequency voltage on a sound phase during a fault to earth (affecting one or more phases at any point) to the r.m.s. phase-to-earth power-frequency voltage which would be obtained at the selected location without the fault.

Notes 1. — This factor is a pure numerical ratio (higher than 1) and characterizes in general terms the earthing conditions of a system as viewed from the stated location, independently of the actual operating values of the voltage at that location.

(The “earth fault factor” is the product of $\sqrt{3}$ and the “factor of earthing” which has been used in the past.

2. — The earth fault factors are calculated from the phase-sequence impedance components of the system, as viewed from the selected location, using for any rotating machines the subtransient reactances.

3. — If, for all credible system configurations, the zero-sequence reactance is less than three times the positive-sequence reactance and if the zero-sequence resistance does not exceed the positive-sequence reactance, the earth fault factor will not exceed 1.4.

3.101.9 *Ambient air temperature (441-11-13)*3.101.10 *Temperature rise (of a part of a circuit-breaker)*

The difference between the temperature of the part and the ambient air temperature.

3.101.11 *Single capacitor bank*

A bank of shunt capacitors in which the inrush current is limited by the inductance of the supply system and the capacitance of the bank of capacitors being energized, there being no other capacitors connected in parallel to the system sufficiently close to increase the inrush current appreciably.

3.101.12 *Batterie de condensateurs à gradins*

Batterie de condensateurs en dérivation comportant plusieurs condensateurs ou ensembles de condensateurs reliés chacun au réseau d'alimentation par un appareil de connexion, le courant d'appel d'un élément étant augmenté de façon appréciable par les condensateurs déjà reliés à la source d'alimentation.

3.101.13 *Surtension (dans un réseau) (604-03-09)*

Toute tension entre un conducteur de phase et la terre ou entre deux conducteurs de phase dont la ou les valeurs de crête dépassent la valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel.

3.101.14 *Conditions de la discordance de phases*

Conditions de circuit anormales de perte ou de manque de synchronisme entre deux éléments d'un réseau électrique situés de chaque côté d'un disjoncteur aux bornes duquel, à l'instant de son fonctionnement, l'angle de déphasage entre les vecteurs tournants, représentant les tensions de part et d'autre de l'appareil, dépasse la valeur normale et peut atteindre 180° (opposition de phases).

3.101.15 *En discordance de phases (utilisé comme qualificatif d'une grandeur caractéristique)*

Terme qualificatif indiquant que la grandeur caractéristique concerne le fonctionnement du disjoncteur dans les conditions de la discordance de phases.

3.101.16 *Essai sur élément*

Essai effectué sur un élément de fermeture ou de coupure ou groupe d'éléments avec le courant établi, ou le courant coupé, spécifié pour l'essai du pôle complet d'un disjoncteur et la fraction appropriée de la tension appliquée, ou de la tension de rétablissement, spécifiée pour l'essai du pôle complet du disjoncteur.

3.101.17 *Alternance; demi-onde*

Partie de l'onde de courant comprise entre deux passages successifs par zéro du courant.

Note. — On distingue une grande alternance (ou demi-onde) d'une petite, selon que l'intervalle de temps entre deux passages par zéro successifs est plus grand ou plus petit que la demi-période de la composante périodique du courant.

3.101.18 *Défaut proche en ligne*

Court-circuit sur une ligne aérienne à une distance courte, mais appréciable, des bornes du disjoncteur.

Note. — En général, cette distance n'est pas supérieure à quelques kilomètres. C'est pour cette raison que ce type de défaut était antérieurement appelé « défaut kilométrique ».

3.101.19 *Facteur de puissance (d'un circuit)*

Rapport de la résistance à l'impédance à fréquence industrielle d'un circuit équivalent supposé réduit à une inductance et une résistance en série.

3.101.20 *Isolation externe (604-03-02)*

Distances dans l'air atmosphérique et surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'atmosphère qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux nuisibles, etc.

3.101.21 *Isolation interne (604-03-03)*

Éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation d'un matériel qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes.

3.101.12 *Multiple (parallel) capacitor bank (back-to-back capacitor bank)*

A bank of shunt capacitors or capacitor assemblies each of them switched independently to the supply system, the inrush current of one unit being appreciably increased by the capacitors already connected to the supply.

3.101.13 *Overvoltage (in a system)* (604-03-09)

Any voltage between one phase and earth or between phases having a peak value or values exceeding the corresponding peak of the highest voltage for equipment.

3.101.14 *Out-of-phase conditions*

Abnormal circuit conditions of loss or lack of synchronism between the parts of an electrical system on either side of a circuit-breaker in which, at the instant of operation of the circuit-breaker, the phase angle between rotating vectors, representing the generated voltages on either side, exceeds the normal value and may be as much as 180° (phase opposition).

3.101.15 *Out-of-phase (as prefix to a characteristic quantity)*

A qualifying term indicating that the characteristic quantity is applicable to operation of the circuit-breaker in out-of-phase conditions.

3.101.16 *Unit test*

A test made on a making or breaking unit or group of units at the making current or the breaking current, specified for the test on the complete pole of a circuit-breaker and at the appropriate fraction of the applied voltage, or the recovery voltage, specified for the test on the complete pole of the circuit-breaker.

3.101.17 *Loop*

The part of the wave of the current embraced by two successive current zero crossings.

Note. — A distinction is made between a major loop and a minor loop depending on the time interval between two successive current zero crossings being longer or shorter than the half-period of the alternating component of the current.

3.101.18 *Short-line fault*

A short-circuit on an overhead line at a short, but significant, distance from the terminals of the circuit-breaker.

Note. — As a rule this distance is not more than a few kilometres.

3.101.19 *Power factor (of a circuit)*

The ratio of the resistance to the impedance at power frequency of an equivalent circuit supposed to be formed by an inductance and a resistance in series.

3.101.20 *External insulation* (604-03-02)

The distances in air and the surfaces in contact with open air of solid insulation of the equipment, which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc.

3.101.21 *Internal insulation* (604-03-03)

The internal solid, liquid or gaseous parts of the insulation of equipment, which are protected from the effects of atmospheric and other external conditions.

3.101.22 *Isolation autorégénératrice* (604-03-04)

Isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive.

3.101.23 *Isolation non autorégénératrice* (604-03-05)

Isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement, après une décharge disruptive.

3.101.24 *Décharge disruptive*

Phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle.

Notes 1. — Ce terme s'applique aux ruptures des diélectriques solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

2. — Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation autorégénératrice).

3. — Le terme «amorçage» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide; le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant; le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.102 *Appareils de connexion*

3.102.1 *Appareil de connexion* (441-14-01)

3.102.2 *Appareil mécanique de connexion* (441-14-02)

3.102.3 *Disjoncteur* (441-14-20)

3.102.4 *Disjoncteur à cuve mise à la terre* (441-14-25)

3.102.5 *Disjoncteur à cuve sous tension* (441-14-26)

3.102.6 *Disjoncteur à air* (441-14-27)

3.102.7 *Disjoncteur à huile* (441-14-28)

3.102.8 *Disjoncteur à vide* (441-14-29)

3.102.9 *Disjoncteur à gaz comprimé* (441-14-30)

3.102.10 *Disjoncteur à hexafluorure de soufre* (441-14-31)

3.102.11 *Disjoncteur à air comprimé* (441-14-32)

3.102.12 *Disjoncteur sans réamorçage*

Disjoncteur qui coupe sans réamorçage pendant les séries d'essais de coupure de courant capacitif spécifiées dans cette norme.

3.103 *Parties de disjoncteurs*

3.103.1 *Pôle* (441-15-01)

3.103.2 *Circuit principal* (441-15-02)

3.101.22 *Self-restoring insulation* (604-03-04)

Insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge.

3.101.23 *Non-self-restoring insulation* (604-03-05)

Insulation which loses its insulating properties, or does not recover them completely, after a disruptive discharge.

3.101.24 *Disruptive discharge*

Phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero.

Notes 1. — This term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

2. — A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

3. — The term “sparkover” is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric. The term “flashover” is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in a gaseous or liquid medium. The term “puncture” is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

3.102 *Switching devices*

3.102.1 *Switching device* (441-14-01)

3.102.2 *Mechanical switching device* (441-14-02)

3.102.3 *Circuit-breaker* (441-14-20)

3.102.4 *Dead tank circuit-breaker* (441-14-25)

3.102.5 *Live tank circuit-breaker* (441-14-26)

3.102.6 *Air circuit-breaker* (441-14-27)

3.102.7 *Oil circuit-breaker* (441-14-28)

3.102.8 *Vacuum circuit-breaker* (441-14-29)

3.102.9 *Gas-blast circuit-breaker* (441-14-30)

3.102.10 *Sulphur hexafluoride circuit-breaker* (441-14-31)

3.102.11 *Air-blast circuit-breaker* (441-14-32)

3.102.12 *Restrike-free circuit-breaker*

A circuit-breaker that interrupts without restrike during the capacitive current-breaking test duties specified in this standard.

3.103 *Parts of circuit-breakers*

3.103.1 *Pole* (441-15-01)

3.103.2 *Main circuit* (441-15-02)

3.103.3 *Circuit de commande* (441-15-03)

3.103.4 *Circuit auxiliaire* (441-15-04)

3.103.5 *Contact* (441-15-05)

3.103.6 *Pièce de contact* (441-15-06)

3.103.7 *Contact principal* (441-15-07)

3.103.8 *Contact d'arc* (441-15-08)

3.103.9 *Contact de commande* (441-15-09)

3.103.10 *Contact auxiliaire* (441-15-10)

3.103.11 *Interrupteur auxiliaire* (441-15-11)

3.103.12 *Contact à fermeture, contact «a»* (441-15-12)

3.103.13 *Contact à ouverture, contact «b»* (441-15-13)

3.103.14 *Contact glissant* (441-15-15)

3.103.15 *Contact roulant* (441-15-16)

3.103.16 *Déclencheur* (441-15-17)

3.103.17 *Chambre d'extinction* (441-15-18)

3.103.18 *Indicateur de position* (441-15-25)

3.103.19 *Raccord (par boulons ou dispositifs équivalents)*

Ensemble de pièces conductrices destinées à assurer la continuité permanente d'un circuit lorsqu'elles sont assemblées au moyen de vis, de boulons ou de dispositifs équivalents.

3.103.20 *Borne* (151-01-03)

Composant destiné à raccorder un disjoncteur à des conducteurs extérieurs.

3.103.21 *Élément (de fermeture ou de coupure)*

Partie d'un disjoncteur qui en elle-même joue le rôle d'un disjoncteur et qui, en série avec un ou plusieurs éléments de fermeture ou de coupure identiques manœuvrés simultanément, forme le disjoncteur complet.

Notes 1. — Les éléments de fermeture et les éléments de coupure peuvent être distincts ou non. Chaque élément peut comporter plusieurs contacts.

2. — Les moyens utilisés pour la répartition de la tension entre les éléments peuvent différer d'un élément à l'autre.

3.103.22 *Module (d'un pôle de disjoncteur)*

Ensemble comprenant généralement des éléments de fermeture ou de coupure, des supports isolants et des éléments mécaniques qui est assemblé électriquement et mécaniquement à d'autres ensembles identiques pour constituer un pôle de disjoncteur.

3.103.3 *Control circuit* (441-15-03)

3.103.4 *Auxiliary circuit* (441-15-04)

3.103.5 *Contact* (441-15-05)

3.103.6 *Contact piece* (441-15-06)

3.103.7 *Main contact* (441-15-07)

3.103.8 *Arcing contact* (441-15-08)

3.103.9 *Control contact* (441-15-09)

3.103.10 *Auxiliary contact* (441-15-10)

3.103.11 *Auxiliary switch* (441-15-11)

3.103.12 *"a" contact, make contact* (441-15-12)

3.103.13 *"b" contact, break contact* (441-15-13)

3.103.14 *Sliding contact* (441-15-15)

3.103.15 *Rolling contact* (441-15-16)

3.103.16 *Release* (441-15-17)

3.103.17 *Arc control device* (441-15-18)

3.103.18 *Position indicating device (indicator)* (441-15-25)

3.103.19 *Connection (bolted or the equivalent)*

Two or more conductors designed to ensure permanent circuit continuity when forced together by means of screws, bolts or the equivalent.

3.103.20 *Terminal* (441-01-03)

A component provided for the connection of a circuit-breaker to external conductors.

3.103.21 *(Making or breaking) unit*

A part of a circuit-breaker which in itself acts as a circuit-breaker and which in series with one or more identical and simultaneously operated making or breaking units forms the complete circuit-breaker.

Notes 1. — Making units and breaking units may be separate or combined. Each unit may have several contacts.

2. — The means controlling the voltage distribution between units may differ from unit to unit.

3.103.22 *Module (of a pole of a circuit-breaker)*

An assembly which generally comprises making or breaking units, post-insulators and mechanical parts and which is mechanically and electrically connected to other identical assemblies to form a pole of a circuit-breaker.

3.104 *Fonctionnement*

3.104.1 *Manœuvre* (441-16-01)

3.104.2 *Cycle de manœuvres* (441-16-02)

3.104.3 *Séquence de manœuvres* (441-16-03)

3.104.4 *Manœuvre de fermeture* (441-16-08)

3.104.5 *Manœuvre d'ouverture* (441-16-09)

3.104.6 *Refermeture automatique* (441-16-10)

3.104.7 *Manœuvre positive d'ouverture* (441-16-11)

3.104.8 *Manœuvre effectuée positivement* (441-16-12)

3.104.9 *Manœuvre dépendante manuelle* (441-16-13)

3.104.10 *Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure* (441-16-14)

3.104.11 *Manœuvre à accumulation d'énergie*

Manœuvre effectuée au moyen d'énergie emmagasinée dans le mécanisme lui-même avant la manœuvre et suffisante pour achever le cycle de manœuvres spécifié dans des conditions prédéterminées.

3.104.12 *Manœuvre indépendante manuelle* (441-16-16)

3.104.13 *Position de fermeture* (441-16-22)

3.104.14 *Position d'ouverture* (441-16-23)

3.104.15 *Disjoncteur à déclenchement conditionné* (441-16-30)

3.104.16 *Disjoncteur à déclenchement libre* (441-16-31)

3.104.17 *Disjoncteur instantané* (441-16-32)

3.104.18 *Déclencheur sous courant de fermeture*

Déclencheur qui permet l'ouverture d'un disjoncteur sans retard intentionnel, pendant une manœuvre de fermeture, si le courant établi dépasse une valeur prédéterminée, et qui est rendu inopérant lorsque le disjoncteur est en position de fermeture.

3.104.19 *Déclencheur à maximum de courant* (441-16-33)

3.104.20 *Déclencheur à maximum de courant à retard indépendant* (441-16-34)

3.104.21 *Déclencheur à maximum de courant à temps inverse* (441-16-35)

3.104.22 *Déclencheur direct à maximum de courant* (441-16-36)

3.104 *Operation*

3.104.1 *Operation* (441-16-01)

3.104.2 *Operating cycle* (441-16-02)

3.104.3 *Operating sequence* (441-16-03)

3.104.4 *Closing operation* (441-16-08)

3.104.5 *Opening operation* (441-16-09)

3.104.6 *Auto-reclosing* (441-16-10)

3.104.7 *Positive opening operation* (441-16-11)

3.104.8. *Positively driven operation* (441-16-12)

3.104.9 *Dependent manual operation* (441-16-13)

3.104.10 *Dependent power operation* (441-16-14)

3.104.11 *Stored energy operation*

An operation by means of energy stored in the mechanism itself prior to the switching operation and sufficient to complete the specified operating cycle under predetermined conditions.

3.104.12. *Independent manual operation* (441-16-16)

3.104.13 *Closed position* (441-16-22)

3.104.14 *Open position* (441-16-23)

3.104.15. *Fixed trip circuit-breaker* (441-16-30)

3.104.16 *Trip-free circuit-breaker* (441-16-31)

3.104.17 *Instantaneous release* (441-16-32)

3.104.18 *Making-current release*

A release which permits a circuit-breaker to open, without any intentional time delay, during a closing operation, if the making current exceeds a predetermined value, and which is rendered inoperative when the circuit-breaker is in the closed position.

3.104.19 *Over-current release* (441-16-33)

3.104.20 *Definite time-delay over-current release* (441-16-34)

3.104.21 *Inverse time-delay over-current release* (441-16-35)

3.104.22 *Direct over-current release* (441-16-36)

- 3.104.23 *Déclencheur indirect à maximum de courant* (441-16-37)
- 3.104.24 *Déclencheur shunt* (441-16-41)
- 3.104.25 *Déclencheur à minimum de tension* (441-16-42)
- 3.104.26 *Déclencheur à retour de courant (en courant continu seulement)* (441-16-43)
- 3.104.27 *Courant de fonctionnement (d'un déclencheur à maximum de courant)* (441-16-45)
- 3.104.28 *Courant de réglage (d'un déclencheur à maximum de courant)* (441-16-46)
- 3.104.29 *Domaine du courant de réglage (d'un déclencheur à maximum de courant)* (441-16-47)
- 3.104.30 *Dispositif d'antipompage* (441-16-48)
- 3.104.31 *Dispositif de verrouillage* (441-16-49)
- 3.104.32 *Disjoncteur à fermeture empêchée* (441-14-23)
- 3.105 *Grandeurs caractéristiques relatives aux disjoncteurs **
 - 3.105.1 *Valeur assignée* (151-04-03)

Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel.
 - 3.105.2 *Courant présumé (d'un circuit et relatif à un disjoncteur)* (441-17-01)
 - 3.105.3 *Valeur de crête du courant présumé*

Valeur de crête de la première grande alternance du courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement.

Note. — La définition implique que le courant est établi par un disjoncteur idéal, c'est-à-dire dont l'impédance entre les bornes de chaque pôle passe instantanément et simultanément de l'infini à zéro. La valeur de crête peut être différente d'un pôle à l'autre; elle dépend de l'instant d'établissement du courant par rapport à l'onde de tension entre les bornes de chaque pôle.
 - 3.105.4 *Valeur de crête du courant*

Valeur de crête de la première grande alternance du courant pendant la période transitoire qui suit son établissement.
 - 3.105.5 *Courant présumé symétrique (d'un circuit à courant alternatif)* (441-17-03)
 - 3.105.6 *Valeur maximale de crête du courant présumé (d'un circuit à courant alternatif)* (441-17-04)
 - 3.105.7 *Courant établi présumé (pour un pôle d'un disjoncteur)* (441-17-05)

* Les figures 1 à 7, pages 90 à 97, illustrent certaines définitions de ce paragraphe.

Les durées, voir les définitions des paragraphes 3.105.32 à 3.105.45, sont exprimées en millisecondes ou en nombre de périodes. Lorsqu'elles sont exprimées en nombre de périodes, la fréquence industrielle devra être mentionnée entre parenthèses.

Dans le cas des disjoncteurs comprenant des résistances intercalaires on distingue, s'il y a lieu, les durées associées aux contacts qui manœuvrent le plein courant et les durées associées aux contacts qui manœuvrent le courant limité par les résistances intercalaires.

Sauf indication contraire, les durées mentionnées sont relatives aux contacts qui manœuvrent le plein courant.

3.104.23 *Indirect over-current release* (441-16-37)

3.104.24 *Shunt release* (441-16-41)

3.104.25 *Under-voltage release* (441-16-42)

3.104.26 *Reverse current release (d.c. only)* (441-16-43)

3.104.27 *Operating current (of an over-current release)* (441-16-45)

3.104.28 *Current setting (of an over-current release)* (441-16-46)

3.104.29 *Current setting range (of an over-current release)* (441-16-47)

3.104.30 *Anti-pumping device* (441-16-48)

3.104.31 *Interlocking device* (441-16-49)

3.104.32 *Circuit-breaker with lock-out preventing closing* (441-14-23)

3.105 *Characteristic quantities of circuit-breakers**

3.105.1 *Rated value* (151-04-03)

A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment.

3.105.2 *Prospective current (of a circuit and with respect to a circuit-breaker)* (441-17-01)

3.105.3 *Prospective peak current*

The peak value of the first major loop of the prospective current during the transient period following initiation.

Note. — The definition assumes that the current is made by an ideal circuit-breaker, i.e. with instantaneous and simultaneous transition of its impedance across the terminals of each pole from infinity to zero. The peak value may differ from one pole to another; it depends on the instant of current initiation relative to the voltage wave across the terminals of each pole.

3.105.4 *Peak current*

The peak value of the first major loop of current during the transient period following initiation.

3.105.5 *Prospective symmetrical current (of an a.c. circuit)* (441-17-03)

3.105.6 *Maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)* (441-17-04)

3.105.7 *Prospective making current (for a pole of a circuit-breaker)* (441-17-05)

* Figures 1 to 7 (pages 90 to 97) illustrate some definitions of this sub-clause.

Time quantities, see definitions 3.105.32 to 3.105.45, are expressed in milliseconds or in cycles. When expressed in cycles, the power frequency should be stated in brackets.

In the case of circuit-breakers incorporating switching resistors, a distinction is made, where applicable, between time quantities associated with the contacts switching the full current and the contacts switching the current limited by switching resistors.

Unless otherwise stated the time quantities referred to are associated with the contacts switching the full current.

3.105.8 *(Valeur de crête du) courant établi*

Valeur de crête de la première grande alternance du courant dans un pôle d'un disjoncteur pendant la période transitoire qui suit l'instant d'établissement au cours d'une manœuvre d'établissement.

Notes 1. — La valeur de crête peut être différente d'un pôle à l'autre et d'une manœuvre à l'autre car elle dépend de l'instant d'établissement du courant par rapport à l'onde de la tension appliquée.

2. — Lorsqu'une seule valeur (de crête) du courant établi est indiquée pour un circuit polyphasé, il s'agit de la plus grande valeur dans n'importe quelle phase, sauf indication contraire.

3.105.9 *Courant coupé présumé (pour un pôle d'un disjoncteur)*

Courant présumé évalué à l'instant de l'amorçage de l'arc au cours d'une coupure.

3.105.10 *Courant coupé (441-17-07)*

3.105.11 *Courant (coupé) critique*

Valeur de courant coupé, inférieure au pouvoir de coupure assigné en court-circuit, pour laquelle la durée d'arc passe par un maximum et est notablement plus longue qu'au pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

3.105.12 *Pouvoir de coupure** (441-17-08)

3.105.13 *Pouvoir de coupure de lignes à vide*

Pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement comprennent l'ouverture d'une ligne aérienne fonctionnant à vide.

3.105.14 *Pouvoir de coupure de câbles à vide*

Pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement comprennent l'ouverture de câbles isolés fonctionnant à vide.

3.105.15 *Pouvoir de coupure de condensateurs*

Pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement comprennent l'ouverture d'une batterie de condensateurs.

3.105.16 *Pouvoir de fermeture** (441-17-09)

3.105.17 *Pouvoir (de fermeture ou de coupure) en discordance de phases*

Pouvoir de fermeture ou de coupure pour lequel les conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement comprennent la perte ou le manque de synchronisme entre les éléments d'un réseau électrique situés de chaque côté du disjoncteur.

3.105.18 *Pouvoir de fermeture en court-circuit* (441-17-10)

3.105.19 *Pouvoir de coupure en court-circuit* (441-17-11)

3.105.20 *Courant de courte durée admissible* (441-17-17)

* Note relative aux valeurs assignées:

En anglais, les termes «rated making current» et «rated breaking current» sont actuellement utilisés là où précédemment les termes «rated making capacity» et «rated breaking capacity» étaient utilisés, la signification voulue étant exprimée d'une manière adéquate par le mot «rated». En français, les termes «pouvoir de fermeture assigné» et «pouvoir de coupure assigné» continuent à être utilisés.

3.105.8 *(Peak) making current*

The peak value of the first major loop of the current in a pole of a circuit-breaker during the transient period following the initiation of current during a making operation.

Notes 1. — The peak value may differ from one pole to another and from one operation to another as it depends on the instant of current initiation relative to the wave of the applied voltage.

2. — Where, for a polyphase circuit, a single value of (peak) making current is referred to, this is, unless otherwise stated, the highest value in any phase.

3.105.9 *Prospective breaking current (for a pole of a circuit-breaker)*

The prospective current evaluated at the instant corresponding to the initiation of the arc during a breaking process.

3.105.10 *Breaking current (441-17-07)*

3.105.11 *Critical (breaking) current*

A value of breaking current, less than rated short-circuit breaking current, at which the arcing time is a maximum and is significantly longer than at the rated short-circuit breaking current.

3.105.12 *Breaking capacity* (441-17-08)*

3.105.13 *Line-charging (line off-load) breaking capacity*

A breaking capacity for which the specified conditions of use and behaviour include the opening of an overhead line operating at no load.

3.105.14 *Cable-charging (cable off-load) breaking capacity*

A breaking capacity for which the specified conditions of use and behaviour include the opening of an insulated cable operating at no load.

3.105.15 *Capacitor bank breaking capacity*

A breaking capacity for which the specified conditions of use and behaviour include the opening of a capacitor bank.

3.105.16 *Making capacity* (441-17-09)*

3.105.17 *Out-of-phase (making or breaking) capacity*

A making or breaking capacity for which the specified conditions of use and behaviour include the loss or the lack of synchronism between the parts of an electrical system on either side of the circuit-breaker.

3.105.18 *Short-circuit making capacity (441-17-10)*

3.105.19 *Short-circuit breaking capacity (441-17-11)*

3.105.20 *Short-time withstand current (441-17-17)*

** Note concerning the rated values:*

In English, the terms “rated making current” and “rated breaking current” are being used where formerly “rated making capacity” and “rated breaking capacity” were used, the intended meaning being adequately conveyed by the use of “rated”. In French, the terms “pouvoir de fermeture assigné” and “pouvoir de coupure assigné” continue to be used.

3.105.21 *Valeur de crête du courant admissible* (441-17-18)

3.105.22 *Tension appliquée* (441-17-24)

3.105.23 *Tension de rétablissement* (441-17-25)

3.105.24 *Tension transitoire de rétablissement (TTR)* (441-17-26)

3.105.25 *Tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)* (441-17-29)

3.105.26 *Tension de rétablissement à fréquence industrielle* (441-17-27)

3.105.27 *Tension d'arc (valeur de crête)* (441-17-30)

3.105.28 *Distance d'isolement* (441-17-31)

3.105.29 *Distance d'isolement entre pôles* (441-17-32)

3.105.30 *Distance d'isolement à la terre* (441-17-33)

3.105.31 *Distance d'isolement entre contacts ouverts* (441-17-34)

3.105.32 *Durée d'ouverture*

La durée d'ouverture d'un disjoncteur est définie, suivant le mode de déclenchement, comme indiqué ci-dessous, tout dispositif de retard faisant partie intégrante du disjoncteur étant, s'il y a lieu, réglé pour la durée minimale:

- a) Pour un disjoncteur déclenché par une source quelconque d'énergie auxiliaire, la durée d'ouverture est l'intervalle de temps entre l'instant de mise sous tension du déclencheur, le disjoncteur étant en position de fermeture, et l'instant de séparation des contacts d'arc sur tous les pôles.
- b) Pour un disjoncteur déclenché par le courant du circuit principal sans l'aide d'une source d'énergie auxiliaire, la durée d'ouverture est l'intervalle de temps entre l'instant où, le disjoncteur étant en position de fermeture, le courant du circuit principal atteint la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant et l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles.

Notes 1. — La durée d'ouverture peut varier notablement avec le courant coupé.

2. — Pour les disjoncteurs à plusieurs éléments de coupure par pôle, l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles est pris à l'instant de la séparation des contacts du premier élément du dernier pôle.

3. — La durée d'ouverture comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement du disjoncteur et qui fait partie intégrante de ce dernier.

3.105.33 *Durée d'arc* (441-17-38)

3.105.34 *Durée de coupure* (441-17-39)

3.105.35 *Durée de fermeture*

Intervalle de temps entre la mise sous tension du circuit de fermeture, le disjoncteur étant en position d'ouverture, et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles.

Note. — La durée de fermeture comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement du disjoncteur et qui fait partie intégrante de ce dernier.

- 3.105.21 *Peak withstand current* (441-17-18)
- 3.105.22 *Applied voltage* (441-17-24)
- 3.105.23 *Recovery voltage* (441-17-25)
- 3.105.24 *Transient recovery voltage (TRV)* (441-17-26)
- 3.105.25 *Prospective transient recovery voltage (of a circuit)* (441-17-29)
- 3.105.26 *Power frequency recovery voltage* (441-17-27)
- 3.105.27 *Peak arc voltage* (441-17-30)
- 3.105.28 *Clearance* (441-17-31)
- 3.105.29 *Clearance between poles* (441-17-32)
- 3.105.30 *Clearance to earth* (441-17-33)
- 3.105.31 *Clearance between open contacts* (441-17-34)
- 3.105.32 *Opening time*

The opening time of a circuit-breaker is defined according to the tripping method as stated below and with any time delay device forming an integral part of the circuit-breaker adjusted to its minimum setting:

- a) For a circuit-breaker tripped by any form of auxiliary power, the opening time is the interval of time between the instant of energizing the opening release, the circuit-breaker being in the closed position, and the instant when the arcing contacts have separated in all poles.
- b) For a circuit-breaker tripped by a current in the main circuit without the aid of any form of auxiliary power, the opening time is the interval of time between the instant at which, the circuit-breaker being in the closed position, the current in the main circuit reaches the operating value of the overcurrent release and the instant when the arcing contacts have separated in all poles.

Notes 1. — The opening time may vary significantly with the breaking current.

- 2. — For circuit-breakers with more than one interrupting unit per pole the instant when the arcing contacts have separated in all poles is determined as the instant of contact separation in the first unit of the last pole.
- 3. — The opening time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to open the circuit-breaker and forming an integral part of the circuit-breaker.

- 3.105.33 *Arcing time* (441-17-38)

- 3.105.34 *Break time* (441-17-39)

- 3.105.35 *Closing time*

The interval of time between energizing the closing circuit, the circuit-breaker being in the open position, and the instant when the contacts touch in all poles.

Note. — The closing time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to close the circuit-breaker and forming an integral part of the circuit-breaker.

3.105.36 *Durée d'établissement*

Intervalle de temps entre la mise sous tension du circuit de fermeture, le disjoncteur étant en position d'ouverture, et l'instant où le courant commence à circuler dans le premier pôle.

Notes 1. — La durée d'établissement comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement du disjoncteur et qui fait partie intégrante de ce dernier.

2. — La durée d'établissement peut varier à cause de la variation de la durée de préarc.

3.105.37 *Durée de préarc*

Intervalle de temps entre le début de la circulation du courant dans le premier pôle pendant une manœuvre de fermeture, et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles.

Notes 1. — La durée de préarc dépend de la valeur instantanée de la tension appliquée pendant une manœuvre de fermeture spécifique et peut donc varier considérablement.

2. — Il convient de ne pas confondre cette définition de la durée de préarc d'un disjoncteur avec la définition de la durée de préarc d'un fusible.

3.105.38 *Durée d'ouverture-fermeture (d'une refermeture automatique)*

Intervalle de temps entre l'instant de séparation des contacts d'arc dans tous les pôles, et l'instant où les contacts se touchent dans le premier pôle pendant une manœuvre de refermeture.

3.105.39 *Durée de coupure-établissement (d'une refermeture automatique)*

Intervalle de temps entre l'extinction finale de l'arc dans tous les pôles lors de la manœuvre d'ouverture, et le premier rétablissement du courant dans l'un quelconque des pôles lors de la manœuvre de fermeture qui lui fait suite.

Note. — La durée de coupure-établissement peut varier à cause de la variation de la durée de préarc.

3.105.40 *Durée de refermeture*

Intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles pendant une manœuvre de refermeture.

3.105.41 *Durée de rétablissement (d'une refermeture)*

Intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture et le premier rétablissement du courant dans l'un quelconque des pôles lors de la manœuvre de fermeture qui suit la manœuvre d'ouverture.

Note. — La durée de rétablissement peut varier à cause de la variation de la durée de préarc.

3.105.42 *Durée de fermeture-ouverture*

Intervalle de temps entre l'instant où les contacts se touchent dans le premier pôle pendant une manœuvre de fermeture, et l'instant où les contacts d'arc se sont séparés dans tous les pôles pendant la manœuvre d'ouverture qui lui fait suite.

Note. — Sauf indication contraire, on suppose que le déclencheur d'ouverture incorporé dans le disjoncteur est mis sous tension au moment où les contacts se touchent dans le premier pôle pendant la fermeture. Cela représente la durée de fermeture-ouverture minimale.

3.105.43 *Durée d'établissement-coupure*

Intervalle de temps entre le début de la circulation du courant dans le premier pôle pendant une manœuvre de fermeture et la fin de la durée d'arc pendant la manœuvre d'ouverture qui lui fait suite.

3.105.36 *Make time*

The interval of time between energizing the closing circuit, the circuit-breaker being in the open position, and the instant when the current begins to flow in the first pole.

Notes 1. — The make time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to close the circuit-breaker and forming an integral part of the circuit-breaker.

2. — The make time may vary due to the variation of the pre-arcing time.

3.105.37 *Pre-arcing time*

The interval of time between the initiation of current flow in the first pole during a closing operation and the instant when the contacts touch in all poles.

Notes 1. — The pre-arcing time depends on the instantaneous value of the applied voltage during a specific closing operation and therefore may vary considerably.

2. — This definition for pre-arcing time for a circuit-breaker should not be confused with the definition for pre-arcing time for a fuse.

3.105.38 *Open-close time (during auto-reclosing)*

The interval of time between the instant when the arcing contacts have separated in all poles and the instant when the contacts touch in the first pole during a reclosing operation.

3.105.39 *Dead time (during auto-reclosing)*

The interval of time between final arc extinction in all poles in the opening operation and the first re-establishment of current in any pole in the subsequent closing operation.

Note. — The dead time may vary due to the variation of the pre-arcing time.

3.105.40 *Reclosing time*

The interval of time between the beginning of the opening time and the instant when the contacts touch in all poles during a reclosing operation.

3.105.41 *Re-make time (during reclosing)*

The interval of time between the beginning of the opening time and the first re-establishment of current in any pole in the subsequent closing operation.

Note. — The re-make time may vary due to the variation of the pre-arcing time.

3.105.42 *Close-open time*

The interval of time between the instant when the contacts touch in the first pole during a closing operation and the instant when the arcing contacts have separated in all poles during the subsequent opening operation.

Note. — Unless otherwise stated, it is assumed that the opening release incorporated in the circuit-breaker is energized at the instant when the contacts touch in the first pole during closing. This represents the minimum close-open time.

3.105.43 *Make-break time*

The interval of time between the initiation of current flow in the first pole during a closing operation and the end of the arcing time during the subsequent opening operation.

- Notes 1.* — Sauf indication contraire, on suppose que le déclencheur d'ouverture du disjoncteur est mis sous tension une demi-période après que le courant commence à circuler dans le circuit principal pendant l'établissement. Il convient de noter que l'utilisation de relais ayant des temps de fonctionnement plus courts peut soumettre le disjoncteur à des courants asymétriques plus élevés que ceux prévus au paragraphe 6.106.5.
2. — La durée d'établissement-coupe peut varier à cause de la variation de la durée de préarc.

3.105.44 *Durée minimale de l'ordre d'ouverture*

Durée minimale pendant laquelle la tension d'alimentation auxiliaire doit être appliquée au relais d'ouverture pour assurer l'ouverture complète du disjoncteur.

3.105.45 *Durée minimale de l'ordre de fermeture*

Durée minimale pendant laquelle la tension d'alimentation auxiliaire doit être appliquée au dispositif de fermeture pour assurer la fermeture complète du disjoncteur.

3.105.46 *Réallumage (441-17-45)*

3.105.47 *Réamorçage (441-17-46)*

3.106.48 *Courant en service continu*

Courant que le circuit principal d'un disjoncteur peut supporter indéfiniment dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

3.105.49 *Facteur de crête (de la tension transitoire d'une ligne)*

Rapport entre la variation maximale et la valeur initiale de la tension transitoire par rapport à la terre d'une phase d'une ligne aérienne, après l'interruption d'un courant de défaut proche en ligne.

Note. — La valeur initiale de la tension transitoire correspond à l'instant de l'extinction de l'arc dans le pôle considéré.

3.105.50 *Facteur de premier pôle (d'un réseau triphasé, à l'emplacement d'un disjoncteur)*

Rapport de la tension à la fréquence du réseau entre la phase saine et les deux autres phases pendant un court-circuit biphasé qui peut être à la terre ou isolé, à l'emplacement du disjoncteur, à la tension entre phase et neutre qui serait obtenue au même emplacement après disparition du court-circuit.

3.105.51 *Niveau d'isolement (604-03-46)*

Pour un disjoncteur, caractéristique définie par l'énoncé de une ou de deux tensions de tenue spécifiée de son isolement.

3.105.52 *Tension de tenue à fréquence industrielle (604-03-39)*

Valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolement du disjoncteur peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées et pendant une durée spécifiée.

3.105.53 *Tension de tenue aux ondes de choc*

Valeur de crête de l'onde de tension de choc normalisée que l'isolement du disjoncteur peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées.

Note. — Selon la forme de l'onde, cette expression peut être précisée: «tension de tenue aux chocs de manœuvre» ou «tension de tenues aux chocs de foudre».

Notes 1. — Unless otherwise stated, it is assumed that the opening release of the circuit-breaker is energized one half-cycle after current begins to flow in the main circuit during making. It should be noted that the use of relays with shorter operating times may subject the circuit-breaker to asymmetrical currents that are in excess of those provided for in Sub-clause 6.106.5.

2. — The make-break time may vary due to the variation of the pre-arcing time.

3.105.44 *Minimum trip duration*

The minimum time the auxiliary power has to be applied to the opening release to ensure complete opening of the circuit-breaker.

3.105.45 *Minimum close duration*

The minimum time the auxiliary power has to be applied to the closing device to ensure complete closing of the circuit-breaker.

3.105.46 *Re-ignition (441-17-45)*

3.105.47 *Restrike (441-17-46)*

3.105.48 *Normal current*

The current which the main circuit of a circuit-breaker is capable of carrying continuously under specified conditions of use and behaviour.

3.105.49 *Peak factor (of the line transient voltage)*

The ratio between the maximum excursion and the initial value of the line transient voltage to earth of a phase of an overhead line after the breaking of a short-line fault current.

Note. — The initial value of the transient voltage corresponds to the instant of arc extinction in the pole considered.

3.105.50 *First-pole-to-clear factor (of a three-phase system, at the location of a circuit-breaker)*

The ratio of the power frequency voltage between the sound phase and the other two phases during a two-phase short-circuit, which may or may not involve earth, at the location of the circuit breaker, to the phase-to-neutral voltage which would be obtained at the same location with the short-circuit removed.

3.105.51 *Insulation level (604-03-46)*

For a circuit-breaker a characteristic defined by one or two values indicating the insulation withstand voltages.

3.105.52 *Power frequency withstand voltage (604-03-39)*

The r.m.s. value of sinusoidal power frequency voltage that the circuit-breaker can withstand during tests made under specified conditions and for a specified time.

3.105.53 *Impulse withstand voltage*

The peak value of the standard impulse voltage wave which the insulation of the circuit-breaker withstands under specified test conditions.

Note. — Depending on the shape of wave, the term may be qualified as “switching impulse withstand voltage” or “lightning impulse withstand voltage”.

3.106 Index des définitions

A			
Alternance; demi-onde	3.101.17	Déclencheur à maximum de courant à temps inverse	3.104.21
Appareillage	3.101.1	Déclencheur à minimum de tension	3.104.25
Appareillage pour l'extérieur	3.101.3	Déclencheur à retour de courant	3.104.26
Appareillage pour l'intérieur	3.101.2	Déclencheur direct à maximum de courant	3.104.22
Appareil de connexion	3.102.1	Déclencheur indirect à maximum de courant	3.104.23
Appareil mécanique de connexion	3.102.2	Déclencheur instantané	3.104.17
B		Déclencheur shunt	3.104.24
Batterie de condensateurs à gradins	3.101.12	Déclencheur sous courant de fermeture	3.104.18
Batterie unique de condensateurs	3.101.11	Décharge disruptive	3.101.24
Borne	3.103.20	Défaut proche en ligne	3.101.18
C		(Conditions de la) Discordance de phases	3.101.14
Chambre d'extinction	3.103.17	(En) Discordance de phases (utilisé comme qualificatif d'une grandeur caractéristique)	3.101.15
Circuit auxiliaire	3.103.4	Disjoncteur	3.102.3
Circuit principal	3.103.2	Disjoncteur à air	3.102.6
Circuit de commande	3.103.3	Disjoncteur à air comprimé	3.102.11
Contact	3.103.5	Disjoncteur à cuve mise à la terre	3.102.4
Contact à fermeture, contact «a»	3.103.12	Disjoncteur à cuve sous tension	3.102.5
Contact à ouverture, contact «b»	3.103.13	Disjoncteur à déclenchement conditionné	3.104.15
Contact auxiliaire	3.103.10	Disjoncteur à déclenchement libre	3.104.16
Contact d'arc	3.103.8	Disjoncteur à fermeture empêchée	3.104.32
Contact de commande	3.103.9	Disjoncteur à gaz comprimé	3.102.9
Contact glissant	3.103.14	Disjoncteur à hexafluorure de soufre	3.102.10
Contact principal	3.103.7	Disjoncteur à huile	3.102.7
Contact roulant	3.103.15	Disjoncteur à vide	3.102.8
Courant coupé	3.105.10	Disjoncteur sans réamorçage	3.102.12
Courant (coupé) critique	3.105.11	Dispositif d'antipompage	3.104.30
Courant coupé présumé	3.105.9	Dispositif de verrouillage	3.104.31
Courant de court-circuit	3.101.4	Distance d'isolement	3.105.28
Courant de courte durée admissible	3.105.20	Distance d'isolement à la terre	3.105.30
Courant de fonctionnement (d'un déclencheur à maximum de courant)	3.104.27	Distance d'isolement entre contacts ouverts	3.105.31
Courant de réglage (d'un déclencheur à maximum de courant)	3.104.28	Distance d'isolement entre pôles	3.105.29
Courant en service continu	3.105.48	Domaine du courant de réglage	3.104.29
Courant établi présumé	3.105.7	Durée d'arc	3.105.33
Courant présumé (d'un circuit et relatif à un disjoncteur)	3.105.2	Durée de coupure	3.105.34
Courant présumé symétrique	3.105.5	Durée de coupure-établissement	3.105.39
Cycle de manœuvres	3.104.2	Durée de fermeture	3.105.35
D		Durée de fermeture-ouverture	3.105.42
Déclencheur	3.103.16	Durée d'établissement	3.105.36
Déclencheur à maximum de courant	3.104.19	Durée d'établissement-coupure	3.105.43
Déclencheur à maximum de courant à retard indépendant	3.104.20	Durée d'ouverture	3.105.32
		Durée d'ouverture-fermeture (d'une refermeture automatique)	3.105.38

3.106 *Index of definitions*

A		Definite time delay over-current	
"a" contact	3.103.12	release	3.104.20
Air-blast circuit-breaker	3.102.11	Dependent manual operation	3.104.9
Air circuit-breaker	3.102.6	Dependent power operation	3.104.10
Ambient air temperature	3.101.9	Direct over-current release	3.104.22
Anti-pumping device	3.104.30	Disruptive discharge	3.101.24
Applied voltage	3.105.22	E	
Arcing contact	3.103.8	Earthed neutral system	3.101.7
Arcing time	3.105.33	Earth fault factor	3.101.8
Arc control device	3.103.17	External insulation	3.101.20
Auto-reclosing	3.104.6	F	
Auxiliary circuit	3.103.4	First-pole-to-clear factor	3.105.50
Auxiliary contact	3.103.10	Fixed trip circuit-breaker	3.104.15
Auxiliary switch	3.103.11	G	
B		Gas-blast circuit-breaker	3.102.9
"b" contact	3.103.13	I	
Breaking capacity	3.105.12	Independent manual operation	3.104.12
Breaking current	3.105.10	Impulse withstand voltage	3.105.53
Break time	3.105.34	Indirect over-current release	3.104.23
C		Indoor switchgear and controlgear	3.101.2
Cable-charging (cable off-load)		Instantaneous release	3.104.17
breaking capacity	3.105.14	Insulation level	3.105.51
Capacitor bank breaking capacity	3.105.15	Interlocking device	3.104.31
Circuit-breaker	3.102.3	Internal insulation	3.101.21
Circuit-breaker with lock-out		Inverse time-delay over-current	
preventing closing	3.104.32	release	3.104.21
Clearance	3.105.28	Isolated neutral system	3.101.5
Clearance between open contacts	3.105.31	L	
Clearance between poles	3.105.29	Line-charging (line off-load) breaking	
Clearance to earth	3.105.30	capacity	3.105.13
Closed position	3.104.13	Live tank circuit-breaker	3.102.5
Close-open time	3.105.42	Loop	3.101.17
Closing operation	3.104.4	M	
Closing time	3.105.35	Main circuit	3.103.2
Critical (breaking) current	3.105.11	Main contact	3.103.7
Connection (bolted or the equivalent)	3.103.19	Make-break time	3.105.43
Contact	3.103.5	Make-time	3.105.36
Contact piece	3.103.6	Making capacity	3.105.16
Control circuit	3.103.3	(Peak) Making current	3.105.8
Control contact	3.103.9	Making-current release	3.104.18
Current setting	3.104.28	Maximum prospective peak current	3.105.6
Current setting range	3.104.29	Mechanical switching device	3.102.2
D			
Dead tank circuit-breaker	3.102.4		
Dead time (during auto-reclosing)	3.105.39		

Durée de préarc	3.105.37	Position d'ouverture	3.104.14
Durée de rétablissement (d'une re-fermeture)	3.105.41	Pouvoir de coupure	3.105.12
Durée de refermeture	3.105.40	Pouvoir de coupure de câbles à vide	3.105.14
Durée minimale de l'ordre de fermeture	3.105.45	Pouvoir de coupure de condensateurs	3.105.15
Durée minimale de l'ordre d'ouverture	3.105.44	Pouvoir de coupure de lignes à vide	3.105.13
		Pouvoir de coupure en court-circuit	3.105.19
		Pouvoir de fermeture	3.105.16
		Pouvoir de fermeture en court-circuit	3.105.18
		Pouvoir (de fermeture ou de coupure) en discordance de phases	3.105.17
E			
Echauffement (d'une partie d'un disjoncteur)	3.101.10		
Elément (de fermeture ou de coupure)	3.103.21		
Essai sur élément	3.101.16		
F			
Facteur de crête (de la tension transitoire d'une ligne)	3.105.49		
Facteur de défaut à la terre	3.101.8		
Facteur de premier pôle	3.105.50		
Facteur de puissance (d'un circuit)	3.101.19		
I			
Indicateur de position	3.103.18		
Interrupteur auxiliaire	3.103.11		
Isolation autorégénératrice	3.101.22		
Isolation externe	3.101.20		
Isolation interne	3.101.21		
Isolation non autorégénératrice	3.101.23		
M			
Manœuvre	3.104.1		
Manœuvre à accumulation d'énergie	3.104.11		
Manœuvre de fermeture	3.104.4		
Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	3.104.10		
Manœuvre dépendante manuelle	3.104.9		
Manœuvre d'ouverture	3.104.5		
Manœuvre effectuée positivement	3.104.8		
Manœuvre indépendante manuelle	3.104.12		
Manœuvre positive d'ouverture	3.104.7		
Module (d'un pôle de disjoncteur)	3.103.22		
N			
Niveau d'isolement	3.105.51		
P			
Pièce de contact	3.103.6		
Pôle	3.103.1		
Position de fermeture	3.104.13		
		R	
		Raccord (par boulons ou dispositifs équivalents)	3.103.19
		Réallumage	3.105.46
		Réamorçage	3.105.47
		Refermeture automatique	3.104.6
		Réseau à neutre à la terre	3.101.7
		Réseau à neutre isolé	3.101.5
		Réseau compensé par bobine d'extinction	3.101.6
		S	
		Séquence de manœuvres	3.104.3
		Surtension	3.101.13
		T	
		Température de l'air ambiant	3.101.9
		Tension appliquée	3.105.22
		Tension d'arc (valeur de crête)	3.105.27
		Tension de rétablissement	3.105.23
		Tension de rétablissement à fréquence industrielle	3.105.26
		Tension de tenue à fréquence industrielle	3.105.52
		Tension de tenue aux ondes de choc	3.105.53
		Tension transitoire de rétablissement (TTR)	3.105.24
		Tension transitoire de rétablissement présumée	3.105.25
		V	
		Valeur assignée	3.105.1
		Valeur de crête du courant	3.105.4
		Valeur de crête du courant admissible	3.105.21
		Valeur de crête du courant présumé	3.105.3
		Valeur maximale de crête du courant présumé	3.105.6
		(Valeur de crête) du courant établi	3.105.8

Minimum close duration	3.105.45	Prospective peak current	3.105.3
Minimum trip duration	3.105.44	Prospective symmetrical current . .	3.105.5
Module (of a pole of a circuit-breaker)	3.103.22	Prospective transient recovery voltage	3.105.25
Multiple (parallel) capacitor bank .	3.101.12		
N			
Non-self restoring insulation	3.101.23	Rated value	3.105.1
Normal current	3.105.48	Reclosing time	3.105.40
O			
Oil circuit-breaker	3.102.7	Recovery voltage	3.105.23
Open-close time (during auto-reclosing)	3.105.38	Re-ignition	3.105.46
Opening operation	3.104.5	Re-make time (during reclosing) . .	3.105.41
Opening time	3.105.32	Release	3.103.16
Open position	3.104.14	Resonant earthed system	3.101.6
Operating current (of an over-current release)	3.104.27	Restrike	3.105.47
Operating cycle	3.104.2	Restrike-free circuit-breaker	3.102.12
Operating sequence	3.104.3	Reverse current release	3.104.26
Operation	3.104.1	Rolling contact	3.103.15
Outdoor switchgear and controlgear	3.101.3	S	
Out-of-phase (as prefix to a characteristic quantity)	3.101.15	Self-restoring insulation	3.101.22
Out-of-phase (making or breaking) capacity	3.105.17	Short-circuit breaking capacity . . .	3.105.19
Out-of-phase conditions	3.101.14	Short-circuit current	3.101.4
Over-current release	3.104.19	Short-circuit making capacity	3.105.18
Overvoltage	3.101.13	Short-line fault	3.101.18
P			
Peak arc voltage	3.105.27	Short-time withstand current	3.105.20
Peak current	3.105.4	Shunt release	3.104.24
Peak factor (of the line transient voltage)	3.105.49	Single capacitor bank	3.101.11
Peak withstand current	3.105.21	Sliding contact	3.103.14
Pole	3.103.1	Stored energy operation	3.104.11
Position indicating device	3.103.18	Sulphur hexafluoride circuit-breaker	3.102.10
Positively driven operation	3.104.8	Switchgear and controlgear	3.101.1
Positive opening operation	3.104.7	Switching device	3.102.1
Power factor (of a circuit)	3.101.19	T	
Power frequency recovery voltage .	3.105.26	Temperature rise (of a part of a circuit-breaker)	3.101.10
Power frequency withstand voltage .	3.105.52	Terminal	3.103.20
Pre-arcing time	3.105.37	Transient recovery voltage	3.105.24
Prospective breaking current	3.105.9	Trip-free circuit-breaker	3.104.16
Prospective current	3.105.2	U	
Prospective making current	3.105.7	Under-voltage release	3.104.25
		(Making or breaking) Unit	3.103.21
		Unit test	3.101.16
		V	
		Vacuum circuit-breaker	3.102.8

4. Caractéristiques assignées

Un disjoncteur, dans des conditions correctes de maintenance et de réglage, doit être capable de supporter toute contrainte qui peut survenir en service, pourvu qu'elle n'excède pas ses caractéristiques assignées.

Les caractéristiques d'un disjoncteur, y compris celles de ses dispositifs de commande et de son équipement auxiliaire, qui doivent servir à fixer les caractéristiques assignées, sont les suivantes:

(A) *Caractéristiques assignées à indiquer pour tous les disjoncteurs*

- a) Tension assignée.
- b) Niveau d'isolement assigné.
- c) Fréquence assignée.
- d) Courant assigné en service continu.
- e) Courant de courte durée admissible assigné.
- f) Valeur de crête du courant admissible assigné.
- g) Durée de court-circuit assignée, pour les disjoncteurs qui ne sont pas munis de déclencheurs directs à maximum de courant.
- h) Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.
- i) Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.
- j) Pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure, s'il y a lieu.
- k) Pouvoir de coupure assigné en court-circuit.
- l) Tension transitoire de rétablissement assignée dans le cas de défauts aux bornes.
- m) Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.
- n) Séquence de manœuvres assignée.

(B) *Caractéristiques assignées à indiquer dans les cas spécifiés ci-dessous*

- o) Caractéristiques assignées dans le cas de défaut proche en ligne, pour les disjoncteurs tripolaires prévus pour être reliés directement à des lignes aériennes de transport, de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV et de pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA.
- p) Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide, pour les disjoncteurs tripolaires destinés à la mise en et hors circuit des lignes aériennes de transport, de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV.

(C) *Caractéristiques assignées à indiquer sur demande*

- q) Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases.
- r) Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide.
- s) Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs.
- t) Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.
- u) Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs.
- v) Pouvoir de coupure assigné de faibles courants inductifs.
- w) Durées assignées.

4.1 Tension assignée

Le paragraphe 4.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

Note. — La tension assignée de 27 kV est également utilisée aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

4. Rating

A circuit-breaker in correct condition of maintenance and adjustment shall be able to withstand all stresses that occur in service provided that these do not exceed its rated characteristics.

The characteristics of a circuit-breaker, including its operating devices and auxiliary equipment, that shall be used to determine the rating are the following:

(A) *Rated characteristics to be given for all circuit-breakers*

- a) Rated voltage.
- b) Rated insulation level.
- c) Rated frequency.
- d) Rated normal current.
- e) Rated short-time withstand current.
- f) Rated peak withstand current.
- g) Rated duration of short circuit, for circuit-breakers not fitted with direct over-current release.
- h) Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits.
- i) Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits.
- j) Rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption, if applicable.
- k) Rated short-circuit breaking current.
- l) Rated transient recovery voltage for terminal faults.
- m) Rated short-circuit making current.
- n) Rated operating sequence.

(B) *Rated characteristics to be given in the specific cases indicated below*

- o) Rated characteristics for short-line faults, for three-pole circuit-breakers designed for direct connection to overhead transmission lines and rated at 52 kV and above and at more than 12.5 kA rated short-circuit breaking current.
- p) Rated line-charging breaking current, for three-pole circuit-breakers intended for switching overhead transmission lines and rated at 72.5 kV and above.

(C) *Rated characteristics to be given on request*

- q) Rated out-of-phase breaking current.
- r) Rated cable-charging breaking current.
- s) Rated single capacitor bank breaking current.
- t) Rated back-to-back capacitor bank breaking current.
- u) Rated capacitor bank inrush making current.
- v) Rated small inductive breaking current.
- w) Rated time quantities.

4.1 Rated voltage

Sub-clause 4.1 of IEC Publication 694 is applicable.

Note. — The rated voltage 27 kV is also used in the United States of America and Canada.

4.2 Rated insulation level

Sub-clause 4.2 of IEC Publication 694 is applicable.

4.2.1 Pour les tensions assignées jusqu'à 72,5 kV inclus

Le paragraphe 4.2.1, y compris le tableau I de la Publication 694 de la CEI, est applicable à l'exception des colonnes (3), (5), (7) et de la note, et avec le complément suivant:

Pour la série II (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada, seulement pour 60 Hz), le tableau I est applicable:

TABLEAU I

Série II (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada, seulement pour 60 Hz)

Tension assignée <i>U</i> (valeur efficace) (kV)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête) A la terre, entre pôles et entre bornes du disjoncteur ouvert (kV)	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) A la terre, entre pôles et entre bornes du disjoncteur ouvert	
		Essai à sec pendant 1 min (kV)	Essai sous pluie pendant 10 s* (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)
4,76	60	19	—
8,25	95	36	—
15,0	95	36	—
15,5	110	50	45
25,8 et 27,0	150	60	50
38,0	200/150**	80	75
48,3	250	105	95
72,5	350	160	140

* Applicable seulement aux disjoncteurs pour l'extérieur. Les prescriptions d'essai sont données dans la Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension. Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

** Applicable seulement aux disjoncteurs pour l'intérieur.

4.2.2 Pour les tensions assignées de 100 kV à 245 kV

Le paragraphe 4.2.2, y compris le tableau III de la Publication 694 de la CEI, est applicable à l'exception des colonnes (3), (5) et de la note.

4.2.3 Tensions assignées égales ou supérieures à 300 kV

Le paragraphe 4.2.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

La valeur normale de la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre entre bornes du disjoncteur ouvert est donnée dans la colonne (5) du tableau IV de la Publication 694 de la CEI. Néanmoins, dans le cas de disjoncteurs spéciaux destinés à des manœuvres de synchronisation accompagnées de surtensions de manœuvre importantes, telles que celles qui proviennent de la mise sous tension des lignes, l'isolation du disjoncteur normal peut être insuffisante. Dans ce cas, qui doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur, on suggère soit l'utilisation d'un disjoncteur normal de tension assignée plus élevée, soit l'utilisation d'un disjoncteur spécial correspondant à un essai plus sévère en position d'ouverture. Dans ce dernier cas, la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre entre bornes du disjoncteur ouvert est donnée dans la colonne (6) du tableau IV de la Publication 694 de la CEI.

4.2.1 For rated voltages up to and including 72.5 kV

Sub-clause 4.2.1 including Table I of IEC Publication 694 is applicable with the exception of columns (3), (5), (7) and the note and with the following addition:

For series II (based on current practice in the United States of America and Canada, for 60 Hz only), Table I is applicable:

TABLE I
*Series II (based on current practice in the United States
of America and Canada, for 60 Hz only)*

Rated voltage <i>U</i> (r.m.s. value) (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value) To earth, between poles and across open circuit-breaker (kV)	Rated power frequency withstand voltage (r.m.s. value) To earth, between poles and across open circuit-breaker	
		1 min dry test (kV)	10 s wet test* (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)
4.76	60	19	—
8.25	95	36	—
15.0	95	36	—
15.5	110	50	45
25.8 and 27.0	150	60	50
38.0	200/150**	80	75
48.3	250	105	95
72.5	350	160	140

* Applicable only to outdoor circuit-breakers. Test requirements are given in IEC Publication 60-1: High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

** Applicable only to indoor circuit-breakers.

4.2.2 For rated voltages from 100 kV to 245 kV

Sub-clause 4.2.2 including Table III of IEC Publication 694 is applicable with the exception of columns (3), (5) and the note.

4.2.3 Rated voltages 300 kV and above

Sub-clause 4.2.3 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The standard value of rated switching impulse withstand voltage across the open circuit-breaker is given in column (5) of Table IV of IEC Publication 694. However, for special circuit-breakers intended for use in synchronizing operation simultaneously with a substantial switching surge, such as from the line energization, the insulation of a standard circuit-breaker may be insufficient. In such cases which are subject to agreement between manufacturer and user, it is suggested either to use a standard circuit-breaker having a higher rated voltage or to use a special circuit-breaker, increasing the severity of the test with the circuit-breaker open. In this last case, the rated switching impulse withstand voltage across the open circuit-breaker is given in column (6) of Table IV of IEC Publication 694.

4.3 *Fréquence assignée*

Le paragraphe 4.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

4.4 *Courant assigné en service continu et échauffement*

Les paragraphes 4.4.1 et 4.4.2 de la Publication 694 de la CEI sont applicables avec les compléments suivants:

Les valeurs des courants assignés en service continu doivent être choisies parmi les valeurs normales suivantes:

400 A; 630 A; 800 A; 1 250 A; 1 600 A; 2 000 A; 2 500 A; 3 150 A; 4 000 A; 5 000 A; 6 300 A

Note. — Les valeurs ci-dessus ont été choisies dans la série R 10 et si des valeurs supérieures sont nécessaires, elles sont en principe également choisies dans cette série.

Si le disjoncteur est muni d'un accessoire branché en série, tel qu'un déclencheur direct à maximum de courant, le courant assigné en service continu de l'accessoire est la valeur efficace du courant que cet accessoire est capable de supporter de façon continue sans détérioration à la fréquence assignée, sans que l'échauffement de ses différentes parties excède les valeurs spécifiées dans le tableau V de la Publication 694 de la CEI.

Les transformateurs de courant doivent répondre aux règles de la Publication 185 de la CEI: Transformateurs de courant.

4.5 *Courant de courte durée admissible assigné*

Le paragraphe 4.5 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Le courant de courte durée admissible assigné est égal au pouvoir de coupure assigné en court-circuit (voir paragraphe 4.101).

4.6 *Valeur de crête du courant admissible assigné*

Le paragraphe 4.6 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

La valeur de crête du courant admissible assigné est égal au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit (voir paragraphe 4.103).

4.7 *Durée de court-circuit assignée*

Le paragraphe 4.7 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Il n'est pas nécessaire de spécifier une durée de court-circuit assignée pour les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant. Dans ce cas, lorsque les disjoncteurs sont insérés dans un circuit dont le courant de court-circuit présumé est égal à leur pouvoir de coupure assigné en court-circuit et lorsque leurs déclencheurs sont réglés pour les valeurs maximales de courant et de retard, les disjoncteurs doivent pouvoir supporter le courant qui en résulte pendant le temps correspondant à leur durée de coupure et cela dans les conditions qui correspondent à leur séquence de manœuvres assignée.

4.8 *Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires*

Le paragraphe 4.8 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Pour un solénoïde de fermeture, la limite supérieure spécifiée doit être 105% de la tension assignée d'alimentation.

4.9 *Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires*

Le paragraphe 4.9 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

4.3 *Rated frequency*

Sub-clause 4.3 of IEC Publication 694 is applicable.

4.4 *Rated normal current and temperature rise*

Sub-clauses 4.4.1 and 4.4.2 of IEC Publication 694 are applicable with the following additions:

The values of rated normal currents shall be selected from the following standard values:

400 A; 630 A; 800 A; 1 250 A; 1 600 A; 2 000 A; 2 500 A; 3 150 A; 4 000 A; 5 000 A; 6 300 A.

Note. — The above values are selected from the R 10 series, and, if required, higher values than those shown should also be selected from this series.

If the circuit-breaker is fitted with a series connected accessory, such as a direct over-current release, the rated normal current of the accessory is the r.m.s. value of the current which the accessory shall be able to carry continuously without deterioration at its rated frequency, with a temperature rise not exceeding the values specified in Table V of IEC Publication 694.

Current transformers shall comply with IEC Publication 185: Current Transformers.

4.5 *Rated short-time withstand current*

Sub-clause 4.5 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The rated short-time withstand current is equal to the rated short-circuit breaking current (see Sub-clause 4.101).

4.6 *Rated peak withstand current*

Sub-clause 4.6 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The rated peak withstand current is equal to the rated short-circuit making current (see Sub-clause 4.103).

4.7 *Rated duration of short-circuit*

Sub-clause 4.7 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

A rated duration of a short-circuit need not be assigned to a circuit-breaker fitted with a direct over-current release provided that, when connected in a circuit the prospective breaking current of which is equal to its rated short-circuit breaking current, the circuit-breaker shall be capable of carrying the resulting current for the break-time required by the circuit-breaker with the over-current release set for the maximum time lag, when operating in accordance with its rated operating sequence.

4.8 *Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits*

Sub-clause 4.8 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The specified upper limit of the supply voltage for a closing solenoid shall be 105% of the rated supply voltage.

4.9 *Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits*

Sub-clause 4.9 of IEC Publication 694 is applicable.

4.10 Pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure

Valeurs des pressions auxquelles le disjoncteur est rempli.

Le paragraphe 4.10 de la Publication 694 de la CEI est applicable à la pression d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre.

Aucune valeur normale n'est donnée pour la pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la coupure.

4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est la valeur la plus élevée du courant de court-circuit, que le disjoncteur doit être capable d'interrompre dans les conditions d'emploi et de fonctionnement fixées dans cette norme, dans un circuit dont la tension de rétablissement à fréquence industrielle correspond à la tension assignée du disjoncteur et dont la tension transitoire de rétablissement est égale à la valeur assignée spécifiée au paragraphe 4.102. Pour un disjoncteur triphasé, la composante périodique correspond à un court-circuit triphasé. Lorsque s'appliquent les spécifications du paragraphe 4.105 concernant les défauts proches en ligne, on en tient compte.

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est caractérisé par deux valeurs:

- La valeur efficace de sa composante périodique, dénommée par abréviation: «pouvoir de coupure assigné en court-circuit», et
- le pourcentage de la composante apériodique.

Note. — Si la composante apériodique ne dépasse pas 20%, le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est caractérisé seulement par la valeur efficace de sa composante périodique.

Les composantes périodique et apériodique sont déterminées d'après la figure 8, page 98.

Le disjoncteur doit pouvoir couper, dans les conditions indiquées ci-dessus et jusqu'à son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, tous les courants de court-circuit avec une composante périodique quelconque mais ne dépassant pas la valeur assignée et avec un pourcentage de la composante apériodique quelconque mais ne dépassant pas la valeur spécifiée.

Un disjoncteur normal répond aux caractéristiques suivantes:

- a) Pour les tensions inférieures à la tension assignée, le disjoncteur est capable de couper son pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Note. — Pour les disjoncteurs de tensions assignées ne dépassant pas 72,5 kV et dont les pouvoirs de coupure assignés en court-circuit I ont été vérifiés sous deux tensions assignées différentes U, on peut fixer des valeurs intermédiaires aux moyen du segment de droite défini par les deux couples de valeurs assignées vérifiées et tracé dans un diagramme de coordonnées $\log U$ et $\log I$. S'il y a doute concernant la validité de l'interpolation, il convient de justifier celle-ci par des essais.

- b) Pour les tensions supérieures à la tension assignée, aucun pouvoir de coupure en court-circuit n'est garanti sauf dans le cas prévu au paragraphe 4.106.

4.101.1 Composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

La valeur efficace de la composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit doit être choisie parmi les valeurs suivantes:

6,3 kA; 8 kA; 10 kA; 12,5 kA; 16 kA; 20 kA; 25 kA; 31,5 kA; 40 kA; 50 kA; 63 kA; 80 kA; 100 kA

Note. — Les valeurs ci-dessus ont été choisies dans la série R 10 et si des valeurs supérieures sont nécessaires, elles sont en principe également choisies dans cette série.

4.101.2 Composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

La valeur du pourcentage de la composante apériodique doit être déterminée comme suit:

4.10 *Rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption*

The values of the pressures to which the circuit-breaker is filled.

Sub-clause 4.10 of IEC Publication 694 is applicable to the pressure of the compressed gas supply for operation.

No standard values are given for rated pressure of compressed gas supply for interruption.

4.101 *Rated short-circuit breaking current*

The rated short-circuit breaking current is the highest short-circuit current which the circuit-breaker shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a power-frequency recovery voltage corresponding to the rated voltage of the circuit-breaker and having a transient recovery voltage equal to the rated value specified in Sub-clause 4.102. For three-pole circuit-breakers the a.c. component relates to a three-phase short-circuit. Where applicable the provisions of Sub-clause 4.105 concerning short-line faults shall be taken into account.

The rated short-circuit breaking current is characterized by two values:

- the r.m.s. value of its a.c. component, termed “rated short-circuit current” for shortness, and
- the percentage d.c. component.

Note. — If the d.c. component does not exceed 20%, the rated short-circuit breaking current is characterized only by the r.m.s. value of its a.c. component.

For determination of the a.c. and d.c. components, see Figure 8, page 98.

The circuit-breaker shall be capable of breaking any short-circuit current up to its rated short-circuit breaking current containing any a.c. component up to the rated value and associated with it any percentage d.c. component up to that specified, under the conditions mentioned above.

The following applies to a standard circuit-breaker:

- a) At voltages below the rated voltage, it will be capable of breaking its rated short-circuit breaking current.

Note. — For circuit-breakers with rated voltages not exceeding 72.5 kV having proved rated short-circuit breaking currents I at two different rated voltages U , intermediate characteristics may be assigned from the straight line drawn between the two proved rating points on a plot of $\log U$ versus $\log I$. In case of doubt, tests should be carried out to check the validity of the interpolation.

- b) At voltages above the rated voltage, no short-circuit breaking current is guaranteed except to the extent provided for in Sub-clause 4.106.

4.101.1 *A.C. component of the rated short-circuit breaking current*

The r.m.s. value of the a.c. component of the rated short-circuit breaking current shall be selected from the following values:

6.3 kA; 8 kA; 10 kA; 12.5 kA; 16 kA; 20 kA; 25 kA; 31.5 kA; 40 kA; 50 kA; 63 kA; 80 kA; 100 kA

Note. — The above values are selected from the R 10 series, and, if required, higher values than those shown should also be selected from this series.

4.101.2 *D.C. component of the rated short-circuit breaking current*

The value of the percentage d.c. component shall be determined as follows:

- a) Pour un disjoncteur qui peut être déclenché par le courant de court-circuit sans l'aide d'une forme quelconque d'énergie auxiliaire, le pourcentage de la composante apériodique doit correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur.
- b) Pour un disjoncteur qui ne peut être déclenché que par une forme quelconque d'énergie auxiliaire, le pourcentage de la composante apériodique doit correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur, à laquelle on ajoutera une demi-période de la fréquence assignée.

La durée minimale d'ouverture mentionnée ci-dessus est la plus courte durée d'ouverture du disjoncteur qui puisse être obtenue dans n'importe quelles conditions de service, aussi bien en manœuvre de coupure qu'en cycle de manœuvres d'établissement-coupure.

La valeur de la composante apériodique évaluée en pourcentage dépend de l'intervalle de temps τ et la figure 9 page 99, indique les valeurs normales.

Note. — Pour des applications spéciales, tel le cas d'un disjoncteur situé à proximité d'un alternateur, le pourcentage de la composante apériodique correspondant à la durée d'ouverture du disjoncteur peut être supérieur à la valeur indiquée sur la figure 9, qui correspond à une décroissance négligeable de la composante périodique du courant de court-circuit et à une décroissance exponentielle de la composante apériodique qui atteint 80% de sa valeur en 10 ms, c'est-à-dire qui correspond à une constante de temps d'environ 45 ms. Dans ce cas, le pourcentage requis de la composante apériodique est en principe spécifié dans l'appel d'offres et les essais font en principe l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

4.102 Tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes

La tension transitoire de rétablissement assignée (TTR) pour les défauts aux bornes, associée au pouvoir de coupure assigné en court-circuit conformément au paragraphe 4.101, est la tension de référence qui constitue la limite de la tension transitoire de rétablissement présumée de circuits que le disjoncteur doit pouvoir couper lors d'un court-circuit à ses bornes.

4.102.1 Représentation des ondes de la tension transitoire de rétablissement

La forme d'onde des tensions transitoires de rétablissement est variable suivant la configuration des circuits réels.

Dans certains cas, particulièrement dans les réseaux de tension supérieure à 100 kV et pour des courants de court-circuit relativement importants par rapport au courant de court-circuit maximal à l'endroit considéré, la tension transitoire de rétablissement comprend une période initiale pendant laquelle la vitesse d'accroissement est élevée, et une période ultérieure pendant laquelle la vitesse d'accroissement est plus réduite. Cette forme d'onde est en général suffisamment bien représentée par une enveloppe constituée de trois segments de droite définis par quatre paramètres*.

Dans d'autres cas, particulièrement dans les réseaux de tension inférieure à 100 kV ou bien dans les réseaux de tension supérieure à 100 kV pour des courants de court-circuit relativement faibles par rapport au courant de court-circuit maximal et alimentés au travers de transformateurs, la tension transitoire de rétablissement a une forme proche d'une oscillation amortie à une seule fréquence. Cette forme d'onde est suffisamment bien représentée par une enveloppe constituée par deux segments de droite définis par deux paramètres*.

Cette représentation par deux paramètres est un cas particulier de la représentation par quatre paramètres.

La capacité au lieu d'installation et du côté de l'alimentation du disjoncteur réduit la vitesse d'accroissement de la tension pendant les quelques premières microsecondes de la TTR. On en tient compte par l'introduction d'un retard.

Il apparaît que chaque période de l'onde de TTR peut influencer sur les performances de coupure d'un disjoncteur. Le tout début de la TTR peut être important pour certains types de disjoncteurs.

* Les méthodes de tracé des enveloppes de la tension transitoire de rétablissement figurent dans l'annexe FF.

- a) For a circuit-breaker which can be tripped by the short-circuit current without the aid of any form of auxiliary power, the percentage d.c. component shall correspond to a time interval τ equal to the minimum opening time of the circuit-breaker.
- b) For a circuit-breaker which is intended to be tripped solely by a form of auxiliary power, the percentage d.c. component shall correspond to a time interval τ equal to the minimum opening time of the circuit-breaker plus one-half cycle of rated frequency.

The minimum opening time mentioned above is the shortest opening time of the circuit-breaker obtainable under any service conditions whether in a breaking operation or a make-break operating cycle.

The percentage value of the d.c. component is dependent on the time interval τ and standard values are given in Figure 9, page 99.

Note. — In special applications, for example, if a circuit-breaker is close to a generator, the percentage d.c. component corresponding to the circuit-breaker opening time may be higher than the value given in Figure 9, which is based on negligible decrement of the a.c. component of the short-circuit current and on an exponential decay of the d.c. component to an 80% value in 10 ms, i.e. a time constant of approximately 45 ms. In this case, the required percentage d.c. component should be specified in the enquiry and testing should be subject to agreement between manufacturer and user.

4.102 *Rated transient recovery voltage for terminal faults*

The rated transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, relating to the rated short-circuit breaking current in accordance with Sub-clause 4.101, is the reference voltage which constitutes the limit of the prospective transient recovery voltage of circuits which the circuit-breaker shall be capable of breaking in the event of a short-circuit at its terminals.

4.102.1 *Representation of transient recovery voltage waves*

The waveform of transient recovery voltages varies according to the arrangement of actual circuits.

In some cases, particularly in systems with a voltage greater than 100 kV, and where the short-circuit currents are relatively large in relation to the maximum short-circuit current at the point under consideration, the transient recovery voltage contains first a period of high rate of rise, followed by a later period of lower rate of rise. This waveform is generally adequately represented by an envelope consisting of three line segments defined by means of four parameters*.

In other cases, particularly in systems with a voltage less than 100 kV, or in systems with a voltage greater than 100 kV in conditions where the short-circuit currents are relatively small in relation to the maximum short-circuit currents and fed through transformers, the transient recovery voltage approximates to a damped single frequency oscillation. This waveform is adequately represented by an envelope consisting of two line segments defined by means of two parameters*.

Such a representation in terms of two parameters is a special case of representation in terms of four parameters.

The influence of local capacitance on the source side of the circuit-breaker produces a slower rate of rise of the voltage during the first few microseconds of the TRV. This is taken into account by introducing a time delay.

It appears that every part of the TRV wave may influence the interrupting capability of a circuit-breaker. The very beginning of the TRV may be of importance for some types of circuit-breakers.

* Methods of drawing TRV envelopes are given in Appendix FF.

Cette période de la TTR, dénommée TTR initiale (TTRI), est provoquée par une oscillation initiale de faible amplitude due aux réflexions sur la première discontinuité majeure du jeu de barres. Elle est surtout déterminée par la configuration du jeu de barres et par la disposition des appareils au départ de chaque poste. La TTRI est un phénomène physique très semblable au défaut proche en ligne. Par comparaison avec le défaut proche en ligne, la première crête de tension est plutôt basse, mais la durée pour atteindre cette première crête est extrêmement courte et se situe dans les premières microsecondes après le passage à zéro du courant. C'est pourquoi le processus thermique d'interruption peut être influencé.

Si le disjoncteur a un pouvoir de coupure en défaut proche en ligne assigné, les prescriptions de la TTRI sont considérées comme satisfaites si les essais de défaut proche en ligne sont effectués avec une ligne n'introduisant pas de retard (voir paragraphe 6.104.5.2).

Etant donné que la TTRI est proportionnelle à l'impédance d'onde des jeux de barres et au courant, les prescriptions la concernant peuvent être négligées pour l'appareillage sous enveloppe métallique du fait de la faible impédance d'onde, de même pour tout l'appareillage d'un pouvoir de coupure assigné en court-circuit inférieur à 25 kA.

4.102.2 Représentation de la TTR assignée

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR assignées:

- a) Tracé de référence à quatre paramètres (voir figure 10, page 99):
 u_1 = première tension de référence, en kilovolts
 t_1 = temps mis pour atteindre u_1 , en microsecondes
 u_c = seconde tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts
 t_2 = temps mis pour atteindre u_c , en microsecondes
- b) Tracé de référence à deux paramètres (voir figure 11, page 100):
 u_c = tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts
 t_3 = temps mis pour atteindre u_c , en microsecondes
- c) Segment définissant le retard de la TTR (voir figures 10 et 11):
 t_d = retard, en microsecondes
 u' = tension de référence, en kilovolts
 t' = temps pour atteindre u' , en microsecondes

Le segment définissant le retard commence sur l'axe des temps à la valeur du retard assigné, est parallèle à la première partie du tracé de référence de la TTR assignée et se termine à la valeur de tension u' (correspondant à l'abscisse t').

- d) TTRI (voir figure 12, page 101):
 u_i = tension de référence (valeur de crête de la TTRI), en kilovolts
 t_i = temps pour atteindre u_i , en microsecondes

La vitesse d'accroissement de la TTRI dépend de la valeur du courant de court-circuit interrompu et son amplitude dépend de la distance à la première discontinuité le long du jeu de barres. La TTRI assignée se représente d'abord par une ligne droite tracée entre l'origine et le point (u_i, t_i) . En second lieu, une droite horizontale est tracée à partir du point (u_i, t_i) coupant la ligne de retard de la TTR au point A.

4.102.3 Valeurs normales de la TTR assignée

Les valeurs normales de la TTR assignée des disjoncteurs tripolaires de tensions assignées inférieures à 100 kV correspondent à la représentation par deux paramètres. Les valeurs correspondant aux tensions assignées de la série I sont indiquées dans le tableau IIA. Le tableau IIB correspondant aux tensions assignées de la série II est à l'étude.

Pour des tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, on utilise quatre paramètres. Les valeurs sont indiquées dans le tableau IIC pour un facteur de premier pôle 1,3 et pour des tensions assignées de 100 kV à 170 kV. Le tableau IID indique, pour cette gamme de tensions assignées, les

This part of the TRV, called initial TRV (ITRV), is caused by the initial oscillation of small amplitude due to reflections from the first major discontinuity along the busbar. The ITRV is mainly determined by the busbar and line bay configuration of the substation. The ITRV is a physical phenomenon which is very similar to the short-line fault. Compared with the short-line fault, the first voltage peak is rather low, but the time to the first peak is extremely short, that is within the first microseconds after current zero. Therefore the thermal mode of interruption may be influenced.

If the circuit-breaker has a short-line fault rating the ITRV requirements are considered to be covered if the short-line fault tests are carried out using a line without time delay (see Subclause 6.104.5.2).

Since the ITRV is proportional to the busbar surge impedance and to the current, the ITRV requirements can be neglected for metal-enclosed switchgear because of the low surge impedance and for all switchgear with a rated short-circuit breaking current of less than 25 kA.

4.102.2 Representation of rated TRV

The following parameters are used for the representation of rated TRV:

a) Four-parameter reference line (see Figure 10, page 99):

u_1 = first reference voltage, in kilovolts

t_1 = time to each u_1 , in microseconds

u_c = second reference voltage (TRV peak value), in kilovolts

t_2 = time to reach u_c , in microseconds

b) Two-parameter reference line (see Figure 11, page 100):

u_c = reference voltage (TRV peak value), in kilovolts

t_3 = time to reach u_c , in microseconds

c) Delay line of TRV (see Figures 10 and 11):

t_d = time delay, in microseconds

u' = reference voltage, in kilovolts

t' = time to reach u' , in microseconds

the delay line starts on the time axis at the rated time delay and runs parallel to the first section of the reference line of rated TRV and terminates at the voltage u' (time-coordinate t').

d) ITRV (see Figure 12, page 101):

u_i = reference voltage (ITRV peak), in kilovolts

t_i = time to reach u_i , in microseconds

the rate of rise of the ITRV is dependent on the short-circuit current interrupted and its amplitude depends upon the distance to the first discontinuity along the busbar. The rated ITRV is expressed firstly as a straight line drawn between the origin and the point (u_i, t_i) and secondly as a horizontal straight line drawn from the point (u_i, t_i) to intersect the delay line of the specified TRV at point A.

4.102.3 Standard values of rated TRV

Standard values of rated TRV for three-pole circuit-breakers of rated voltages below 100 kV, make use of two parameters. Values are given in Table IIA for rated voltages Series I. Table IIB for rated voltages Series II is under consideration.

For rated voltages of 100 kV and above, four parameters are used. Values are given in Table IIC for a first-pole-to-clear factor of 1.3 for rated voltages from 100 kV to 170 kV. Table IID gives values appropriate to a first-pole-to-clear factor of 1.5 for this range of rated voltages. Table IIE

valeurs correspondant à un facteur de premier pôle 1,5. Le tableau IIE indique les valeurs correspondant aux tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV.

Pour les pouvoirs de coupure supérieurs à 50 kA et les tensions supérieures ou égales à 100 kV, l'emploi de disjoncteurs de caractéristiques inférieures quant à la vitesse d'accroissement de la TTR peut se justifier et être plus économique. De tels cas doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

TABLEAU IIA

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
Tensions assignées de la série I
Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
U (kV)	u_c (kV)	t_3 (μs)	t_d (μs)	u' (kV)	t' (μs)	u'/t_3 (kV/μs)
3,6	6,2	40	6	2,1	19	0,15
7,2	12,3	52	8	4,1	25	0,24
12	20,6	60	9	6,9	29	0,34
17,5	30	72	11	10	35	0,42
24	41	88	13	14	42	0,47
36	62	108	16	21	52	0,57
52	89	132	17	30	51	0,68
72,5	124	166	18	41	64	0,75

$$u_c = 1,4 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0,15 t_3 \text{ pour } U < 52 \text{ kV},$$

$$u' = \frac{1}{3} u_c; \quad t_d = 0,05 t_3 \text{ pour } U \geq 52 \text{ kV}.$$

TABLEAU IIB

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
Tensions assignées de la série II
Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

A l'étude.

TABLEAU IIC

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
Tensions assignées de 100 kV à 170 kV
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée	Première tension de référence	Temps	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
U (kV)	u_1 (kV)	t_1 (μs)	u_c (kV)	t_2 (μs)	t_d (μs)	u' (kV)	t' (μs)	u_1/t_1 (kV/μs)
100	106	53	149	159	2	53	29	2,0
123	131	65	183	195	2	65	35	2,0
145	154	77	215	231	2	77	40	2,0
170	180	90	253	270	2	90	47	2,0

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1,4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1.$$