

**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.

Withdawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60056:1987

- 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.

Withdawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60056:1987

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* (151-01-03)

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-coupure 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		Déclencheur à maximum de courant à temps inverse	3.104.21
Alternance; demi-onde	3.101.17	Déclencheur à minimum de tension	3.104.25
Appareillage	3.101.1	Déclencheur à retour de courant	3.104.26
Appareillage pour l'extérieur	3.101.3	Déclencheur direct à maximum de courant	3.104.22
Appareillage pour l'intérieur	3.101.2	Déclencheur indirect à maximum de courant	3.104.23
Appareil de connexion	3.102.1	Déclencheur instantané	3.104.17
Appareil mécanique de connexion	3.102.2	Déclencheur shunt	3.104.24
B		Déclencheur sous courant de fermeture	3.104.18
Batterie de condensateurs à gradins	3.101.12	Décharge disruptive	3.101.24
Batterie unique de condensateurs	3.101.11	Défaut proche en ligne	3.101.18
Borne	3.103.20	(Conditions de la) Discordance de phases	3.101.14
C		(En) Discordance de phases (utilisé comme qualificatif d'une grandeur caractéristique)	3.101.15
Chambre d'extinction	3.103.17	Disjoncteur	3.102.3
Circuit auxiliaire	3.103.4	Disjoncteur à air	3.102.6
Circuit principal	3.103.2	Disjoncteur à air comprimé	3.102.11
Circuit de commande	3.103.3	Disjoncteur à cuve mise à la terre	3.102.4
Contact	3.103.5	Disjoncteur à cuve sous tension	3.102.5
Contact à fermeture, contact «a»	3.103.12	Disjoncteur à déclenchement conditionné	3.104.15
Contact à ouverture, contact «b»	3.103.13	Disjoncteur à déclenchement libre	3.104.16
Contact auxiliaire	3.103.10	Disjoncteur à fermeture empêchée	3.104.32
Contact d'arc	3.103.8	Disjoncteur à gaz comprimé	3.102.9
Contact de commande	3.103.9	Disjoncteur à hexafluorure de soufre	3.102.10
Contact glissant	3.103.14	Disjoncteur à huile	3.102.7
Contact principal	3.103.7	Disjoncteur à vide	3.102.8
Contact roulant	3.103.15	Disjoncteur sans réamorçage	3.102.12
Courant coupé	3.105.10	Dispositif d'antipompage	3.104.30
Courant (coupé) critique	3.105.11	Dispositif de verrouillage	3.104.31
Courant coupé présumé	3.105.9	Distance d'isolement	3.105.28
Courant de court-circuit	3.101.4	Distance d'isolement à la terre	3.105.30
Courant de courte durée admissible	3.105.20	Distance d'isolement entre contacts ouverts	3.105.31
Courant de fonctionnement (d'un déclencheur à maximum de courant)	3.104.27	Distance d'isolement entre pôles	3.105.29
Courant de réglage (d'un déclencheur à maximum de courant)	3.104.28	Domaine du courant de réglage	3.104.29
Courant en service continu	3.105.48	Durée d'arc	3.105.33
Courant établi présumé	3.105.7	Durée de coupure	3.105.34
Courant présumé (d'un circuit et relatif à un disjoncteur)	3.105.2	Durée de coupure-établissement	3.105.39
Courant présumé symétrique	3.105.5	Durée de fermeture	3.105.35
Cycle de manœuvres	3.104.2	Durée de fermeture-ouverture	3.105.42
D		Durée d'établissement	3.105.36
Déclencheur	3.103.16	Durée d'établissement-coupure	3.105.43
Déclencheur à maximum de courant	3.104.19	Durée d'ouverture	3.105.32
Déclencheur à maximum de courant à retard indépendant	3.104.20	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 ferme- ture	3.105.45	Pouvoir de coupure de condensa- teurs	3.105.15
Durée minimale de l'ordre d'ouver- ture	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-cir- cuit	3.105.18
		Pouvoir (de fermeture ou de coupure) en discordance de phases	3.105.17
E			
Echauffement (d'une partie d'un dis- joncteur)	3.101.10		
Elément (de fermeture ou de cou- pure)	3.103.21		
Essai sur élément	3.101.16		
F			
Facteur de crête (de la tension transi- toire 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'ex- tinction	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 fré- quence industrielle	3.105.26
		Tension de tenue à fréquence indus- trielle	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 admissi- ble	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 (μ s)	t_d (μ s)	u' (kV)	t' (μ s)	u'/t_3 (kV/ μ s)
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 (μ s)	u_c (kV)	t_2 (μ s)	t_d (μ s)	u' (kV)	t' (μ s)	u_1/t_1 (kV/ μ s)
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

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

gives values for rated voltages of 245 kV and above.

For rated breaking currents greater than 50 kA and voltages 100 kV and above, it may be justified and more economical to use circuit-breakers having lower capabilities in terms of rate of rise of the TRV. Such cases shall be subject to agreement between manufacturer and user.

TABLE IIA

Standard values of rated transient recovery voltage

Rated voltages Series I

Representation by two parameters—First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage	TRV peak value	Time	Time delay	Voltage	Time	Rate of rise
U (kV)	u_c (kV)	t_3 (μ s)	t_d (μ s)	u' (kV)	t' (μ s)	u_c/t_3 (kV/ μ s)
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	7	30	51	0.68
72.5	124	166	8	41	64	0.75

$$u_c = 1.4 \cdot 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0.15 t_3 \text{ for } U < 52 \text{ kV};$$

$$u' = \frac{1}{3} u_c;$$

$$t_d = 0.05 t_3 \text{ for } U \geq 52 \text{ kV}.$$

TABLE IIB

Standard values of rated transient recovery voltage

Rated voltages Series II

Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Under consideration.

TABLE IIC

Standard values of rated transient recovery voltage

Rated voltages 100 kV to 170 kV

Representation by four parameters—First-pole-to-clear factor 1.3

Rated voltage	First reference voltage	Time	TRV peak value	Time	Time delay	Voltage	Time	Rate of rise
U (kV)	u_1 (kV)	t_1 (μ s)	u_c (kV)	t_2 (μ s)	t_d (μ s)	u' (kV)	t' (μ s)	u_1/t_1 (kV/ μ s)
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

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1.4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLEAU IID

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 1,5

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
100	122	61	171	183	2	61	33	2,0
123	151	75	211	225	2	75	40	2,0
145	178	89	249	267	2	89	46	2,0
170	208	104	291	312	2	104	54	2,0

$$u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1,4 u_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLEAU IIE

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée

Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV

Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier rôle 1,3

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
245	260	130	364	390	2	130	67	2,0
300	318	159	446	477	2	159	82	2,0
362	384	192	538	576	2	192	98	2,0
420	446	223	624	669	2	223	113	2,0
525	557	279	780	837	2	279	141	2,0
765	812	406	1 137	1 218	2	406	205	2,0

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

Les tableaux indiquent également les valeurs de la vitesse d'accroissement, sous la forme u_c/t_3 et u_1/t_1 respectivement pour les représentations par deux et par quatre paramètres. Associées aux valeurs de crête u_c de la TTR, ces vitesses peuvent être utilisées pour la spécification des TTR.

Les valeurs indiquées dans les tableaux sont des valeurs présumées. Elles s'appliquent aux disjoncteurs destinés à des réseaux triphasés de transport et de distribution, fonctionnant à des fréquences de 50 Hz ou 60 Hz et comportant des transformateurs, des lignes aériennes et de courtes longueurs de câbles.

Dans les réseaux monophasés ou lorsque des disjoncteurs sont destinés à des installations où l'on peut rencontrer des conditions plus sévères, les valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur, particulièrement dans les cas suivants:

a) disjoncteurs à proximité d'alternateurs;

TABLE IID

*Standard values of rated transient recovery voltage**Rated voltages 100 kV to 170 kV**Representation by four parameters—First-pole-to-clear factor 1.5*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	122	61	171	183	2	61	33	2.0
123	151	75	211	225	2	75	40	2.0
145	178	89	249	267	2	89	46	2.0
170	208	104	291	312	2	104	54	2.0

$$u_1 = 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1.4 u_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLE IIE

*Standard values of rated transient recovery voltage**Rated voltages from 245 kV and above**Representation by four parameters—First-pole-to-clear factor 1.3*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
245	260	130	364	390	2	130	67	2.0
300	318	159	446	477	2	159	82	2.0
362	384	192	538	576	2	192	98	2.0
420	446	223	624	669	2	223	113	2.0
525	557	279	780	837	2	279	141	2.0
765	812	406	1 137	1 218	2	406	205	2.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1.4 u_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

The tables also indicate values of rate of rise, taken as u_c/t_3 and u_1/t_1 , in the two-parameter and four-parameter cases respectively, which together with TRV peak values u_c may be used for purposes of specification of TRV.

The values given in the tables are prospective values. They apply to circuit-breakers for general transmission and distribution in three-phase systems having service frequencies of 50 Hz or 60 Hz and consisting of transformers, overhead lines and short lengths of cable.

In the case of single-phase systems or where circuit-breakers are for use in an installation having more severe conditions, the values shall be subject to agreement between manufacturer and user, particularly for the following cases:

a) circuit-breakers adjacent to generator circuits;

- b) disjoncteurs directement reliés à des transformateurs fournissant un courant supérieur à 50% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur, sans capacité supplémentaire appréciable entre le disjoncteur et le transformateur;
- c) disjoncteur à proximité de réactances série.

Dans des circuits comportant un réseau de câbles important directement relié à la source, il peut être plus économique d'utiliser des disjoncteurs dont la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement assignée est plus faible, mais dans ce cas, les valeurs correspondantes doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

La tension transitoire de rétablissement assignée correspondant au pouvoir de coupure assigné en court-circuit en cas de défaut aux bornes est utilisée pour les essais au pouvoir de coupure assigné en court-circuit. Toutefois, pour les essais en court-circuit effectués à des valeurs inférieures à 100% de la valeur assignée, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir paragraphe 6.104.5), de plus, des prescriptions complémentaires concernent les disjoncteurs dont la tension assignée est égale ou supérieure à 52 kV et dont les pouvoirs de coupure assignés en court-circuit sont supérieurs à 12,5 kA, et qui peuvent être amenés à fonctionner dans les conditions du défaut proche en ligne (voir paragraphe 4.105).

4.102.4 Valeur normale de la TTRI assignée

TABEAU III

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale assignée
Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV*

Tension assignée U (kV)	Coefficient multiplicateur servant à déterminer u_i en fonction de la valeur efficace du pouvoir de coupure en court-circuit I^* f_i (kV/kA)		Temps t_i (μ s)
	50 Hz	60 Hz	
100	0,046	0,056	0,4
123	0,046	0,056	0,4
145	0,046	0,056	0,4
170	0,058	0,07	0,5
245	0,069	0,084	0,6
300	0,081	0,098	0,7
362	0,092	0,112	0,8
420	0,092	0,112	0,8
525	0,116	0,139	1,0
765	**	**	**

* Les valeurs de crête initiale réelles sont obtenues en multipliant les valeurs de cette colonne par la valeur efficace du pouvoir de coupure en court-circuit.

** A l'étude.

Note. — Les valeurs indiquées dans le tableau III sont censées couvrir les défauts triphasés et monophasés et sont fondées sur l'hypothèse que le jeu de barres, y compris les éléments qui y sont raccordés (supports, transformateurs de courant et de tension, sectionneurs, etc.), peut être approximativement représenté par une impédance d'onde résultante Z_i d'environ 260 Ω . La relation entre f_i et t_i est alors:

$$f_i = t_i \cdot Z_i \cdot \omega \cdot \sqrt{2}$$

ω correspondant à la fréquence assignée du disjoncteur.

- b) circuit-breakers directly connected to transformers without appreciable additional capacitance between the circuit-breaker and the transformer which provides more than 50% of the rated short-circuit breaking-current of the circuit-breaker;
- c) circuit-breakers adjacent to series reactors.

In circuits having large cable networks directly on the source side, it may be more economical to use circuit-breakers having a lower rate of rise of rated transient recovery voltage, but in this case the values shall be subject to agreement between manufacturer and user.

The rated transient recovery voltage corresponding to the rated short-circuit breaking current on the occurrence of a terminal fault is used for testing at short-circuit breaking currents equal to the rated value. However, for testing at short-circuit breaking currents less than 100% of the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see Sub-clause 6.104.5), further additional requirements apply to circuit-breakers rated at 52 kV and above and having rated short-circuit breaking currents exceeding 12.5 kA, which may be called upon to operate in short-line fault conditions (see Sub-clause 4.105).

4.102.4 Standard values of rated ITRV

TABLE III
Standard values of rated initial transient recovery voltage
Rated voltages 100 kV and above

Rated voltage U (kV)	Multiplying factor to determine f_i as function of the r.m.s. value of the short-circuit breaking current I^* f_i (kV/kA)		Time t_i (μ s)
	50 Hz	60 Hz	
100	0.046	0.056	0.4
123	0.046	0.056	0.4
145	0.046	0.056	0.4
170	0.058	0.07	0.5
245	0.069	0.084	0.6
300	0.081	0.098	0.7
362	0.092	0.112	0.8
420	0.092	0.112	0.8
525	0.116	0.139	1.0
765	**	**	**

* The actual initial peaks are obtained by multiplying the figures of this column with the r.m.s. value of the short-circuit breaking current.

** Under consideration.

Note. — The values of Table III are deemed to cover both three-phase and single-phase faults and are based on the assumption that the busbar, including the elements connected to it (supports, current and voltage transformers, disconnectors, etc.), can be roughly represented by a resulting surge impedance Z_i of about 260 Ω . The relation between f_i and t_i is then:

$$f_i = t_i \cdot Z_i \cdot \omega \cdot \sqrt{2}$$

ω corresponding to the rated frequency of the circuit-breaker.

4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit d'un disjoncteur (voir figure 8, page 98) est celui qui correspond à la tension assignée. Il doit être égal à 2,5 fois la valeur efficace de la composante périodique de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit (voir paragraphe 4.101).

4.104 Séquence de manœuvres assignée

Il existe deux variantes de séquences de manœuvres assignées correspondant aux formules suivantes:

a) $O - t - CO - t' - CO$

Sauf spécification contraire:

$t = 3$ min, pour les disjoncteurs qui ne sont pas prévus pour la refermeture automatique rapide

$t = 0,3$ s, pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide (durée de coupure-établissement)

$t' = 3$ min

Note. — Au lieu de $t' = 3$ min, d'autres valeurs: $t' = 15$ s (pour les tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV) et $t' = 1$ min sont aussi utilisées pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide.

b) $CO - t'' - CO$

avec:

$t'' = 15$ s, pour les disjoncteurs qui ne sont pas prévus pour la refermeture automatique rapide où:

O représente une manœuvre d'ouverture

CO représente une manœuvre de fermeture suivie immédiatement (c'est-à-dire sans délai intentionnel) d'une manœuvre d'ouverture

t, t' et t'' = intervalles de temps entre deux manœuvres successives

t et t' = sont en principe toujours exprimés en minute ou en secondes

t'' = est en principe toujours exprimé en secondes

Si la durée de coupure-établissement est réglable, les limites de réglage doivent être spécifiées.

4.105 Caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne

On impose des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne aux disjoncteurs tripolaires prévus pour être reliés directement à des lignes aériennes et dont la tension assignée est égale ou supérieure à 52 kV et le pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA. Ces caractéristiques correspondent à la coupure d'un défaut monophasé à la terre sur un réseau dont le neutre est à la terre.

Note. — En ce qui concerne cette norme, un essai effectué en monophasé à la tension phase-terre est censé couvrir tous les types de défauts proches en ligne. Dans le cas présent, on considère qu'il est sans importance que, dans des réseaux à neutre isolé, des défauts monophasés à la terre ne soumettent pas un disjoncteur aux conditions du défaut proche en ligne.

Le circuit correspondant au défaut proche en ligne se compose d'un circuit d'alimentation du côté où le disjoncteur est relié à la source de puissance et d'une ligne courte du côté de la charge (voir figure 13, page 102) et il possède les caractéristiques assignées suivantes:

a) Caractéristiques assignées du circuit d'alimentation:

Tension égale à la tension phase-terre $U/\sqrt{3}$ correspondant à la tension assignée U du disjoncteur.

Courant du court-circuit, si l'on réalise un défaut aux bornes, égal au pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur.

Tension transitoire de rétablissement présumée, si l'on réalise un défaut aux bornes, correspondant aux valeurs normales des tableaux IV/A, IV/B et IV/C.

Caractéristiques de la TTRI déduites du tableau III.

4.103 Rated short-circuit making current

The rated short-circuit making current, see Figure 8, page 98, of a circuit-breaker is that which corresponds to the rated voltage, and shall be 2.5 times the r.m.s. value of the a.c. component of its rated short-circuit breaking current (see Sub-clause 4.101).

4.104 Rated operating sequence

There are two alternative rated operating sequences as follows:

a) $O-t-CO-t'-CO$

Unless otherwise specified:

$t = 3$ min for circuit-breakers not intended for rapid auto-reclosing

$t = 0.3$ s for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing (dead time)

$t' = 3$ min

Note. — Instead of $t' = 3$ min, other values: $t' = 15$ s (for rated voltages less than or equal to 52 kV) and $t' = 1$ min are also used for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing.

b) $CO-t''-CO$

with:

$t'' = 15$ s, for circuit-breakers not intended for rapid auto-reclosing

where:

O represents an opening operation

CO represents a closing operation followed immediately (that is, without any intentional time-delay) by an opening operation

t , t' and t'' = time-intervals between successive operations

t and t' = should always be expressed in minutes or in seconds

t'' = should always be expressed in seconds

If the dead time is adjustable, the limits of adjustment shall be specified.

4.105 Rated characteristics for short-line faults

Rated characteristics for short-line faults are required for three-pole circuit-breakers designed for direct connection to overhead transmission lines and having a rated voltage of 52 kV and above and a rated short-circuit breaking current exceeding 12.5 kA. These characteristics relate to the breaking of a single-phase earth fault in a system with earthed neutral.

Note. — For the purpose of this standard, a single-phase test at the voltage to earth is deemed to cover all types of short-line fault. In this context it is considered immaterial that in isolated neutral systems, single-phase earth faults do not subject a circuit-breaker to short-line fault conditions.

The short-line fault circuit is taken as composed of a supply circuit on the source side of the circuit-breaker and a short-line on its load side (see Figure 13, page 102), with the following rated characteristics:

a) Rated supply circuit characteristics:

Voltage equal to the phase-to-earth voltage $U/\sqrt{3}$ corresponding to the rated voltage U of the circuit-breaker.

Short-circuit current, in case of terminal fault, equal to the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker.

Prospective transient recovery voltage, in case of terminal fault, given by the standard values in Tables IVA, IVB and IVC.

ITRV characteristics derived from Table III.

b) Caractéristiques assignées de la ligne:

Les valeurs normales de l'impédance d'onde assignée Z , du facteur de crête assigné k et du retard t_{dL} sont indiquées dans le tableau V.

La méthode pour le calcul des tensions transitoires de rétablissement à partir des caractéristiques assignées est donnée dans l'annexe AA.

TABLEAU IVA

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
du circuit d'alimentation pour les défauts proches en ligne
Tensions assignées de la série I — Représentation par deux paramètres*

Tension assignée U (kV)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_3 (μ s)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 (kV/ μ s)
52	59	132	7	20	51	0,45
72,5	83	166	8	28	64	0,50

$$u_c = 1,4 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0,05 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c$$

TABLEAU IVB

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
du circuit d'alimentation pour les défauts proches en ligne
Tensions assignées de la série II — Représentation par deux paramètres*

A l'étude.

TABLEAU IVC

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
du circuit d'alimentation pour les défauts proches en ligne
Tensions supérieures ou égales à 100 kV — Représentation par quatre paramètres*

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μ s)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μ s)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	82	41	114	123	2	41	22	2,0
123	100	50	141	150	2	50	27	2,0
145	118	59	166	177	2	59	32	2,0
170	139	69	194	207	2	69	37	2,0
245	200	100	280	300	2	100	52	2,0
300	245	122	343	366	2	122	63	2,0
362	296	148	414	444	2	148	76	2,0
420	343	171	480	513	2	171	88	2,0
525	429	214	600	642	2	214	109	2,0
765	625	312	874	936	2	312	158	2,0

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

b) Rated line characteristics:

Standard values of rated surge impedance Z , rated peak factor k and time delay t_{dL} are given in Table V.

The method for calculation of transient recovery voltages from rated characteristics is given in Appendix AA.

TABLE IVA

*Standard values of rated transient recovery voltage
of the supply circuit for short-line faults*

Rated voltages Series I—Representation by two parameters

Rated voltage U (kV)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_3 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_c/t_3 (kV/ μ s)
52	59	132	7	20	51	0.45
72.5	83	166	8	28	64	0.50

$$u_c = 1.4 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0.05 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c.$$

TABLE IVB

*Standard values of rated transient recovery voltage of the
supply circuit for short-line faults*

Rated voltages Series II — Representation by two parameters

Under consideration.

TABLE IVc

*Standard values of rated transient recovery voltage
of the supply circuit for short-line faults*

Rated voltages 100 kV and above—Representation by four parameters

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	82	41	114	123	2	41	22	2.0
123	100	50	141	150	2	50	27	2.0
145	118	59	166	177	2	59	32	2.0
170	139	69	194	207	2	69	37	2.0
245	200	100	280	300	2	100	52	2.0
300	245	122	343	366	2	122	63	2.0
362	296	148	414	444	2	148	76	2.0
420	343	171	480	513	2	171	88	2.0
525	429	214	600	642	2	214	109	2.0
765	625	312	874	936	2	312	158	2.0

$$u_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1.4 u_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLEAU V

*Valeurs normales des caractéristiques assignées de la ligne
pour les défauts proches en ligne*

Tension assignée U (kV)	Nombre de conducteurs par phase	Impédance d'onde assignée Z (Ω)	Facteur de crête assigné k	Facteur de VATR		Retard t_{dl}^{**} (μs)
				50 Hz	60 Hz	
≤ 170	1 à 4	450	1,6	0,200	0,240	0,2
≥ 245						0,5

* Pour le facteur de VATR s , voir l'annexe AA.

** Une capacité placée sur le côté ligne du disjoncteur (par exemple un sectionneur, un transformateur de courant ou de tension) entraîne une plus faible vitesse d'accroissement de la tension sur le côté ligne dans sa partie initiale. On en tient compte en introduisant un retard côté ligne t_{dl} . Cette capacité n'a pas d'influence sur l'impédance d'onde de la ligne réelle.

Pour la détermination du retard côté ligne et de la vitesse d'accroissement de la tension côté ligne, voir la figure 14, page 102.

4.106 Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases

Le pouvoir de coupure assigné en discordance de phase est le courant maximal en discordance de phase que le disjoncteur doit pouvoir couper dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et dans un circuit dont la tension de rétablissement est spécifiée ci-après.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné en discordance de phases n'est pas obligatoire. Si un tel pouvoir de coupure est spécifié, ce qui suit est applicable:

- La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à $2,0/\sqrt{3}$ fois la tension assignée pour les réseaux avec neutre à la terre et $2,5/\sqrt{3}$ fois la tension assignée pour les autres réseaux.
- La tension transitoire de rétablissement doit être conforme aux tableaux:
 - VIA, pour les disjoncteurs de tensions assignées inférieures à 100 kV, destinés à des réseaux autres que ceux avec neutre à la terre.
 - VIB, pour les disjoncteurs de tensions assignées de 100 kV à 170 kV inclus, destinés à des réseaux avec neutre à la terre.
 - VIC, pour les disjoncteurs de tensions assignées de 100 kV à 170 kV inclus, destinés à des réseaux autres que ceux avec neutre à la terre.
 - VID, pour les disjoncteurs de tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, destinés à des réseaux avec neutre à la terre.
- Sauf spécification contraire, le pouvoir de coupure assigné lors d'une discordance de phases doit être égal à 25% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Les conditions normales d'emploi en ce qui concerne le pouvoir de coupure assigné en discordance de phases sont les suivantes:

- Manœuvres d'ouverture et de fermeture effectuées conformément aux instructions données par le constructeur en ce qui concerne la manœuvre et l'emploi correct du disjoncteur et de son équipement auxiliaire.
- Conditions de mise à la terre du neutre du réseau correspondant à celles pour lesquelles le disjoncteur a été essayé.
- Absence de défaut de chaque côté du disjoncteur.

TABLE V
Standard values of rated line characteristics
for short-line faults

Rated voltage U (kV)	Number of conductors per phase	Rated surge impedance Z (Ω)	Rated peak factor k	RRRV factor		Time delay t_{dl}^{**} (μ s)
				50 Hz	60 Hz	
≤ 170	1 to 4	450	1.6	0.200	0.240	0.2
≥ 245						0.5

* For the RRRV factor s , see Appendix AA.

** A local capacitance on the line side of the circuit-breaker (e.g. disconnector, current and voltage transformer) produces a slower rate-of-rise of the line side voltage in its very initial stage. This is taken into account by introducing a line side time delay t_{dl} . This capacitance does not have any influence upon the surge impedance of the actual line.

For determination of the line side time delay and the rate-of-rise of the line side voltage, see figure 14, page 102.

4.106 Rated out-of-phase breaking current

The rated out-of-phase breaking current is the maximum out-of-phase current that the circuit-breaker shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a recovery voltage as specified below.

The specification of a rated out-of-phase breaking current is not mandatory. If a rated out-of-phase breaking current is assigned, the following applies:

- The power frequency recovery voltage shall be $2.0/\sqrt{3}$ times the rated voltage for earthed neutral systems and $2.5/\sqrt{3}$ times the rated voltage for other systems.
- The transient recovery voltage shall be in accordance with table:
 - VIA, for circuit-breakers with rated voltages below 100 kV intended to be used in systems other than earthed neutral systems.
 - VIB, for circuit-breakers with rated voltages from 100 kV up to and including 170 kV intended to be used in earthed neutral systems.
 - VIC, for circuit-breakers with rated voltages from 100 kV up to and including 170 kV intended to be used in systems other than earthed neutral systems.
 - VID, for circuit-breakers with rated voltages 245 kV and above intended to be used in earthed neutral systems.
- The rated out-of-phase breaking current shall be 25% of the rated short-circuit breaking current, unless otherwise specified.

The standard conditions of use with respect to the rated out-of-phase breaking current are as follows:

- Opening and closing operations carried out in conformity with the instructions given by the manufacturer for the operation and proper use of the circuit-breaker and its auxiliary equipment.
- Earthing condition of the neutral for the power system corresponding to that for which the circuit-breaker has been tested.
- Absence of a fault on either side of the circuit-breaker.

TABLEAU VIA

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée pour la coupure en discordance de phases
Tensions assignées de la série I — Représentation par deux paramètres
Réseaux autres que ceux avec neutre à la terre

Tension assignée U (kV)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_3 (μ s)	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 (kV/ μ s)
3,6	9,2	80	0,12
7,2	18,4	104	0,18
12	30,6	120	0,26
17,5	45	144	0,31
24	61	176	0,35
36	92	216	0,43
52	133	264	0,50
72,5	185	336	0,55

$$u_c = 1,25 \cdot 2,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U.$$

TABLEAU VIB

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée pour la coupure en discordance de phases
Tensions assignées de 100 kV à 170 kV — Représentation par quatre paramètres
Réseaux avec neutre à la terre

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μ s)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μ s)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	163	106	204	318	1,54
123	201	130	251	390	1,54
145	237	154	296	462	1,54
170	278	180	347	540	1,54

$$u_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} U; u_c = 1,25 u_1; t_2 = 3 t_1.$$

TABLEAU VIC

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée pour la coupure en discordance de phases
Tensions assignées de 100 kV à 170 kV — Représentation par quatre paramètres
Réseaux autres que ceux avec neutre à la terre

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μ s)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μ s)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	204	122	255	366	1,67
123	251	150	314	450	1,67
145	296	178	370	534	1,67
170	347	208	434	624	1,67

$$u_1 = 2,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1,25 u_1.$$

TABLE VIA

*Standard values of rated transient recovery
voltage for out-of-phase breaking
Rated voltages Series I—Representation by two parameters
Systems other than earthed neutral systems*

Rated voltage U (kV)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_3 (μ s)	Rate of rise u_c/t_3 (kV/ μ s)
3.6	9.2	80	0.12
7.2	18.4	104	0.18
12	30.6	120	0.26
17.5	45	144	0.31
24	61	176	0.35
36	92	216	0.43
52	133	264	0.50
72.5	185	336	0.55

$$u_c = 1.25 \cdot 2.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U.$$

TABLE VIB

*Standard values of rated transient recovery
voltages for out-of-phase breaking
Rated voltages 100 kV to 170 kV—Representation by four parameters
Earthed neutral systems*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	163	106	204	318	1.54
123	201	130	251	390	1.54
145	237	154	296	462	1.54
170	278	180	347	540	1.54

$$u_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} U; u_c = 1.25 u_1; t_2 = 3 t_1.$$

TABLE VIC

*Standard values of rated transient recovery
voltages for out-of-phase breaking
Rated voltages 100 kV to 170 kV—Representation by four parameters
Systems other than earthed neutral systems*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	204	122	255	366	1.67
123	251	150	314	450	1.67
145	296	178	370	534	1.67
170	347	208	434	624	1.67

$$u_1 = 2.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1.25 u_1.$$

TABLEAU VID

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée
pour la coupure en discordance de phases*

*Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV — Représentation par quatre paramètres
Réseaux avec neutre à la terre*

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
245	400	260	500	780	1,54
300	490	318	612	954	1,54
362	591	384	739	1 152	1,54
420	686	446	857	1 338	1,54
525	857	558	1 071	1 674	1,54
765	1 249	812	1 562	2 436	1,54

$$u_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1,25 u_1.$$

4.107 Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide

Le pouvoir de coupure assigné de lignes à vide est le courant maximal de lignes à vide que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et sans dépasser les valeurs maximales admissibles des surtensions de manœuvre spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le tableau IX.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de lignes à vide est limitée aux disjoncteurs prévus pour la manœuvre des lignes aériennes triphasées et de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV. Les valeurs normales sont indiquées dans le tableau VII.

TABLEAU VII

Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné de lignes à vide

Tension assignée U (kV)	Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide I_1 (A)
72,5	10
100	20
123	31,5
145	50
170	63
245	125
300	200
362	315
420	400
525	500

Note. — Pour des lignes aériennes comportant un seul conducteur par phase et fonctionnant à 50 Hz, les pouvoirs de coupure assignés de lignes à vide indiqués dans le tableau VII impliquent des longueurs de ligne, exprimées en kilomètres, approximativement égales à 1,2 fois la tension assignée du disjoncteur, exprimée en kilovolts.

TABLE VID

*Standard values of rated transient recovery
voltage for out-of-phase breaking*

*Rated voltages 245 kV and above—Representation by four parameters
Earthed neutral systems*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
245	400	260	500	780	1.54
300	490	318	612	954	1.54
362	591	384	739	1 152	1.54
420	686	446	857	1 338	1.54
525	857	558	1 071	1 674	1.54
765	1 249	812	1 562	2 436	1.54

$$u_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 3 t_1; u_c = 1.25 u_1.$$

4.107 Rated line-charging breaking current

The rated line-charging breaking current is the maximum line-charging current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the maximum permissible switching over-voltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table IX.

The specification of a rated line-charging breaking current is confined to circuit-breakers intended to be used for switching three-phase overhead lines and having a rated voltage equal to or greater than 72.5 kV. Standard values are given in Table VII.

TABLE VII

Standard values of rated line-charging breaking current

Rated voltage U (kV)	Rated line-charging breaking current I_l (A)
72.5	10
100	20
123	31.5
145	50
170	63
245	125
300	200
362	315
420	400
525	500

Note. — For single conductor overhead lines operating at 50 Hz, the rated line-charging breaking currents indicated in Table VII imply a length in kilometres approximately equal to 1.2 times the rated voltage of the circuit-breaker in kilovolts.

4.108 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide

Le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide est le courant maximal de câbles à vide que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et sans dépasser les valeurs maximales admissibles des surtensions de manœuvre spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le tableau IX.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de câbles à vide pour un disjoncteur n'est pas obligatoire, mais est donnée sur demande, et est considérée comme non nécessaire pour les disjoncteurs de tensions assignées inférieures ou égales à 24 kV. Si un tel pouvoir de coupure est spécifié, il est recommandé de le faire conformément au tableau VIII.

TABLEAU VIII

Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné de câbles à vide

Tension assignée U (kV)	Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide I_c (A)
3,6	10
7,2	10
12	25
17,5	31,5
24	31,5
36	50
52	80
72,5	125
100	125
123	140
145	160
170	160
245	250
300	315
362	355
420	400
525	500

Note. — Les valeurs du tableau VIII correspondent aux prescriptions maximales normales de la plupart des réseaux d'énergie. Les courants de câbles à vide supérieurs à ces valeurs font, en principe, l'objet d'un accord spécial entre constructeur et utilisateur.

4.109 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs

Le pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs est le courant maximal de condensateurs que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et sans dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le tableau IX, colonnes B.

Ce pouvoir de coupure se rapporte à la coupure de batteries de condensateurs shunt lorsque aucun condensateur shunt n'est connecté sur le côté source du disjoncteur.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs n'est pas obligatoire.

Il convient de choisir les valeurs des pouvoirs de coupure assignés de batterie unique de condensateurs dans la série R 10.

4.108 Rated cable-charging breaking current

The rated cable-charging breaking current is the maximum cable-charging current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the appropriate maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table IX.

The specification of a rated cable-charging breaking current to a circuit-breaker is not mandatory but is made on request, and is considered unnecessary for circuit-breakers of rated voltages equal to or less than 24 kV. If assigned, it is recommended that the rated cable-charging breaking current be in accordance with Table VIII.

TABLE VIII

Standard values of rated cable-charging breaking current

Rated voltage U (kV)	Rated cable-charging breaking current I_c (A)
3.6	10
7.2	10
12	25
17.5	31.5
24	31.5
36	50
52	80
72.5	125
100	125
123	140
145	160
170	160
245	250
300	315
362	355
420	400
525	500

Note. — The values of Table VIII correspond to the normal maximum requirements of the majority of power systems. Cable-charging currents in excess of these values should be the subject of special agreement between manufacturer and user.

4.109 Rated single capacitor bank breaking current

The rated single capacitor bank breaking current is the maximum capacitor current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table IX, columns B.

This breaking current refers to the switching of a shunt capacitor bank where no shunt capacitors are connected to the source side of the circuit-breaker.

The specification of a rated single capacitor bank breaking current is not mandatory.

Values of rated single capacitor bank breaking currents should be selected from the R 10 series.

4.110 Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins

Le pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins est le courant maximal de condensateurs que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et sans dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le tableau IX, colonnes B.

Ce pouvoir de coupure se rapporte à la manœuvre d'une batterie de condensateurs shunt lorsqu'une ou plusieurs batteries de condensateurs sont connectées du côté source du disjoncteur, fournissant un courant d'appel établi égal au pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins n'est pas obligatoire.

Il convient de choisir les valeurs des pouvoirs de coupure assignés de batteries de condensateurs à gradins dans la série R 10.

Note. — Des conditions similaires sont en principe applicables à la coupure des câbles.

4.111 Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs

Le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs est la valeur de crête du courant que le disjoncteur doit être capable d'établir sous sa tension assignée et avec une fréquence du courant d'appel appropriée aux conditions de service (voir annexe BB).

La spécification d'un pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs est obligatoire pour les disjoncteurs ayant un pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.

Il convient de choisir les valeurs des pouvoirs de fermeture assignés de batteries de condensateurs dans la série R 10.

Notes 1. — En service, la fréquence du courant d'appel est normalement dans la zone 2-5 kHz.

2. — On considère que le disjoncteur a un comportement satisfaisant à toute fréquence du courant d'appel inférieure à celle à laquelle il a été essayé.

TABLEAU IX

Valeurs suggérées des surtensions de manœuvre maximales admissibles lors d'une interruption au pouvoir de coupure de lignes à vide, de câbles à vide et de batteries uniques de condensateurs

Tension assignée (valeur efficace) (kV)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre* (valeur de crête) (kV)	Valeur maximale admissible de la surtension de manœuvre par rapport à la terre			
		A		B	
		(Valeur de crête) (kV)	Col. (3) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)	(Valeur de crête) (kV)	Col. (5) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3,6	20	8,8	3	7,3	2,5
	40	13,2	4,5	7,3	2,5
7,2	40	17,6	3	14,7	2,5
	60	26,4	4,5	14,7	2,5

4.110 Rated back-to-back capacitor bank breaking current

The rated back-to-back capacitor bank breaking current is the maximum capacitor current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table IX, columns B.

This breaking current refers to the switching of a shunt capacitor bank where one or several shunt capacitor banks are connected to the source side of the circuit-breaker giving an inrush making current equal to the rated capacitor bank inrush making current.

The specification of a rated back-to-back capacitor bank breaking current is not mandatory.

Values of rated back-to-back capacitor bank breaking currents should be selected from the R 10 series.

Note. — Similar conditions could apply for switching of cables.

4.111 Rated capacitor bank inrush making current

The rated capacitor bank inrush making current is the peak value of the current that the circuit-breaker shall be capable of making at its rated voltage and with a frequency of the inrush current appropriate to the service conditions (see Appendix BB).

The specification of a rated capacitor bank inrush making current is mandatory for circuit-breakers that have a rated back-to-back capacitor bank breaking current.

Values of rated capacitor bank inrush making currents should be selected from the R 10 series.

Notes 1. — In service, the frequency of the inrush current is normally in the range 2-5 kHz.

2. — The circuit-breaker is considered to be suitable for any frequency of the inrush current lower than that for which it has been tested.

TABLE IX

Suggested values of maximum permissible switching overvoltages when interrupting line-charging, cable-charging and single capacitor bank breaking current

Rated voltage (r.m.s. value) (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage* (peak value) (kV)	Maximum permissible switching overvoltage to earth			
		A		B	
		(Peak value) (kV)	Col. (3) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)	(Peak value) (kV)	Col. (5) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3.6	20	8.8	3	7.3	2.5
	40	13.2	4.5	7.3	2.5
7.2	40	17.6	3	14.7	2.5
	60	26.4	4.5	14.7	2.5

TABLEAU IX (suite)

Tension assignée (valeur efficace) (kV)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre* (valeur de crête) (kV)	Valeur maximale admissible de la surtension de manœuvre par rapport à la terre			
		A		B	
		(Valeur de crête) (kV)	Col. (3) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)	(Valeur de crête) (kV)	Col. (5) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12	60	29,5	3	24,5	2,5
	75	39,2	4	24,5	2,5
17,5	75	43	3	35,7	2,5
	95	57	4	35,7	2,5
24	95	59	3	49	2,5
	125	74	3,8	49	2,5
36	145	88	3	73	2,5
	170	112	3,8	73	2,5
52	250	149	3,5	106	2,5
72,5	325	207	3,5	148	2,5
100	380	246	3	204	2,5
	450	286	3,5	204	2,5
123	450	302	3	251	2,5
	550	352	3,5	251	2,5
145	550	356	3	297	2,5
	650	415	3,5	297	2,5
170	650	417	3	348	2,5
	750	487	3,5	348	2,5
245	850	540	2,7	400	2
	950	600	3	400	2
	1 050	600	3	400	2
300	950	637	2,6	490	2
	1 050	735	3	490	2
362	1 050	710	2,4	592	2
	1 175	800	2,7	592	2
420	1 300	790	2,3	688	2
	1 425	895	2,6	688	2
525	1 425	900	2,1	858	2
	1 550	985	2,3	858	2
765	1 800	1 125	1,8	1 125	1,8
	2 100	1 250	2	1 250	2

* Dans ce tableau, le niveau d'isolement est représenté par la tension de tenue assignée aux chocs de foudre; on peut déduire des tableaux I à IV, de la Publication 694 de la CEI, les valeurs correspondantes des tensions de tenue assignées à fréquence industrielle ou aux chocs de manœuvre.

TABLE IX (continued)

Rated voltage (r.m.s. value) (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage* (peak value) (kV)	Maximum permissible switching overvoltage to earth			
		A		B	
		(Peak value) (kV)	Col. (3) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)	(Peak value) (kV)	Col. (5) Col. (1) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (p.u.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12	60 75	29.5 39.2	3 4	24.5 24.5	2.5 2.5
17.5	75 95	43 57	3 4	35.7 35.7	2.5 2.5
24	95 125	59 74	3 3.8	49 49	2.5 2.5
36	145 170	88 112	3 3.8	73 73	2.5 2.5
52	250	149	3.5	106	2.5
72.5	325	207	3.5	148	2.5
100	380 450	246 286	3 3.5	204 204	2.5 2.5
123	450 550	302 352	3 3.5	251 251	2.5 2.5
145	550 650	356 415	3 3.5	297 297	2.5 2.5
170	650 750	417 487	3 3.5	348 348	2.5 2.5
245	850 950 1 050	540 600 600	2.7 3 3	400 400 400	2 2 2
300	950 1 050	637 735	2.6 3	490 490	2 2
362	1 050 1 175	710 800	2.4 2.7	592 592	2 2
420	1 300 1 425	790 895	2.3 2.6	688 688	2 2
525	1 425 1 550	900 985	2.1 2.3	858 858	2 2
765	1 800 2 100	1 125 1 250	1.8 2	1 125 1 250	1.8 2

* The insulation level is indicated in this table by the rated lightning impulse withstand voltage; the corresponding rated power-frequency or switching impulse withstand voltage can be ascertained from Tables I to IV of IEC Publication 694.

Notes 1. — Ces valeurs s'appliquent seulement aux conditions d'essais du paragraphe 6.111. D'autres surtensions, par exemple celles qui apparaissent à la re fermeture d'une ligne sur laquelle subsistent des charges résiduelles et à la coupure d'un faible courant inductif ainsi que les surtensions entre phases, ne sont pas couvertes par ce tableau.

2. — Ces valeurs ne peuvent pas toujours garantir l'absence d'amorçage entre phases.
3. — Les valeurs maximales admissibles des surtensions de manœuvre pour les tensions assignées de la série II, qui sont basées sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada, sont à l'étude.
4. — Les valeurs des colonnes A s'appliquent aux disjoncteurs d'usage général prévus pour la manœuvre des lignes et des câbles à vide des types généralement les plus utilisés dans les réseaux d'énergie.
Les valeurs des colonnes B s'appliquent aux disjoncteurs d'usage spécial, prévus pour la manœuvre des batteries de condensateurs ou des lignes et des câbles à vide dans les réseaux d'énergie où existent des problèmes spéciaux de coordination de l'isolement, tels que la limitation de l'énergie absorbée par les parafoudres, l'amorçage d'éclateurs, etc.
5. — Pour les tensions égales ou supérieures à 245 kV, les valeurs des colonnes B ne s'appliquent qu'aux réseaux à neutre à la terre et aux batteries de condensateurs, s'il y a lieu, avec neutre à la terre.

4.112 *Pouvoir de coupure assigné des faibles courants inductifs* A l'étude.

4.113 *Durées assignées*

Des valeurs peuvent être assignées pour les durées suivantes:

- durée d'ouverture;
- durée de coupure;
- durée de fermeture;
- durée d'ouverture-fermeture;
- durée de re fermeture;
- durée de fermeture-ouverture.

Les durées assignées se rapportent:

- à la tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (voir paragraphe 4.8);
- à la fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (voir paragraphe 4.9);
- aux pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure (voir paragraphe 4.10);
- à la pression assignée d'alimentation hydraulique pour la manœuvre;
- à la température de l'air ambiant de 20 ± 5 °C. Si les essais sont effectués à une température ambiante différente, un accord peut être nécessaire entre constructeur et utilisateur pour l'interprétation des résultats.

Note. — Assigner une durée d'établissement ou une durée d'établissement-coupure n'a habituellement pas d'utilité pratique à cause de la variation de la durée de préarc.

4.113.1 *Durée de coupure assignée*

La durée de coupure maximale déterminée pendant les séquences d'essais n^{os} 2, 3 et 4 des paragraphes 6.106.2, 6.106.3 et 6.106.4, le disjoncteur étant manœuvré avec la tension et la fréquence d'alimentation auxiliaire et les pressions d'alimentation pneumatique ou hydraulique à leurs valeurs assignées et à la température de l'air ambiant de 20 ± 5 °C (voir paragraphe 4.113) ne doit pas dépasser la durée de coupure assignée.

Notes 1. — Conformément au paragraphe 6.102.2, il est recommandé d'effectuer les principales séquences d'essais en court-circuit aux valeurs minimales de tension ou de pression des dispositifs de commande. Afin de vérifier la durée de

Notes 1. — These values apply only to the test conditions of Sub-clause 6.111. Other overvoltages such as, for instance, those appearing when reclosing a line with trapped charges and when breaking a small inductive current, as well as phase-to-phase overvoltages, are not covered by this table.

2. — These values cannot always guarantee that phase-to-phase flashovers will not occur.
3. — Maximum permissible switching overvoltages for rated voltages of Series II, which are based on current practice in the United States of America and Canada, are under consideration.
4. — The values of columns A apply to circuit-breakers for general use intended for switching unloaded lines and cables of the types most generally used in power systems.
The values of columns B apply to circuit-breakers for special use intended for switching capacitor banks or no-load lines and cables in power systems where there are special insulation co-ordination problems such as, for instance, limitation of energy absorption by surge diverters, spark-over of spark-gaps, etc.
5. — At 245 kV and above, only earthed neutral systems and capacitor banks, if any, with earthed neutral, are considered for the application of the values of columns B.

4.112 *Rated small inductive breaking current*

Under consideration.

4.113 *Rated time quantities*

Rated values may be assigned to the following time quantities:

- opening time;
- break time;
- closing time;
- open-close time;
- reclosing time;
- close-open time.

Rated time quantities are based on:

- rated values for supply voltages of closing and opening devices and auxiliary circuits (see Sub-clause 4.8);
- rated value for supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits (see Sub-clause 4.9);
- rated values for pressures of compressed gas supply for operation and for interruption (see Sub-clause 4.10);
- rated value for pressure of hydraulic supply for operation;
- an ambient air temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$. If tests are carried out at other ambient temperatures, agreement between manufacturer and user may be necessary for interpretation of the results.

Note. — Usually it is not practical to assign a rated value of make time or of make-break time due to the variation of the pre-arcing time.

4.113.1 *Rated break time*

The maximum break time determined during Test-duties 2, 3 and 4 of Sub-clauses 6.106.2, 6.106.3 and 6.106.4 with the circuit-breaker operated at auxiliary supply voltage and frequency and pressures of pneumatic or hydraulic supply at their rated values and at an ambient air temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (see Sub-clause 4.113) shall not exceed the rated break time.

Notes 1. — According to Sub-clause 6.102.2 the basic short-circuit test-duties should be carried out at minimum voltage or pressure of the operating devices. In order to verify the rated break time during these test-duties the recorded

coupure assignée pendant ces séquences d'essais et pour tenir compte du fait que la tension d'alimentation auxiliaire et la pression sont plus basses, il convient de modifier la durée de coupure maximale enregistrée de la façon suivante:

$$t_b \geq t_1 - (t_2 - t_3)$$

où:

t_b = durée de coupure assignée

t_1 = durée de coupure maximale enregistrée pendant les séquences d'essais n^{os} 2, 3 et 4

t_2 = durée d'ouverture enregistrée à vide avec la tension d'alimentation auxiliaire et les pressions d'alimentation en gaz comprimé égales à celles utilisées durant les séquences d'essais n^{os} 2, 3 et 4

t_3 = durée d'ouverture assignée

Si la durée de coupure déterminée selon cette procédure dépasse la durée de coupure assignée, la séquence d'essais qui a donné la durée de coupure la plus longue peut être répétée avec la tension et la fréquence d'alimentation auxiliaire et la pression de l'alimentation pneumatique ou hydraulique à leurs valeurs assignées et, s'il y a lieu, avec le fluide de coupure à sa pression assignée.

2. — Pour les essais en monophasé représentant une manœuvre triphasée, la durée de coupure enregistrée, modifiée conformément à la note 1, peut dépasser la durée de coupure assignée de 0,1 période car les zéros de courant se produisent moins fréquemment dans ces conditions qu'en triphasé.
3. — La durée de coupure pendant un cycle d'établissement-coupure de la séquence d'essais n^o 4 ne dépasse pas, en principe, la durée de coupure assignée de plus de 0,5 période.

4.114 *Coordination des valeurs assignées*

Des valeurs coordonnées des tensions assignées (paragraphe 4.1), des pouvoirs de coupure en court-circuit (paragraphe 4.101) et des courants assignés en service continu (paragraphe 4.4) sont indiquées dans les tableaux XA à XC.

Les tableaux de coordination ne sont pas obligatoires et constituent un guide indiquant des valeurs préférentielles. Par conséquent, un disjoncteur possédant une combinaison de valeurs assignées différente n'est pas en dehors de la norme de la CEI pour les disjoncteurs.

maximum break time should be amended to take account of the lower auxiliary supply voltage and pressure as follows:

$$t_b \geq t_1 - (t_2 - t_3)$$

where:

t_b = rated break time

t_1 = maximum recorded break time during Test-duties 2, 3 and 4.

t_2 = opening time recorded on no-load with auxiliary supply voltage and pressures of compressed gas supply as used during Test-duties 2, 3 and 4

t_3 = rated opening time

If the break time determined according to this procedure exceeds the rated break time the test-duty which has given the longest break time may be repeated with auxiliary supply voltage and frequency and pressure of pneumatic or hydraulic supply at their rated values and if applicable, at rated pressure of the interrupting medium.

2. — For single-phase tests simulating a three-phase operation, the recorded break time, amended according to Note 1, may exceed the rated break time by 0.1 cycle because in these cases the current zeros occur less frequently than in the three-phase case.
3. — The break time during a make-break operation of Test-duty 4 should not exceed the rated break time by more than 0.5 cycle.

4.114 Co-ordination of rated values

Co-ordinated values of rated voltages (Sub-clause 4.1), short-circuit breaking-currents (Sub-clause 4.101) and rated normal currents (Sub-clause 4.4) are given in Tables XA to XC.

The co-ordination tables are not mandatory and are intended to be used as a guide for preferred values. Therefore a circuit-breaker with another combination of the rated values is not outside the IEC Standard for circuit-breakers.

TABLEAU XA

Tableau de coordination des valeurs assignées des disjoncteurs

Tension assignée U (kV)	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit I_{sc} (kA)	Courant assigné en service continu							
		I_n (A)							
3,6	10	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	16				1 250				
	25				1 250				
	40				1 250				
7,2	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5	400			1 250				
	16				1 250				
	25				1 250				
	40				1 250				
12	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5	400			1 250				
	16				1 250				
	25				1 250				
	40				1 250				
	50				1 250				
17,5	8	400	630		1 250	1 600		2 500	
	12,5		630		1 250				
	16		630		1 250				
	25		630		1 250				
	40				1 250				
24	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5		630		1 250				
	16		630		1 250				
	25				1 250				
	40				1 250				
36	8		630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5		630		1 250				
	16		630		1 250				
	40				1 250				
52	8			800	1 250	1 600	2 000		
	12,5				1 250				
	20								
72,5	12,5			800	1 250	1 600	2 000		
	16				1 250				
	20				1 250				
	31,5				1 250				

Note. — Les valeurs de tension assignée sont celles indiquées au paragraphe 4.1.1 de la Publication 694 de la CEI pour la série I. Les valeurs de pouvoir de coupure assigné en court-circuit et de courant assigné en service continu sont choisies parmi celles indiquées aux paragraphes 4.101.1 et 4.4.

TABLE XA

Co-ordination table of rated values for circuit-breakers

Rated voltage U (kV)	Rated short-circuit breaking current I_{sc} (kA)	Rated normal current I_n (A)							
		400	630		1 250 1 250 1 250	1 600 1 600		2 500 2 500	4 000
3.6	10 16 25 40								
7.2	8 12.5 16 25 40	400 400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600		2 500 2 500	4 000
12	8 12.5 16 25 40 50	400 400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600		2 500 2 500 2 500	4 000 4 000
17.5	8 12.5 16 25 40	400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250	1 600		2 500	
24	8 12.5 16 25 40	400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600		2 500 2 500	4 000
36	8 12.5 16 25 40		630 630 630		1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600		2 500 2 500	4 000
52	8 12.5 20			800	1 250 1 250	1 600	2 000		
72.5	12.5 16 20 31.5			800 800	1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600	2 000 2 000		

Note. — The values of the rated voltage are those given Sub-clause 4.1.1 of IEC Publication 694 for Series I. The values of the rated short-circuit breaking current and rated normal current are selected from those given in Sub-clauses 4.101.1 and 4.4.

TABEAU XB

Les valeurs figurant dans ce tableau indiquent pour information la pratique actuelle aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada

Tension assignée maximale (kV)	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit à la tension assignée maximale (kA)*	Tension assignée minimale (kV)*	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit à la tension assignée minimale (kA)*	Courant assigné en service continu (A)				
4,76	6,1 8,8 18,0 29,0 41,0	2,3 3,5 3,5 3,85 4,0	13 12 24 36 49		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	2 000	3 150	
8,25	3,5 7,0 17,0 33,0	2,3 2,3 4,6 6,6	13 25 30 41	630 630	1 250 1 250 1 250	2 000		
15,0	5,8 9,3 9,8 18,0 19,0 28,0 37,0	4,0 6,6 4,0 11,5 6,6 11,5 11,5	22 21 37 23 43 36 48	630	1 250 1 250 1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	2 000 2 000 2 000	3 150	
15,5	8,9 18,0 35,0 56,0 93,0	5,8 12,0 12,0 12,0 12,0	24 23 45 73 120	630	1 250 1 250	2 000	3 150	4 000 5 000
25,8	5,4 11,0	12,0 12,0	12 24	630	1 250			
38,0	22,0 36,0	23,0 24,0	36 57		1 250	2 000	3 150	
48,3	17,0	40,0	21		1 250			
72,5	19,0 37,0	60,0 66,0	23 41		1 250	2 000		

* Des valeurs plus conformes aux valeurs normales de la CEI sont à l'étude.

Note. — Les valeurs de tension assignée maximale sont celles indiquées au paragraphe 4.1.1 de la Publication 694 de la CEI pour la série II. Les valeurs de courant assigné en service continu sont choisies parmi celles indiquées au paragraphe 4.4. Voir la note du paragraphe 4.101 concernant l'interpolation des pouvoirs de coupure en court-circuit pour les tensions intermédiaires.

TABLE XB

The values given in this table show for information the present practice in the United States of America and Canada

Maximum rated voltage (kV)	Rated short- circuit breaking current at maximum rated voltage (kA)*	Minimum rated voltage (kV)*	Rated short- circuit breaking current at minimum rated voltage (kA)*	Rated normal current					
				(A)					
4.76	6.1	2.3	13		1 250				
	8.8	3.5	12		1 250				
	18.0	3.5	24		1 250				
	29.0	3.85	36		1 250	2 000			
	41.0	4.0	49		1 250		3 150		
8.25	3.5	2.3	13	630					
	7.0	2.3	25	630	1 250	2 000			
	17.0	4.6	30		1 250				
	33.0	6.6	41		1 250	2 000			
15.0	5.8	4.0	22	630	1 250				
	9.3	6.6	21		1 250				
	9.8	4.0	37		1 250				
	18.0	11.5	23		1 250	2 000			
	19.0	6.6	43		1 250	2 000			
	28.0	11.5	36		1 250	2 000			
	37.0	11.5	48		1 250		3 150		
15.5	8.9	5.8	24	630					
	18.0	12.0	23		1 250				
	35.0	12.0	45		1 250				
	56.0	12.0	73			2 000	3 150	4 000	
	93.0	12.0	120						5 000
25.8	5.4	12.0	12	630					
	11.0	12.0	24		1 250				
38.0	22.0	23.0	36		1 250		3 150		
	36.0	24.0	57			2 000			
48.3	17.0	40.0	21		1 250				
72.5	19.0	60.0	23		1 250				
	37.0	66.0	41			2 000			

* Values more in line with IEC standard values are under consideration.

Note. — The values of the maximum rated voltage are those given in Sub-clause 4.1.1 of IEC Publication 694 for Series II. The values of rated normal current are selected from those given in Sub-clause 4.4. See note in Sub-clause 4.101 regarding interpolation of short-circuit breaking currents for intermediate voltages.

TABLEAU XC

Tableau de coordination des valeurs assignées des disjoncteurs

Tension assignée U (kV)	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit I_{sc} (kV)	Courant assigné en service continu I_n (A)					
123	12,5 20 25 40	800	1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000		
145	12,5 20 25 31,5 40 50	800	1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000 2 000	3 150 3 150 3 150	
170	12,5 20 31,5 40 50	800	1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	3 150 3 150 3 150	
245	20 31,5 40 50		1 250 1 250	1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	3 150 3 150	
300	16 20 31,5 50		1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	3 150 3 150	
362	20 31,5 40			1 600	2 000 2 000 2 000	3 150	
420	20 31,5 40 50			1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	3 150 3 150	4 000
525	40				2 000	3 150	
765	40				2 000	3 150	

Note. — Les valeurs de tension assignée sont celles indiquées au paragraphe 4.1.2 de la Publication 694 de la CEI, à l'exclusion de 100 kV. Les valeurs de pouvoir de coupure assigné en court-circuit et de courant assigné en service continu sont choisies parmi celles indiquées aux paragraphes 4.101.1 et 4.4.

5. Conception et construction

5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs

Le paragraphe 5.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs

Le paragraphe 5.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

TABLE XC

Co-ordination table of rated values for circuit-breakers

Rated voltage U (kV)	Rated short-circuit breaking current I_{sc} (kV)	Rated normal current I_n (A)					
123	12.5	800	1 250				
	20		1 250	1 600	2 000		
	25		1 250	1 600	2 000		
	40			1 600	2 000		
145	12.5	800	1 250				
	20		1 250	1 600	2 000		
	25		1 250	1 600	2 000		
	31.5		1 250	1 600	2 000	3 150	
	40			1 600	2 000	3 150	
	50				2 000	3 150	
170	12.5	800	1 250				
	20		1 250	1 600	2 000		
	31.5		1 250	1 600	2 000	3 150	
	40			1 600	2 000	3 150	
	50			1 600	2 000	3 150	
245	20		1 250	1 600	2 000		
	31.5		1 250	1 600	2 000		
	40			1 600	2 000	3 150	
	50				2 000	3 150	
300	16		1 250	1 600			
	20		1 250	1 600	2 000		
	31.5		1 250	1 600	2 000	3 150	
	50			1 600	2 000	3 150	
362	20				2 000		
	31.5				2 000		
	40			1 600	2 000	3 150	
420	20			1 600	2 000		
	31.5			1 600	2 000		
	40			1 600	2 000	3 150	
	50				2 000	3 150	4 000
525	40				2 000	3 150	
765	40				2 000	3 150	

Note. — The values of rated voltage are those given in Sub-clauses 4.1.2 of IEC Publication 694, omitting 100 kV. The values of rated short-circuit breaking current and rated normal current are selected from those given in Sub-clauses 4.101.1 and 4.4.

5. Design and construction

5.1 Requirements for liquids in circuit-breakers

Sub-clause 5.1 of IEC Publication 694 is applicable.

5.2 Requirements for gases in circuit-breakers

Sub-clause 5.2 of IEC Publication 694 is applicable.

5.3 *Raccordement à la terre des disjoncteurs*

Le paragraphe 5.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

5.4 *Équipements auxiliaires*

Des équipements auxiliaires sont utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande des disjoncteurs.

Le paragraphe 5.4 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec les compléments suivants:

- Les connexions doivent supporter les contraintes imposées par le disjoncteur, spécialement celles qui sont dues aux efforts mécaniques pendant les manœuvres.
- Dans le cas de disjoncteurs pour l'extérieur, tous les équipements auxiliaires, y compris la filerie, doivent être protégés correctement contre la pluie et l'humidité.
- Lorsque des contacts auxiliaires sont utilisés comme indicateurs de position, ils doivent indiquer la position finale du disjoncteur au repos (c'est-à-dire position d'ouverture ou position de fermeture).
- Lorsqu'on utilise un équipement de commande particulier pour les disjoncteurs, il doit fonctionner dans les limites spécifiées pour les tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande et les fluides de manœuvre et de coupure, et il doit pouvoir manœuvrer les charges indiquées par le constructeur du disjoncteur.
- Les équipements auxiliaires spéciaux tels qu'indicateurs de niveau de liquide, indicateurs de pression, soupapes de sécurité, équipement de remplissage et de vidange, chauffage et contacts de verrouillage, doivent fonctionner dans les limites spécifiées des tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande et/ou dans les limites d'utilisation des fluides de manœuvre et de coupure.
- La puissance consommée par les résistances de chauffage à la tension assignée doit avoir la valeur indiquée par le constructeur à $\pm 10\%$ près.

5.5 *Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure*

Le paragraphe 5.5 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Un disjoncteur comportant un dispositif de fermeture dépendante à source d'énergie extérieure doit aussi être capable de s'ouvrir immédiatement après la manœuvre de fermeture au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

5.6 *Fermeture à accumulation d'énergie*

Le paragraphe 5.6 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant au premier alinéa:

Un disjoncteur comportant un dispositif de fermeture à accumulation d'énergie doit aussi être capable de s'ouvrir immédiatement après la manœuvre de fermeture au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

5.7 *Fonctionnement des déclencheurs*

Le paragraphe 5.7 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec les compléments suivants:

5.7.101 *Déclencheur à maximum de courant*

5.7.101.1 *Courant de fonctionnement*

Un déclencheur à maximum de courant doit porter l'indication de son courant assigné en service continu et de son domaine de courant de réglage.

5.3 *Earthing of circuit-breakers*

Sub-clause 5.3 of IEC Publication 694 is applicable.

5.4 *Auxiliary equipment*

Auxiliary equipment is used in the control and auxiliary circuits of circuit-breakers.

Sub-clause 5.4 of IEC Publication 694 is applicable with the following additions:

- Connections shall withstand the stresses imposed by the circuit-breaker, especially those due to mechanical forces during operations.
- In the case of outdoor circuit-breakers all auxiliary equipment including the wiring shall be adequately protected against rain and humidity.
- Where auxiliary switches are used as position indicators, they shall indicate the end position of the circuit-breaker at rest, open or closed.
- Where special items of control equipment are used, they shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits, quenching and operating media, and be able to switch the loads which are stated by the circuit-breaker manufacturer.
- Special items of auxiliary equipment such as liquid-indicators, pressure indicators, relief valves, filling and draining equipment, heating and interlock contacts shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits and/or within the limits of use of quenching and operating media.
- The power consumption of heaters at rated voltage shall be within the tolerance of $\pm 10\%$ of the values stated by the manufacturer.

5.5 *Dependent power closing*

Sub-clause 5.5 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

A circuit-breaker arranged for dependent power closing with external energy supply shall also be capable of opening immediately following the closing operation with the rated short-circuit making current.

5.6 *Stored energy closing*

Sub-clause 5.6 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition to the first paragraph:

A circuit-breaker arranged for stored energy closing shall also be capable of opening immediately following the closing operation with the rated short-circuit making current.

5.7 *Operation of releases*

Sub-clause 5.7 of IEC Publication 694 is applicable with the following additions:

5.7.101 *Over-current release*

5.7.101.1 *Operating current*

An over-current release shall be marked with its rated normal current and its current setting range.

Dans les limites du domaine du courant de réglage, le déclencheur à maximum de courant doit toujours fonctionner pour des courants supérieurs ou égaux à 110% du courant de réglage et ne doit pas fonctionner pour des courants inférieurs ou égaux à 90% de ce courant de réglage.

5.7.101.2 *Temporisation*

Pour un déclencheur à maximum de courant à temporisation inverse, le retard doit être mesuré à partir de l'instant où la surintensité est établie, jusqu'à l'instant où le déclencheur actionne le mécanisme d'ouverture du disjoncteur.

Le constructeur doit fournir des tableaux ou des courbes, chacun avec les tolérances applicables, indiquant le retard en fonction du courant entre deux et six fois le courant de fonctionnement. Ces tableaux ou ces courbes doivent être fournis pour les valeurs limites de réglage du courant de fonctionnement et de la temporisation.

5.7.101.3 *Courant de retour à la position initiale*

Si le courant dans le circuit principal tombe au-dessous d'une certaine valeur avant que l'intervalle de temps correspondant à la temporisation du déclencheur à maximum de courant se soit écoulé, le déclencheur ne doit pas poursuivre son fonctionnement et doit revenir à sa position initiale.

L'indication correspondante doit être donnée par le constructeur.

5.7.102 *Déclencheurs multiples*

Si le disjoncteur est équipé avec des déclencheurs multiples de même fonction, un défaut sur un déclencheur ne doit pas influencer sur le fonctionnement des autres.

5.8 *Verrouillages à basse et à haute pression*

Le paragraphe 5.8 de la Publication 694 de la CEI est remplacé par ce qui suit:

Tous les disjoncteurs à accumulation d'énergie dans des réservoirs à gaz ou dans des accumulateurs oléopneumatiques (voir paragraphe 5.6.1 de la Publication 694 de la CEI) et tous les disjoncteurs utilisant un gaz comprimé pour la coupure (voir paragraphe 5.103), à l'exception des appareils à pression scellés, doivent être équipés de dispositifs de verrouillage à basse pression réglés pour fonctionner aux valeurs limites appropriées de la pression ou à l'intérieur des limites de pression indiquées par le constructeur. Ils peuvent aussi être équipés de dispositifs de verrouillage à haute pression.

5.9 *Plaques signalétiques*

Le paragraphe 5.9 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec les compléments suivants:

Les plaques signalétiques du disjoncteur et de ses organes de manœuvre doivent porter des indications conformes au tableau XI.

Les bobines des dispositifs de manœuvre doivent porter un repère permettant de retrouver les indications complètes chez le constructeur.

Les déclencheurs doivent porter les indications appropriées.

De plus, il est souhaitable que l'année de fabrication du disjoncteur soit reconnaissable.

La plaque signalétique doit être visible dans les positions de service et de montage normales.

5.101 *Prescriptions concernant la simultanéité des pôles*

Lorsque aucune prescription spéciale concernant le fonctionnement simultané des pôles n'est fixée, la différence maximale entre les instants d'entrée en contact à la fermeture et la différence maximale entre les instants de séparation des contacts à l'ouverture ne doivent pas dépasser une demi-période de la fréquence assignée.

Within the current setting range, the over-current release shall always operate at currents of 110% and above of the current setting, and shall never operate at currents of 90% and below of this current setting.

5.7.101.2 *Operating time*

For an inverse time delay over-current release, the operating time shall be measured from the instant at which the over-current is established until the instant at which the release actuates the tripping mechanism of the circuit-breaker.

The manufacturer shall provide tables or curves, each with the applicable tolerances, showing the operating time as a function of current, between twice and six times the operating current. These tables or curves shall be provided for the extreme current settings together with the extreme settings of time delay.

5.7.101.3 *Resetting current*

If the current in the main circuit falls below a certain value, before the time delay of the over-current release has expired, the release shall not complete its operation and shall reset to its initial position.

The relevant information shall be given by the manufacturer.

5.7.102 *Multiple releases*

If a circuit-breaker is fitted with multiple releases for the same function, a defect in one release shall not disturb the function in the others.

5.8 *Low and high pressure interlocking devices*

Sub-clause 5.8 of IEC Publication 694 is replaced by the following:

All circuit-breakers having an energy storage in gas receivers or hydraulic accumulators (see Sub-clause 5.6.1 of IEC Publication 694) and all circuit-breakers except sealed pressure devices, using compressed gas for interruption (see Sub-clause 5.103) shall be fitted with low pressure interlocking device, and can also be fitted with high pressure interlocking device, set to operate at, or within, the appropriate limits of pressure stated by the manufacturer.

5.9 *Nameplates*

Sub-clause 5.9 of IEC Publication 694 is applicable with the following additions:

The nameplates of a circuit-breaker and its operating devices shall be marked in accordance with Table XI.

Coils of operating devices shall have a reference mark permitting the complete data to be obtained from the manufacturer.

Releases shall bear the appropriate data.

In addition, it is desirable that the year of manufacture of the circuit-breaker is recognizable.

The nameplate shall be visible in the position of normal service and installation.

5.101 *Requirements for simultaneity of poles*

When no special requirement with respect to simultaneous operation of poles is stated, the maximum difference between the instants of contacts touching during closing and the maximum difference between the instants of contacts separating during opening shall not exceed one half cycle of rated frequency.

Notes 1. — Dans certains cas, l'écart admissible est considérablement différent d'une demi-période (voir, par exemple, le paragraphe 6.111.7) et dans d'autres cas (par exemple fonctionnement unipolaire), cette prescription n'est pas applicable.

2. — La prescription est applicable à un disjoncteur comportant des pôles séparés lorsque ceux-ci fonctionnent dans les mêmes conditions; après une manœuvre de refermeture unipolaire, les conditions de fonctionnement des trois mécanismes peuvent être différentes.

5.102 Prescription générale de fonctionnement

Un disjoncteur muni de ses organes de manœuvre doit pouvoir effectuer sa séquence de manœuvres assignée (paragraphe 4.104) conformément aux indications correspondantes des paragraphes 5.5 à 5.8 et du paragraphe 5.103.

Cette prescription n'est pas applicable aux organes de manœuvre manuels auxiliaires; lorsqu'ils sont fournis, ils ne doivent être utilisés que pour l'entretien et pour des manœuvres de secours sur un circuit hors tension.

TABLEAU XI

Indications de la plaque signalétique

	Abréviations	Unité	Disjoncteur	Dispositif de manœuvre	Condition: inscription seulement si
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constructeur			X	X	
Désignation du type et numéro de série			X	X	
Tension assignée	U	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	U_{10}	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre	U_s	kV	y		Tension assignée supérieure ou égale à 300 kV
Fréquence assignée	f	Hz	y		Les caractéristiques assignées ne sont pas applicables à 50 Hz et à 60 Hz
Courant assigné en service continu	I_n	A	X		
Durée de court-circuit assignée	t_{th}	s	y		Différente de 1 s
Pouvoir de coupure assigné en court-circuit	I_{sc}	kA	X		
Facteur de premier pôle			y		Différent de 1,3 pour les tensions assignées de 100 kV à 170 kV
Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases	I_d	kA	(X)		
Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide	I_l	A	y		Tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV
Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide	I_c	A	(X)		
Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs	I_{sb}	A	(X)		
Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins	I_{bb}	A	(X)		
Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs	I_{bi}	kA	(X)		

Notes 1. — In some circumstances, the permissible deviation differs considerably from one half cycle (see e.g. Sub-clause 6.111.7) and in others (e.g. single-pole operation), this requirement is not applicable.

2. — For a circuit-breaker having separate poles the requirement is applicable when these operate in the same conditions; after a single-pole reclosing operation, the conditions of operation for the three mechanisms may not be the same.

5.102 General requirement for operation

A circuit-breaker-including its operating devices shall be capable of completing its rated operating sequence (Sub-clause 4.104) in accordance with the relevant provisions of Sub-clauses 5.5 to 5.8 and Sub-clause 5.103.

This requirement is not applicable to auxiliary manual operating devices; where provided, these shall be used only for maintenance and for emergency operation on a dead circuit.

TABLE XI
Nameplate information

	Abbreviation	Unit	Circuit-breaker	Operating device	Condition: Marking required only if
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Manufacturer			X	X	
Type designation and serial number			X	X	
Rated voltage	U	kV	X		
Rated lightning impulse withstand voltage	U_w	kV	X		
Rated switching impulse withstand voltage	U_s	kV	y		Rated voltage 300 kV and above
Rated frequency	f	Hz	y		Rating is not applicable at both 50 Hz and 60 Hz
Rated normal current	I_n	A	X		
Rated duration of short-circuit	t_{th}	s	y		Different from 1 s
Rated short-circuit breaking current	I_{sc}	kA	X		
First-pole-to-clear factor			y		Different from 1,3 for rated voltages 100 kV to 170 kV
Rated out-of-phase breaking current	I_d	kA	(X)		
Rated line-charging breaking current	I_l	A	y		Rated voltage 72.5 kV and above
Rated cable-charging breaking current	I_c	A	(X)		
Rated single capacitor bank breaking current	I_{sb}	A	(X)		
Rated back-to-back capacitor bank breaking current	I_{bb}	A	(X)		
Rated capacitor bank inrush making current	I_{bi}	kA	(X)		

TABLEAU XI (suite)

	Abréviations	Unité	Disjoncteur	Dispositif de manœuvre	Condition: inscription seulement si
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Pression assignée du gaz pour la manœuvre	p_{op}	MPa ou bar		(X)	
Pression assignée du gaz pour la coupure	p_{cb}	MPa ou bar	(X)		
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre pour la fermeture et l'ouverture		V		(X)	
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre pour la fermeture et l'ouverture		Hz		(X)	
Tension assignée d'alimentation des circuits auxiliaires	U_a	V		(X)	
Fréquence assignée d'alimentation des circuits auxiliaires		Hz		(X)	
Masse (y compris l'huile pour les disjoncteurs à huile)	m	kg	y X (X) y	y	Dépasse 300 kg
Séquence de manœuvres assignée					
Année de fabrication					
Classe de température					Différente de -5 °C pour l'intérieur, -25 °C pour l'extérieur

X = l'inscription de ces valeurs est obligatoire; pour ces valeurs, les indications qui n'apparaissent pas sur la plaque sont supposées avoir une valeur nulle.

(X) = l'inscription de ces valeurs est facultative.

y = l'inscription de ces valeurs dépend des conditions figurant à la colonne (6).

Note. — Les abréviations de la colonne (2) peuvent être utilisées à la place des termes de la colonne (1). Lorsque les termes de la colonne (1) sont employés, il n'est pas nécessaire de faire apparaître le mot «assigné».

5.103 Limites de pression du gaz comprimé pour la coupure dans le cas des disjoncteurs à gaz comprimé

Le constructeur doit indiquer les pressions maximales et minimales du gaz comprimé pour la coupure pour lesquelles le disjoncteur est capable de fonctionner suivant ses caractéristiques assignées et auxquelles les dispositifs de verrouillage à basse et haute pressions doivent être réglés (voir paragraphe 5.8).

Pour les disjoncteurs à gaz comprimé à double pression, le constructeur peut spécifier les limites de pression pour lesquelles le disjoncteur est capable d'effectuer chacune des performances suivantes:

- la coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire une manœuvre «O»;
- l'établissement de son pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, suivi immédiatement de la coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire un cycle de manœuvre «CO»;
- pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide: la coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit suivie, après intervalle de temps t de la séquence de manœuvres assignée (paragraphe 4.104), par l'établissement de son pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, immédiatement suivi par une nouvelle coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire une séquence de manœuvres «O-t-CO»).

TABLE XI (continued)

	Abbreviation	Unit	Circuit-breaker	Operating device	Condition: Marking required only if
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Rated gas pressure for operation	p_{op}	MPa or bar		(X)	
Rated gas pressure for interruption	p_{cb}	MPa or bar	(X)		
Rated supply voltage of closing and opening devices		V		(X)	
Rated supply frequency of closing and opening devices		Hz		(X)	
Rated supply voltage of auxiliary circuits	U_a	V		(X)	
Rated supply frequency of auxiliary circuits		Hz		(X)	
Mass (including oil for oil circuit-breakers)	m	kg	y X (X) y	y	More than 300 kg
Rated operating sequence				y	Different from — 5 °C indoor — 25 °C outdoor
Year of manufacture					
Temperature class					

X = the marking of these values is mandatory; blanks indicate the value zero.

(X) = the marking of these values is optional.

y = the marking of these values to the conditions in column (6).

Note. — The abbreviations in column (2) may be used instead of the terms in column (1). When terms of column (1) are used the word "rated" need not appear.

5.103 Pressure limits of compressed gas for interruption in gas blast circuit-breakers

The manufacturer shall state the maximum and minimum pressures of the compressed gas for interruption at which the circuit-breaker is capable of performing according to its ratings and at which the appropriate low and high-pressure interlocking devices shall be set (see Sub-clause 5.8).

For double-pressure gas-blast circuit-breakers, the manufacturer may specify pressure limits at which the circuit-breaker is capable of each of the following performances:

- breaking its rated short-circuit breaking current i.e. an "O" operation;
- making its rated short-circuit making current immediately followed by breaking its rated short-circuit breaking current i.e. a "CO" operating cycle;
- for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing; breaking its rated short-circuit breaking current followed after a time interval t of the rated operating sequence (Sub-clause 4.104) by making its rated short-circuit making current immediately followed by again breaking its rated short-circuit breaking current i.e. an "O- t -CO" operating sequence.

Le disjoncteur doit comporter des réserves d'énergie de capacité suffisante pour lui permettre d'accomplir de façon satisfaisante les manœuvres appropriées aux valeurs indiquées des pressions minimales correspondantes.

De plus, pour les disjoncteurs qui comportent des pompes ou des compresseurs individuels, le débit de la pompe ou du compresseur et la capacité des réservoirs doivent être suffisants pour permettre de réaliser la séquence de manœuvres assignée (paragraphe 4.104) pour tous les courants égaux ou inférieurs aux courants correspondant aux pouvoirs de fermeture et de coupure assignés en court-circuit du disjoncteur, avec une pression au début de la séquence de manœuvres qui doit être égale à la valeur appropriée de la pression minimale indiquée par le constructeur conformément aux prescriptions précédentes, la pompe ou le compresseur étant normalement en service. Lorsque cela est applicable, le constructeur peut spécifier les limites de pression pour le fonctionnement de la pompe ou du compresseur.

5.104 Orifice d'évacuation des gaz

Les orifices d'évacuation des gaz des disjoncteurs doivent être placés de telle sorte que l'évacuation de l'huile, du gaz ou des deux, ne provoque pas d'amorçage électrique et soit dirigée en dehors de toute zone dans laquelle une personne quelconque est susceptible de se trouver.

La construction doit être telle que le gaz ne puisse s'accumuler à un endroit quelconque où l'inflammation peut être provoquée, pendant ou après la manœuvre, par des étincelles dues à la manœuvre normale du disjoncteur ou de ses équipements auxiliaires.

The circuit-breakers shall be provided with energy storage of sufficient capacity for satisfactory performance of the appropriate operations at the corresponding minimum pressures stated.

Furthermore, for circuit-breakers having individual pumps or compressors the output of the pump or compressor and the capacity of the receivers shall be sufficient to provide for the performance of the rated operating sequence (Sub-clause 4.104) at all currents up to the rated short-circuit making and breaking currents of the circuit-breaker. The pressure at the commencement of the operating sequence shall be equal to the appropriate minimum pressure stated by the manufacturer in accordance with the above requirements, and with the pump or compressor operating normally. When appropriate the manufacturer may specify pressure limits for the operation of the pump or compressor.

5.104 *Vent outlets*

Vent outlets of circuit-breakers shall be so situated that a discharge of oil or gas or both will not cause electrical breakdown and is directed away from any location where persons may be present.

The construction shall be such that gas cannot collect at any point where ignition can be caused, during or after operation, by sparks arising from normal operation of the circuit-breaker or its auxiliary equipment.

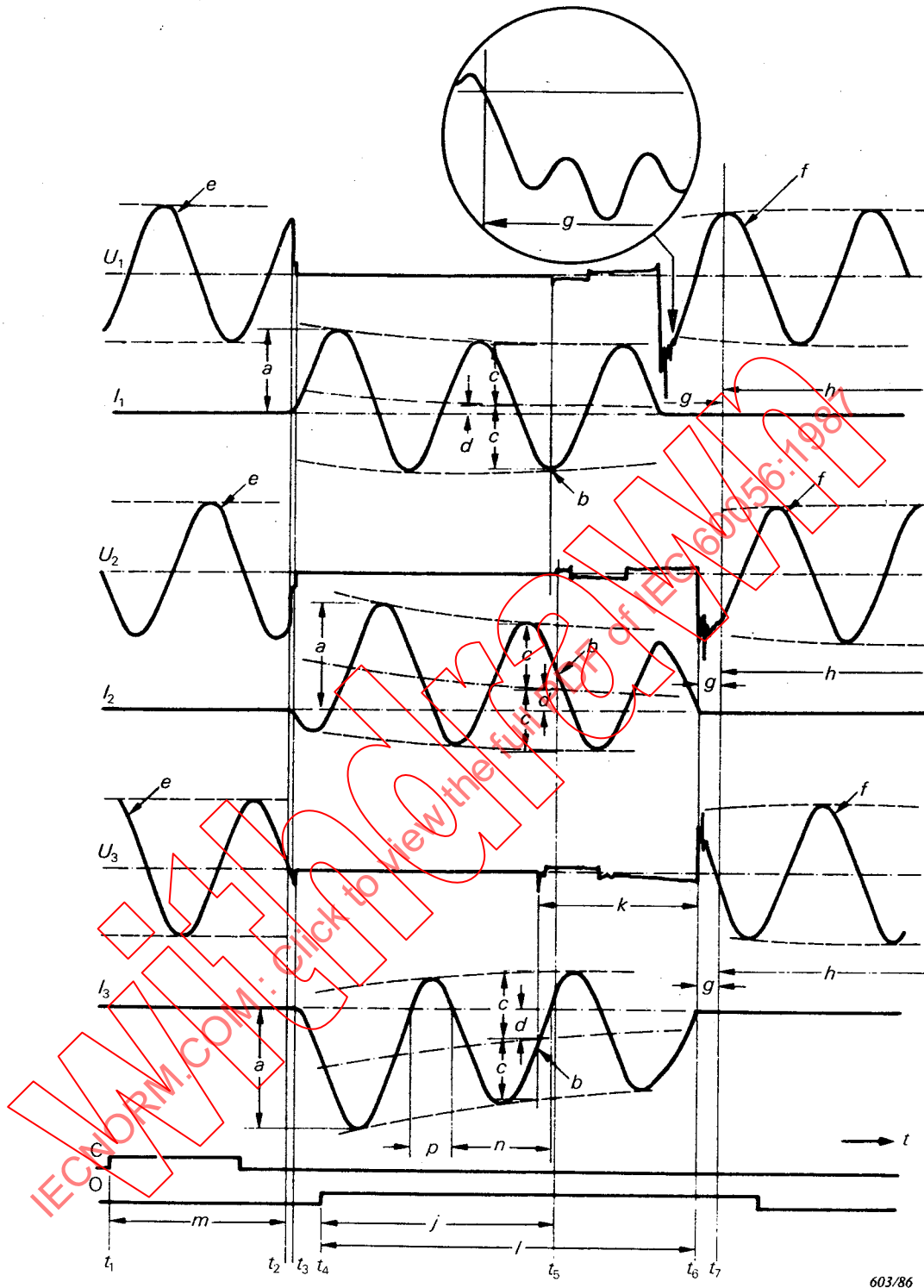


FIG. 1. — Oscillogramme type d'un cycle d'établissement-coupure en court-circuit triphasé.
Typical oscillogram of a three-phase short-circuit make-break cycle.

Légende de la figure 1 ci-contre:

Legend to Figure 1, opposite:

U_1	= tension entre les bornes du premier pôle qui coupe voltage across the terminals of the first pole to clear	a	= (valeur de crête du) courant établi (peak) making current
I_1	= courant dans le premier pôle qui coupe current in the first pole to clear	b	= courant coupé breaking current
U_2, U_3	= tension entre les bornes des deux autres pôles voltage across the terminals of the two other poles	c	= valeur de crête de la composante périodique peak value of the alternating component
I_2, I_3	= courant dans les deux autres pôles current in the two other poles	d	= composante apériodique direct current component
C	= commande de fermeture, par exemple tension aux bornes du circuit de fermeture closing command, e.g. voltage across the terminals of the closing circuit	e	= tension appliquée applied voltage
O	= commande d'ouverture, par exemple tension aux bornes du déclencheur d'ouverture opening command, e.g. voltage across the terminals of the opening release	f	= tension de rétablissement recovery voltage
t_1	= instant du début de la manœuvre de fermeture the instant of initiation of the closing operation	g	= tension transitoire de rétablissement transient recovery voltage (restriking voltage)
t_2	= instant où le courant commence à circuler dans le circuit principal the instant when the current begins to flow in the main circuit	h	= tension de rétablissement à fréquence industrielle power frequency recovery voltage
t_3	= instant où le courant est établi sur tous les pôles the instant when the current is established in all poles	j	= durée d'ouverture opening time
t_4	= instant de mise sous tension du déclencheur d'ouverture the instant of energizing the opening release	k	= durée d'arc arcing time
t_5	= instant de la séparation des contacts d'arc (ou de l'amorçage de l'arc) sur tous les pôles the instant when the arcing contacts have separated (or instant of initiation of the arc) in all poles	l	= durée de coupure break time
t_6	= instant de l'extinction finale de l'arc sur tous les pôles the instant of final arc extinction in all poles	m	= durée d'établissement make time
t_7	= instant de la disparition des phénomènes transitoires de tension dans le dernier pôle qui coupe the instant when the transient voltage phenomena have subsided in the last pole to clear	n	= grande alternance major loop
		p	= petite alternance minor loop

Notes concernant les figures 2 à 7 suivantes:

Notes to the following Figures 2 to 7:

Notes 1. — En pratique, il se produira une dispersion des durées entre les courses des contacts des trois pôles. Pour plus de clarté sur les figures, la course des contacts est indiquée avec une seule ligne pour les trois pôles.

In practice, there will be a time spread between the travel of the contacts of the three poles. For clarity the travel of the contacts in the figures is indicated with a single line for all three poles.

2. — En pratique, il se produira une dispersion entre le début ainsi qu'entre la fin de la circulation du courant dans les trois pôles. Pour plus de clarté sur les figures, le début ainsi que la fin de la circulation du courant sont indiqués avec une seule ligne pour les trois pôles.

In practice, there will be a time spread between both the start and end of current flow in the three poles. For clarity, both the start and end of current flow in the figures is indicated with a single line for all three poles.

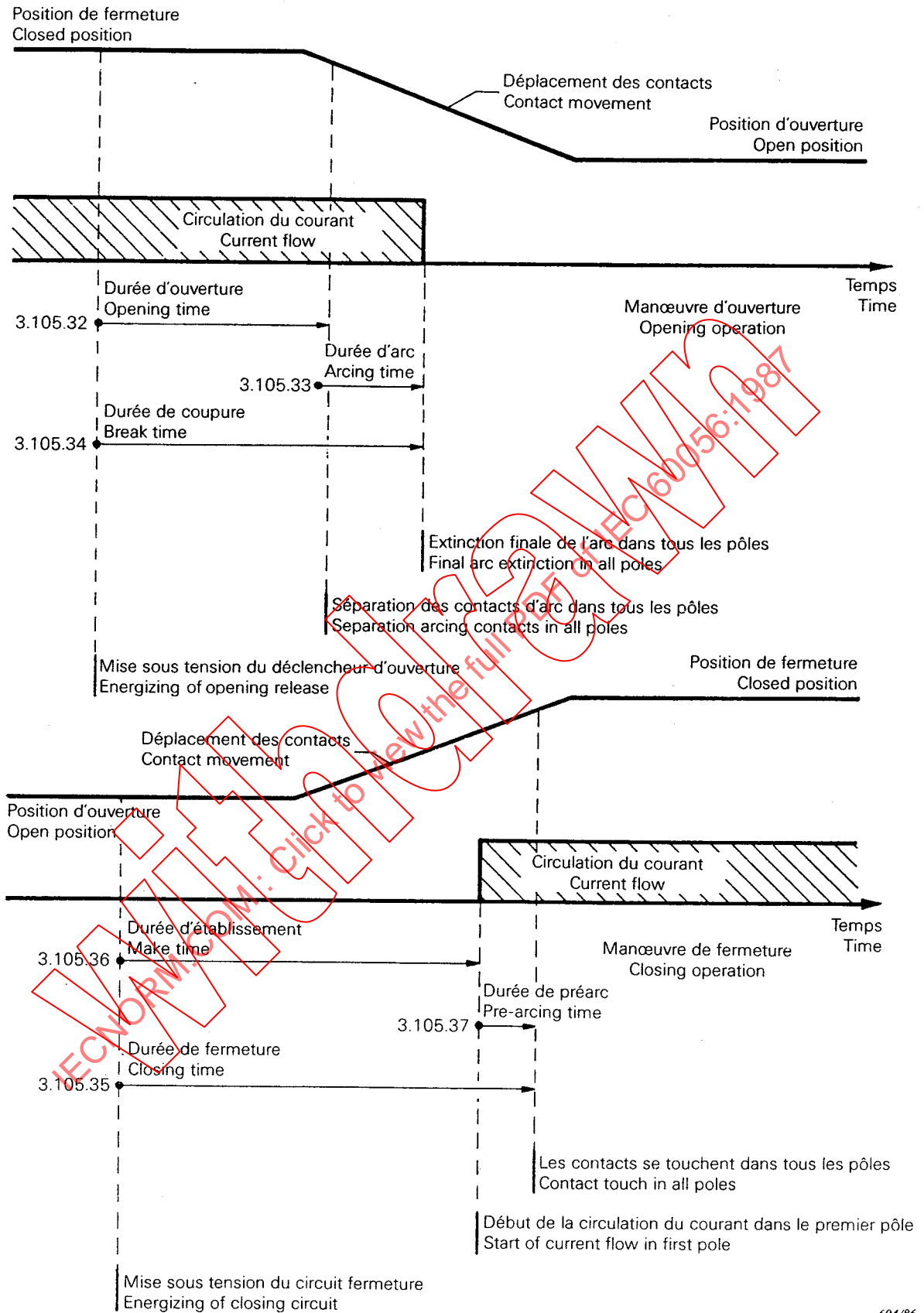
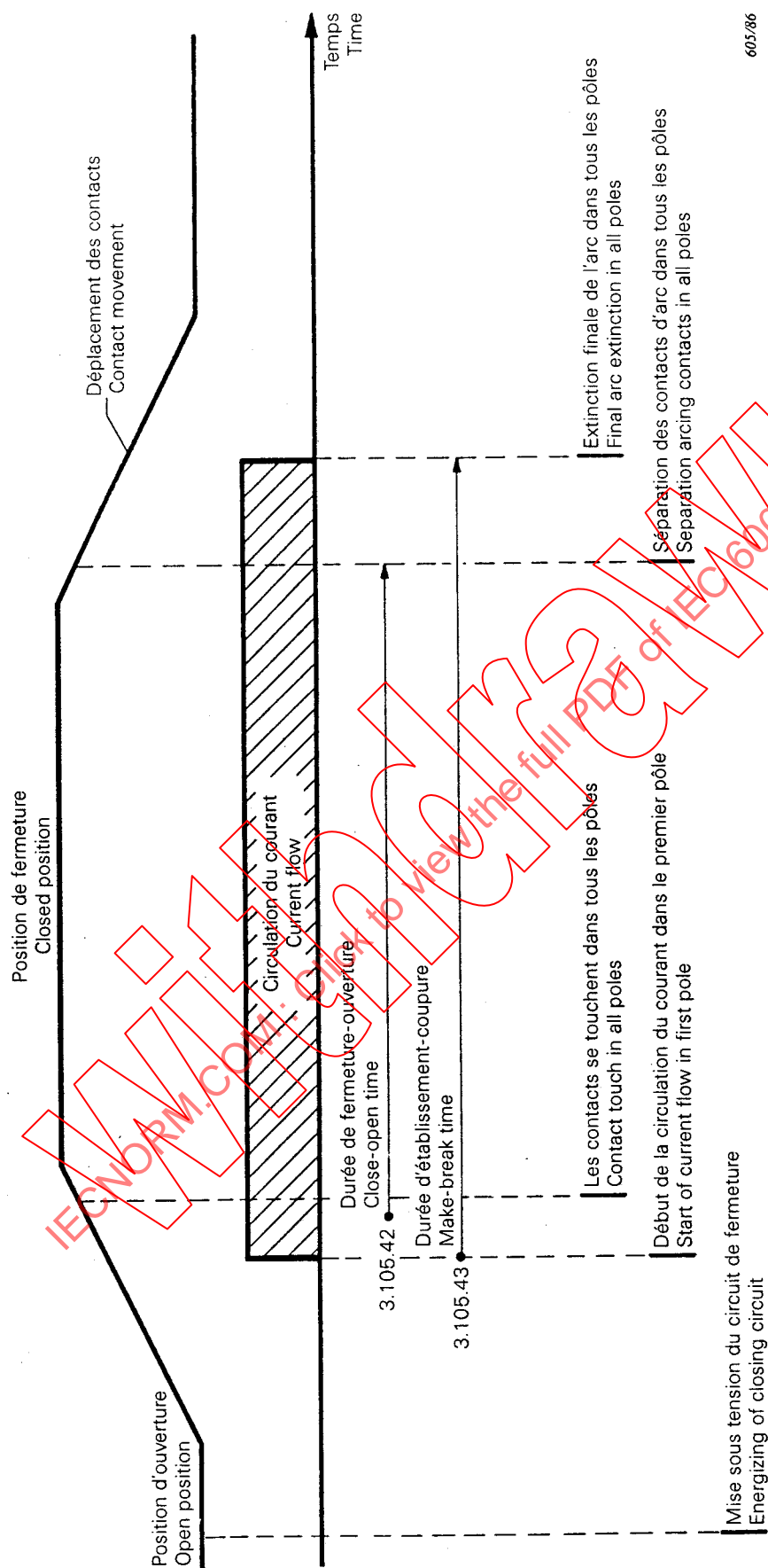


FIG. 2. — Disjoncteur sans résistance intercalaire. Manœuvres d'ouverture et de fermeture.
Circuit-breaker without switching resistors. Opening and closing operations.



605/86

FIG. 3. — Disjoncteur sans résistance intercalaire. Cycle de fermeture-ouverture.
Circuit-breaker without switching resistors. Close-open cycle.

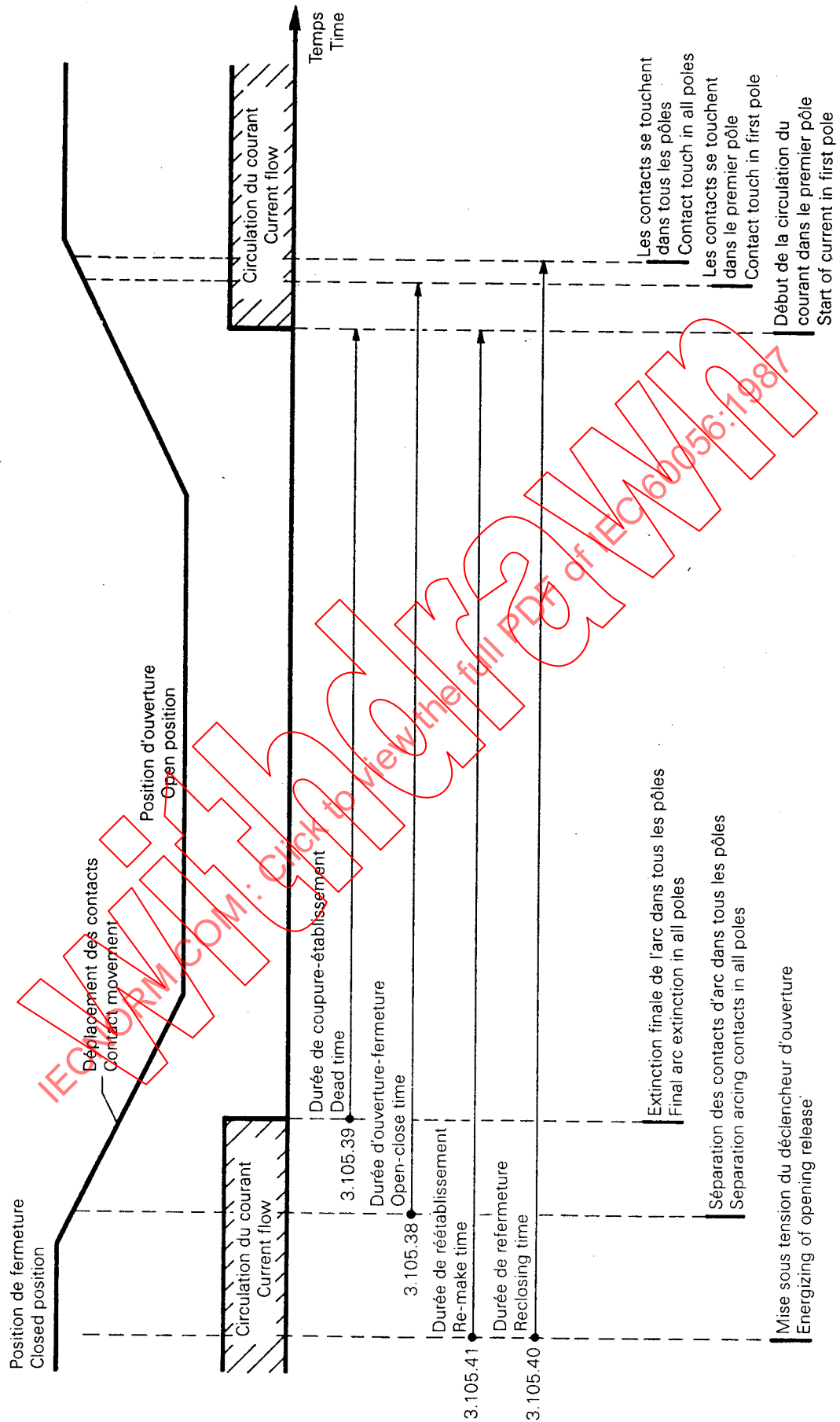
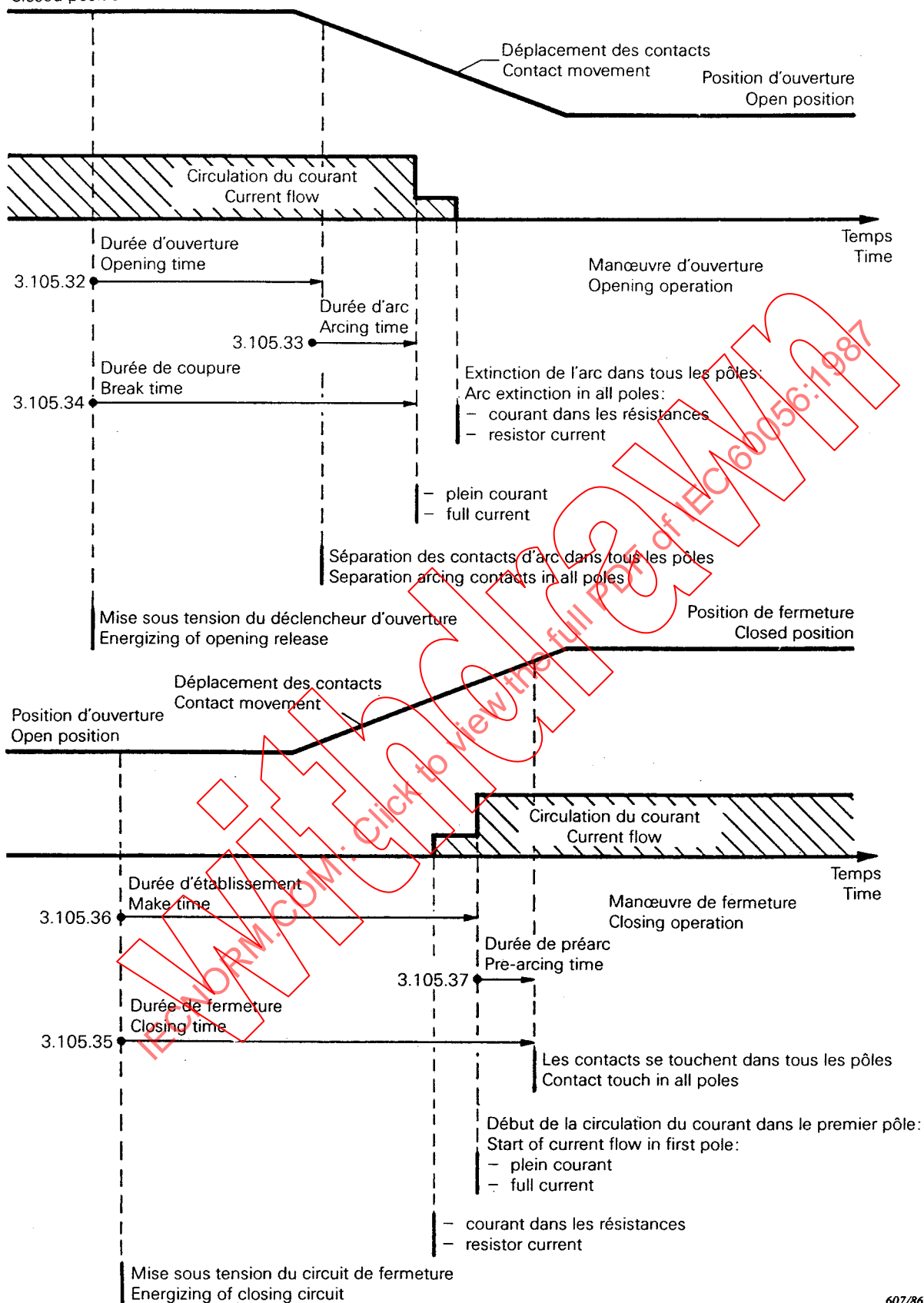


FIG. 4. — Disjoncteur sans résistance intercalaire. Refermeture (refermeture automatique).
Circuit-breaker without switching resistors. Reclosing (auto-reclosing).

Position de fermeture
Closed position



607/86

FIG. 5. — Disjoncteur avec résistances intercalaires. Manœuvres d'ouverture et de fermeture.
Circuit-breaker with switching resistors. Opening and closing operations.

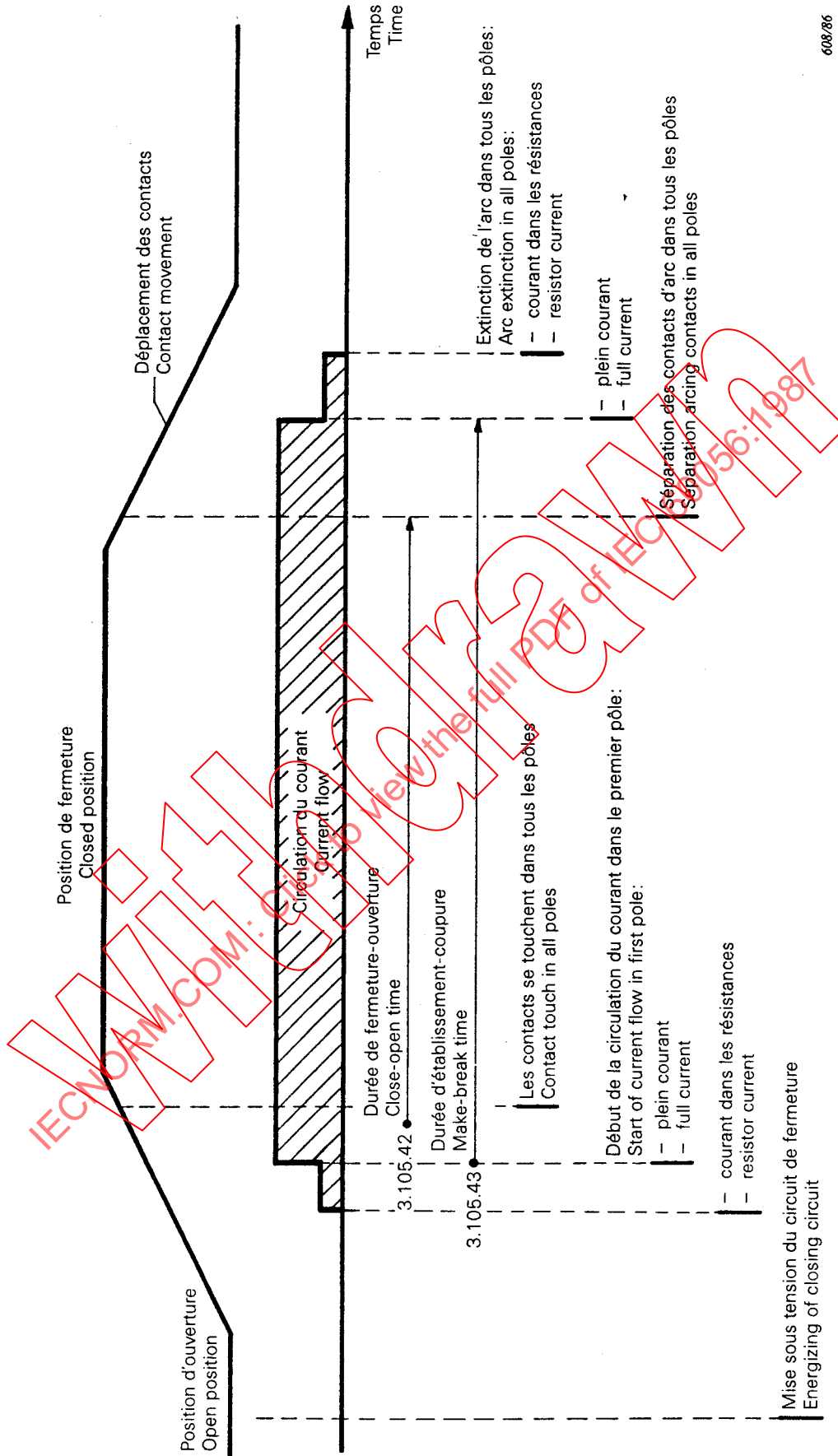


FIG. 6. — Disjoncteur avec résistances intercalaires. Cycle de fermeture-ouverture.
Circuit-breaker with switching resistors. Close-open cycle.

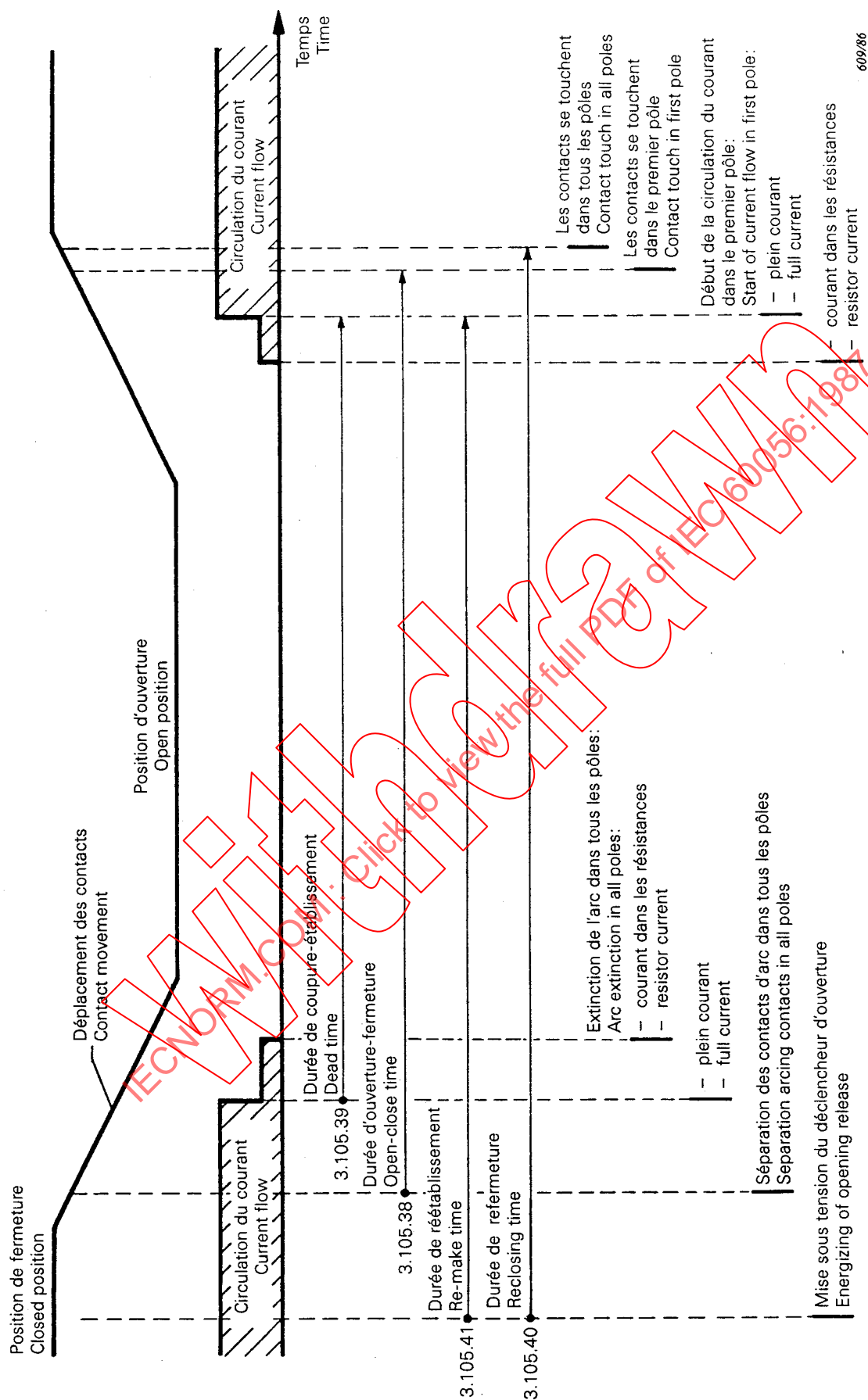
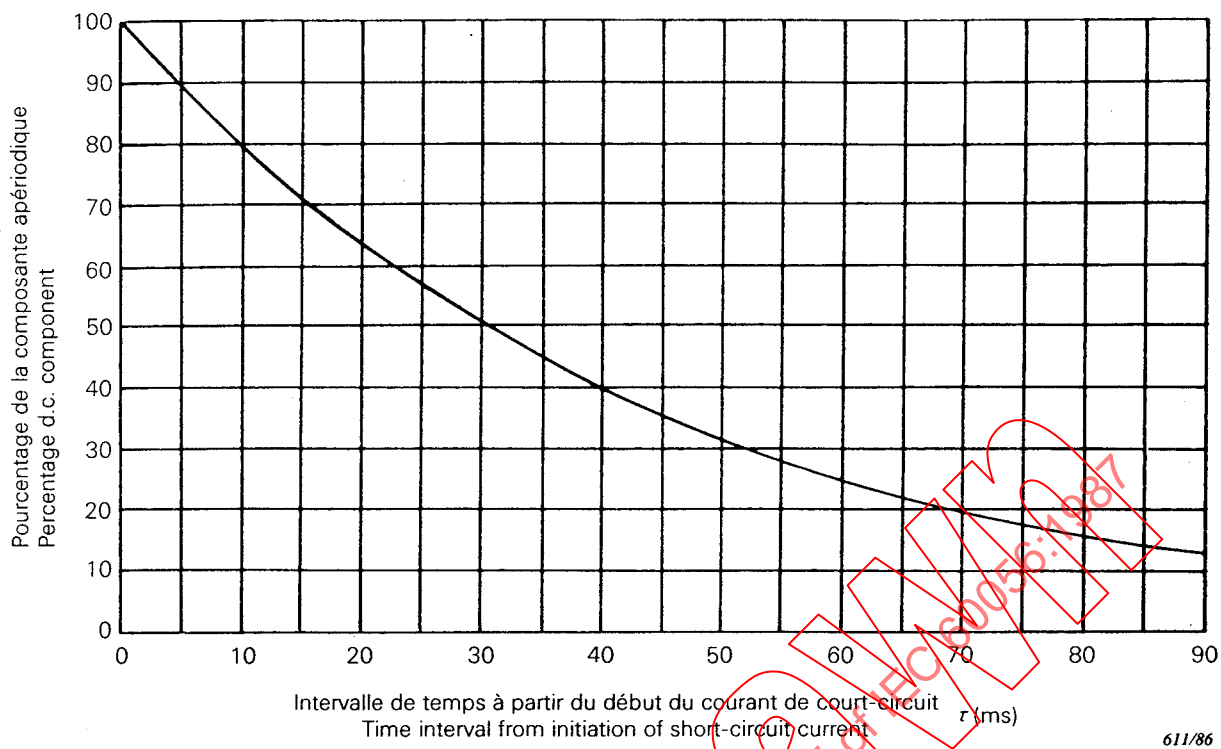


FIG. 7. — Disjoncteur avec résistances intercalaires. Réfermeture (refermeture automatique).
Circuit-breaker with switching resistors. Reclosing (auto-reclosing).

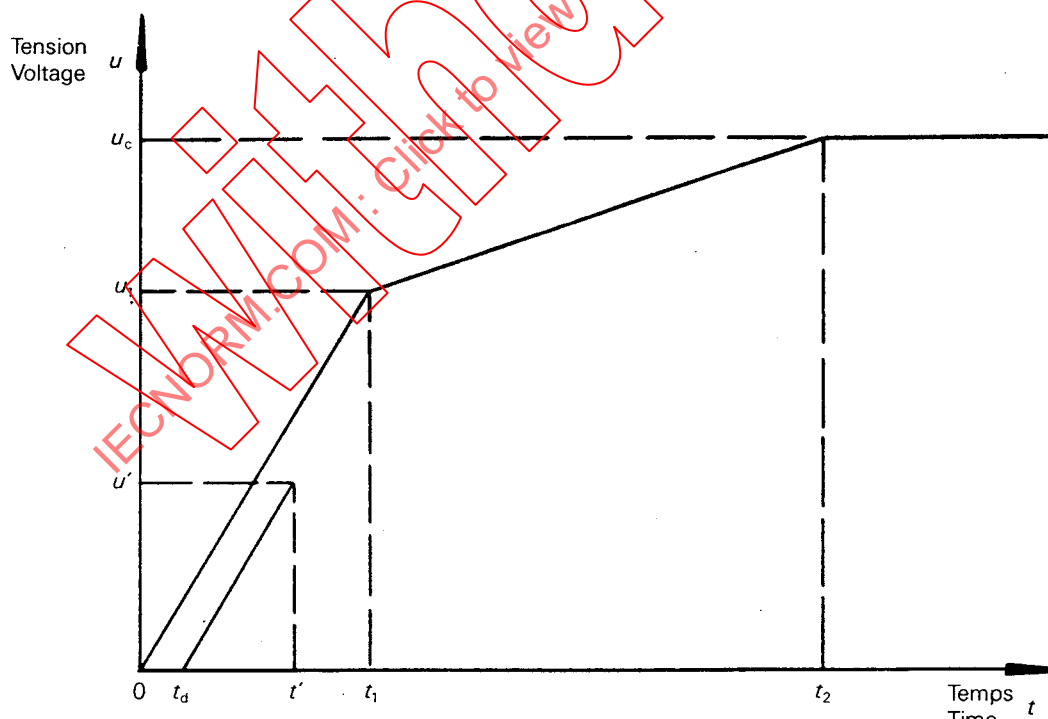


Determination of short-circuit making and breaking currents, and of percentage d.c. component.



611/86

FIG. 9. — Pourcentage de la composante aperiodique en fonction de l'intervalle de temps τ .
Percentage d.c. component in relation to time interval τ .



612/86

FIG. 10. — Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à quatre paramètres et par un segment de droite définissant un retard.
Representation of a specified TRV by a four-parameter reference line and a delay line.

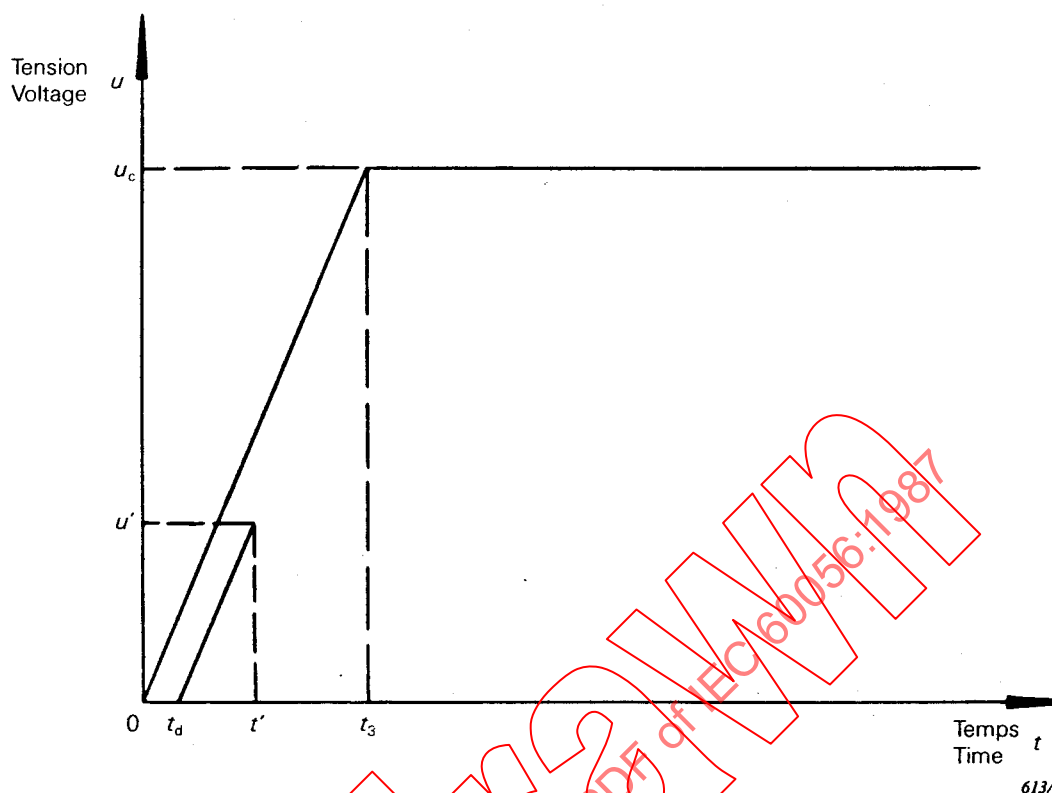
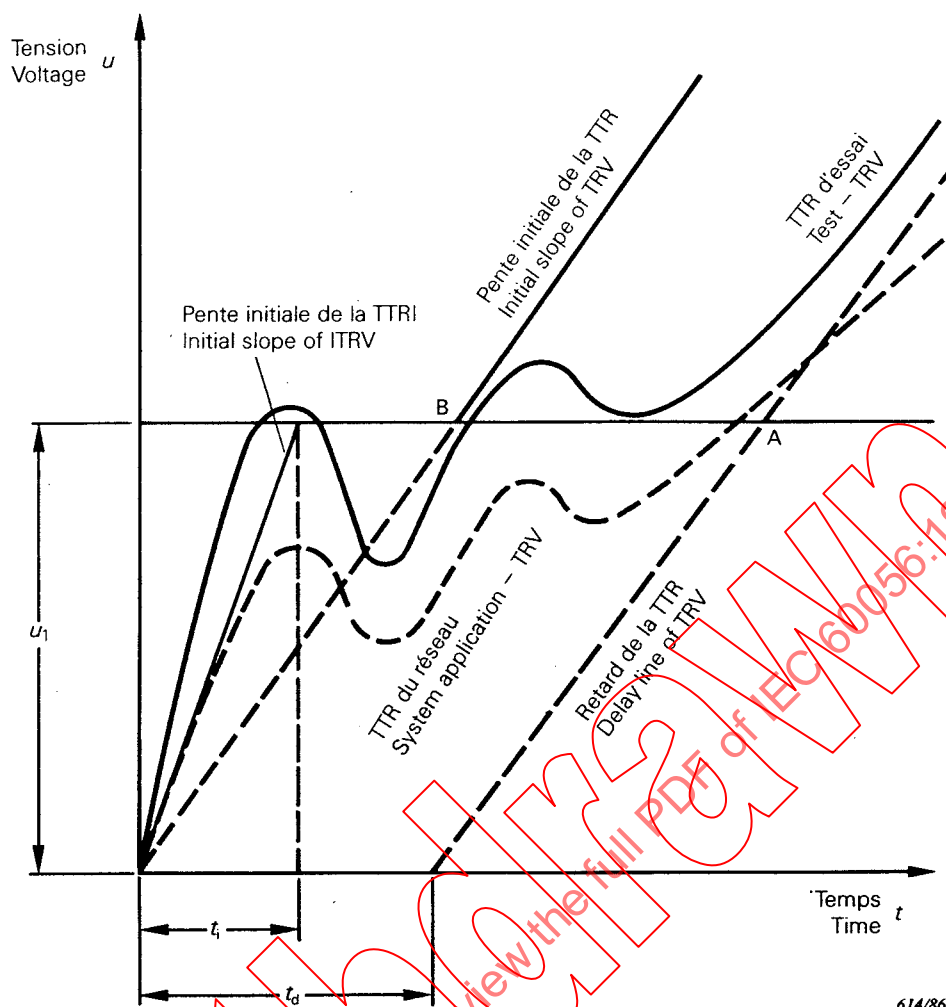


FIG. 11. — Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard.
Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line.



614/86

Note. — On a négligé un léger déplacement de la TTR à $t = 0$.

A = intersection de l'enveloppe de la TTRI avec la ligne de retard de la TTR

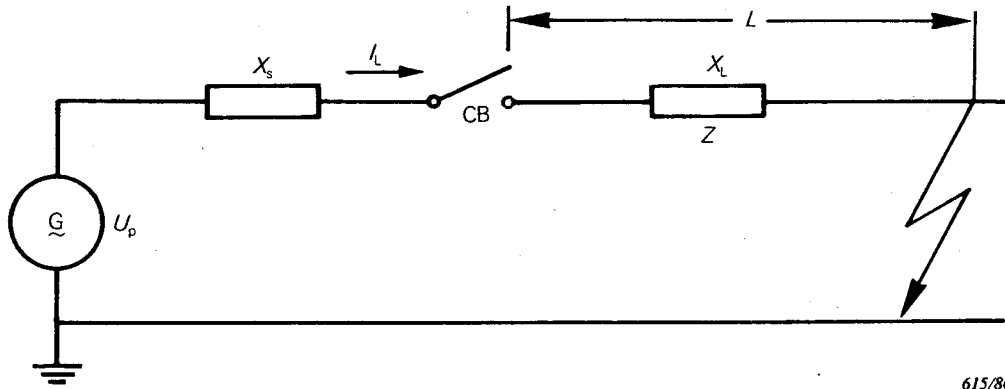
B = intersection de l'enveloppe de la TTRI avec l'enveloppe de la TTR

Note. — Slight displacement of TRV at $t = 0$ has been neglected.

A = intersection of ITRV envelope with TRV delay line

B = intersection of ITRV envelope with TRV envelope

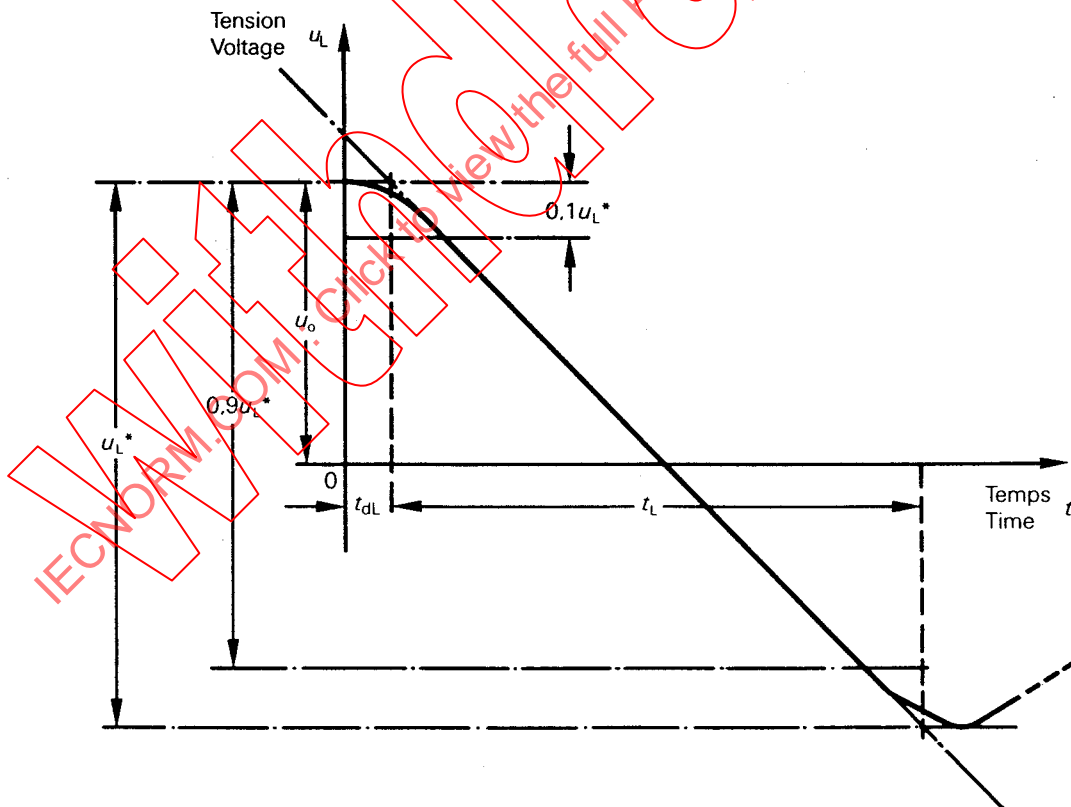
FIG. 12. — Représentation de la TTRI et de son rattachement à la TTR.
Representation of ITRV and its relationship to the TRV.



615/86

- | | | | |
|-------|---|-------|---|
| G | = source de puissance
source of power | X_s | = réactance du côté de la source
reactance on source side |
| U_p | = valeur de la tension phase/terre
voltage, phase-to-earth value | X_L | = réactance du côté de la ligne
reactance on line side |
| I_L | = courant de défaut proche en ligne
short-line fault current | Z | = impédance d'onde de la ligne
surge impedance of line |
| CB | = disjoncteur
circuit-breaker | L | = longueur de la ligne jusqu'au défaut
length of line to fault |

FIG. 13. — Schéma de circuit pour défaut proche en ligne.
Short-line fault circuit



616/86

FIG. 14. — Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard et une crête arrondie montrant la construction à effectuer pour obtenir les valeurs u_L^* , t_L et t_{dL} .
Example of a line-side transient voltage with time delay and rounded crest showing construction to derive the values u_L^* , t_L and t_{dL} .

— Page blanche —

— Blank page —

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60056:1987

CHAPITRE II: ESSAIS, CHOIX, COMMANDES ET INSTALLATION

6. Essais de type

L'article 6 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec les compléments suivants:

Les essais de type comportent également:

- les essais mécaniques et climatiques, comprenant les essais de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant, les essais à haute et basse températures, l'essai à l'humidité, l'essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace et l'essai avec des efforts statiques sur les bornes (voir paragraphe 6.101);
- les essais d'établissement et de coupure de courants de court-circuit comprenant les essais de défaut aux bornes, les essais de défaut proche en ligne et également les essais en discordance de phases (voir paragraphe 6.103 à 6.110);
- les essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs comprenant les essais de lignes à vide, de câbles à vide, de batterie unique de condensateurs et de batteries de condensateurs à gradins (voir paragraphe 6.111);
- les essais d'établissement et de coupure de faibles courants inductifs (voir paragraphe 6.112).

En principe, chaque essai de type doit être effectué sur un disjoncteur à l'état neuf et propre et les divers essais de type peuvent être effectués à des époques différentes et en des lieux différents.

Lorsque des essais sont effectués sur un disjoncteur dont le compte rendu des essais de type a déjà été accepté, la responsabilité du constructeur est limitée aux valeurs spécifiées et non aux résultats obtenus au cours des essais de type effectués antérieurement.

Les détails relatifs aux enregistrements et aux comptes rendus des essais de type concernant le fonctionnement en fermeture, coupure et passage de courant de courte durée sont donnés dans l'annexe CC.

6.1 Essais diélectriques

6.1.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.1.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.1.2 Modalité des essais sous pluie

Le paragraphe 6.1.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Note. — Pour les disjoncteurs à cuve mise à la terre, voir la note 1 du paragraphe 6.1.7.

6.1.3 Etat du disjoncteur pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.1.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.1.4 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.1.4 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.1.5 Tensions d'essai

Le paragraphe 6.1.5 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

CHAPTER II: TESTS, SELECTION, ORDERS AND INSTALLATION

6. Type tests

Clause 6 of IEC Publication 694 is applicable with the following additions:

The type tests also include:

- mechanical and environmental tests, including mechanical operation test at ambient air temperature, low and high temperature tests, humidity test, test to prove operation under severe ice conditions and static terminal load test (see Sub-clause 6.101);
- short-circuit current making and breaking tests including terminal fault tests, short-line fault test, and also out-of-phase test (see Sub-clauses 6.103 to 6.110);
- capacitive current switching tests, including line-charging, cable-charging, single capacitor bank and back-to-back capacitor bank tests (see Sub-clause 6.111);
- magnetizing and small inductive current switching tests (see Sub-clause 6.112).

In principle, the individual type tests shall be made on a circuit-breaker in a new and clean condition, and the various type tests may be made at different times and at different locations.

Where tests are made on a circuit-breaker whose report of type tests has already been accepted, the responsibility of the manufacturer is limited by the specified values and not by the result obtained during the type tests previously made.

Details relating to records and reports of type tests for making, breaking and short-time current performance are given in Appendix CC.

6.1 Dielectric tests

6.1.1 Ambient air conditions during tests

Sub-clause 6.1.1 of IEC Publication 694 is applicable.

6.1.2 Wet test procedure

Sub-clause 6.1.2 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

Note. — For dead tank circuit-breakers, see Note 1 of Sub-clause 6.1.7.

6.1.3 Condition of circuit-breaker during dielectric tests

Sub-clause 6.1.3 of IEC Publication 694 is applicable.

6.1.4 Application of test voltage and test conditions

Sub-clause 6.1.4 of IEC Publication 694 is applicable.

6.1.5 Test voltages

Sub-clause 6.1.5 of IEC Publication 694 is applicable.

6.1.6 Essais de tension de choc de foudre et de choc de manœuvre

Le paragraphe 6.1.6 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

a) Essais de tension de choc de foudre

Pour les tensions assignées jusqu'à 245 kV, on peut demander une tension d'essai plus élevée pour l'essai de l'isolation entre bornes du disjoncteur en position d'ouverture, lorsqu'on a choisi les valeurs inférieures des tensions de tenue assignées aux chocs de foudre parmi celles du paragraphe 4.2.

Dans ces conditions:

- pour les tensions assignées comprises entre 100 kV et 245 kV, la tension d'essai doit être une des tensions de tenue assignées aux chocs de foudre figurant dans le paragraphe 4.2 et correspondant à la tension assignée du disjoncteur, après accord entre constructeur et utilisateur;
- pour les tensions assignées inférieures ou égales à 72,5 kV, la valeur de la tension d'essai doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Avec l'accord du constructeur, on peut éviter l'utilisation d'une source de tension à fréquence industrielle pour les essais en position d'ouverture du disjoncteur de tension assignée égale ou supérieure à 300 kV. On doit alors effectuer les deux séries d'essais suivantes:

- la première série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à une tension égale à la somme de la tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_w et de la valeur de crête de la tension $0,7 U\sqrt{2} / \sqrt{3}$, la borne opposée étant mise à la terre. Les autres bornes, la borne à laquelle la tension est appliquée et le châssis, peuvent être isolés de façon à éviter des décharges disruptives à la terre;
- la seconde série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à la tension de tenue assignée U_w . Les autres bornes et le châssis doivent être mis à la terre.

En général, on estime que cet essai est plus sévère que celui qui est exécuté en suivant la méthode d'essai spécifiée.

Note. — Pour des tensions assignées supérieures à 420 kV, cette procédure d'essais peut ne pas être appropriée. Pour ces tensions, d'autres méthodes d'essais sont à l'étude au Comité d'Etudes n° 42 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

b) Essais de tension de choc de manœuvre

Pour les disjoncteurs pour l'extérieur, les essais à sec sont effectués seulement à la polarité positive.

Le disjoncteur étant en position de fermeture, on applique une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée par rapport à la terre, pour chaque condition d'essai du tableau VIII du paragraphe 6.1.4 de la Publication 694 de la CEI.

Le disjoncteur étant en position d'ouverture, on doit effectuer deux séries d'essais:

- la première série d'essais à une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée par rapport à la terre, pour chaque condition d'essai du tableau VIII de la Publication 694 de la CEI;
- la seconde série d'essais avec une procédure dépendant de l'application prévue du disjoncteur, voir le paragraphe 4.2.3.

Pour les disjoncteurs prévus pour des applications normales, la seconde série d'essais est effectuée avec une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée entre bornes (Publication 694 de la CEI, paragraphe 4.2.3, tableau IV, colonne (5)), pour chaque condition d'essai du tableau VIII de la Publication 694 de la CEI.

Comme, dans ce cas, la tension appliquée peut être supérieure à la tension de tenue assignée par rapport à la terre, il est permis d'isoler la borne à laquelle la tension est appliquée, les bornes des autres pôles et le châssis, en vue d'éviter des décharges disruptives à la terre.

6.1.6 *Lightning and switching impulse voltage tests*

Sub-clause 6.1.6 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

a) *Lightning impulse voltage tests*

For rated voltages up to 245 kV and when the lower rated lightning impulse withstand voltages are chosen according to Sub-clause 4.2, a higher test voltage when testing the insulation across the open breaker may be required.

In these cases:

- for rated voltages from 100 kV to 245 kV, the test voltage shall be one of the rated lightning impulse withstand voltages according to Sub-clause 4.2 corresponding to the rated voltage of the circuit-breaker, subject to agreement between manufacturer and user;
- for rated voltages up to and including 72.5 kV, the test voltage shall be subject to agreement between manufacturer and user.

Subject to the manufacturer's approval, for circuit-breakers of rated voltage greater than or equal to 300 kV, tests with the circuit-breaker open may be performed avoiding the use of the power-frequency voltage source. In this case, two test series shall be performed:

- the first test series consists of the application, to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at a voltage equal to the sum of the rated lightning impulse withstand voltage U_w and the value $0.7 U\sqrt{2} / \sqrt{3}$ (peak value), the opposite terminal being earthed. The other terminals, the terminal to which the voltage is applied and the base, may be insulated in such a way as to prevent disruptive discharges to earth;
- the second test series consists of the application, to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage U_w . The other terminals and the base shall be earthed.

In general, this test is deemed to be more severe than that following the specified test procedure.

Note. — For rated voltages above 420 kV, this test procedure may not be appropriate. For these voltages other test methods are under consideration by IEC Technical Committee No. 42: High-voltage Testing Techniques.

b) *Switching impulse voltage tests*

For outdoor circuit-breakers dry tests shall be performed using voltage of positive polarity only.

With the circuit-breaker closed, the test voltage equal to the rated withstand voltage to earth shall be applied for each test condition of Table VIII of Sub-clause 6.1.4 in IEC Publication 694.

With the circuit-breaker open, two test series shall be performed:

- the first test series with a test voltage equal to the rated withstand voltage to earth for each test condition of Table VIII of IEC Publication 694;
- the second test series with a test procedure depending upon the intended application of the circuit-breaker, see Sub-clause 4.2.3.

For circuit-breakers intended for standard applications, the second test series is performed with a test voltage equal to the rated withstand voltage across the open circuit-breaker (IEC Publication 694, Sub-clause 4.2.3, Table IV, column (5)) for each test condition of Table VIII of IEC Publication 694.

Since in this case the applied voltage may be higher than the rated withstand voltage to earth, it is admissible to insulate the terminal to which the voltage is applied, the terminals of the other poles and the base in order to prevent disruptive discharges to earth.

En variante, pour les disjoncteurs prévus pour des applications spéciales, la seconde série d'essais est effectuée avec des tensions d'essai suivant la colonne (6) du tableau IV de la Publication 694 de la CEI. Pour chaque condition d'essai du tableau X du paragraphe 6.1.4 de la Publication 694 de la CEI, on applique sur une borne la tension de choc de manœuvre et, sur la borne opposée, la tension à fréquence industrielle.

Avec l'accord du constructeur, on peut éviter l'utilisation d'une source de tension à fréquence industrielle pour cet essai:

Cette série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne des chocs à une tension égale à la somme de la tension de choc de manœuvre et de la valeur de crête de la tension $U\sqrt{2}/\sqrt{3}$ suivant la colonne (6) du tableau IV de la Publication 694 de la CEI, la borne opposée étant mise à la terre. Les autres bornes, la borne à laquelle la tension est appliquée et le châssis peuvent être isolés de façon à éviter des décharges disruptives à la terre.

En général, on estime que cet essai est plus sévère que celui effectué selon la méthode d'essai spécifiée.

Note. — Pour des tensions assignées supérieures à 420 kV, cette procédure d'essais peut ne pas être appropriée. Pour ces tensions, d'autres méthodes d'essais sont à l'étude au Comité d'Etudes n° 42 de la CEI.

6.1.7 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.1.7 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec les compléments suivants:

a) Pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure à 300 kV

Si une décharge disruptive se produit lors de l'essai sous pluie sur l'isolation externe autorégénératrice, cet essai doit être répété dans les mêmes conditions d'essai et on doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas d'autre décharge disruptive.

Note. — Pour les disjoncteurs à cuve mise à la terre, les essais sous pluie peuvent être supprimés si les traversées ont été essayées antérieurement conformément à la publication particulière de la CEI.

b) Pour les disjoncteurs de tension assignée égale ou supérieure à 300 kV

Le disjoncteur étant en position d'ouverture, pour chaque condition d'essai (voir tableau IX du paragraphe 6.1.4 de la Publication 694 de la CEI), la tension d'essai doit être appliquée simultanément aux deux bornes de chaque pôle, en utilisant deux sources de tension différentes déphasées en vue d'obtenir aux bornes du disjoncteur ouvert une tension égale à $2,5 U/\sqrt{3}$. Aucune des valeurs de tension appliquée à l'une des bornes ne doit être supérieure à U . Les valeurs de la tension totale aux bornes du disjoncteur ouvert sont indiquées dans le tableau IV de la Publication 694 de la CEI.

Avec l'accord du constructeur, les essais en position d'ouverture du disjoncteur peuvent être effectués en utilisant une seule source de tension. Dans ce cas, on applique successivement une tension égale à $2,5 U/\sqrt{3}$ pendant 1 min à chacune des bornes de chaque pôle, la borne opposée et toutes les parties normalement sous tension des autres pôles étant mises à la terre.

Pour cet essai, il est permis d'isoler de la terre le châssis du disjoncteur.

Cet essai est plus sévère que celui effectué selon la méthode d'essai spécifiée.

Note. — Pour des applications spéciales, la valeur de la tension d'essai $2,5 U/\sqrt{3}$ pour l'essai de l'isolation entre bornes du disjoncteur en position d'ouverture peut être insuffisante. Dans ce cas, après accord entre constructeur et utilisateur, on peut utiliser des tensions d'essai plus élevées.

6.1.8 Essais de pollution artificielle

Le paragraphe 6.1.8 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Notes 1. — Des essais appropriés au contrôle de l'isolation du disjoncteur en position d'ouverture sont à l'étude.

As an alternative, for circuit-breakers intended for special applications, the second test series shall be performed with test voltages according to column (6) of Table IV in IEC Publication 694. For each test condition of Table X of Sub-clause 6.1.4 in IEC Publication 694, one terminal shall be energized with switching impulse voltage and the opposite terminal with power frequency voltage.

Subject to the manufacturer's approval this test can be performed avoiding the use of the power-frequency voltage source.

This test series consists of the application, to each terminal in turn, of impulses at a voltage equal to the sum of the switching impulse voltage and the value $U\sqrt{2}/\sqrt{3}$ (peak value), from column (6) of Table IV in IEC Publication 694, the opposite terminal being earthed. The other terminals, the terminal to which the voltage is applied and the base, may be insulated in such a way as to prevent disruptive discharges to earth.

In general, this test is deemed to be more severe than that following the specified test procedure.

Note. — For rated voltages above 420 kV, this test procedure may not be appropriate. For these voltages other test methods are under consideration by IEC Technical Committee No. 42.

6.1.7 Power-frequency voltage tests

Sub-clause 6.1.7 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

a) For circuit-breakers having a rated voltage lower than 300 kV

If during a wet test a disruptive discharge on external self-restoring insulation occurs, this test shall be repeated in the same test condition and the circuit-breaker shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

Note. — In the case of dead tank circuit-breakers, when the bushings have been previously tested according to the relevant IEC Publication, tests under wet conditions can be omitted.

b) For circuit-breakers having a rated voltage 300 kV and above

With the circuit-breaker open, for each test condition (see Table IX of Sub-clause 6.1.4 in IEC Publication 694), the test voltage shall be applied simultaneously to the two terminals of each pole, using two different voltage sources in out-of-phase conditions, in order to obtain across the open breaker a voltage equal to $2.5 U/\sqrt{3}$. Neither of the two voltage values applied to one terminal shall be higher than U . Total voltage values across the open breaker are given in Table IV of IEC Publication 694.

With the circuit-breaker open, subject to agreement with the manufacturer, tests may be performed using one single voltage source. In this case, a voltage equal to $2.5 U/\sqrt{3}$ shall be applied for 1 min to each terminal of each pole in turn the opposite terminal and all normally live parts of other poles being earthed.

For this test it is admissible to insulate the base of the circuit-breaker from earth.

This test is more severe than that following the specified test procedure.

Note. — For special applications, the test voltage value of $2.5 U/\sqrt{3}$, when testing the insulation across the open circuit-breaker, may be insufficient. In such cases higher test values may be used, subject to agreement between manufacturer and user.

6.1.8 Artificial pollution tests

Sub-clause 6.1.8 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

Notes 1. — Appropriate tests for checking the open breaker insulation are under consideration.

2. — Afin d'éviter de monter des disjoncteurs de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, on peut, dans le cas de disjoncteurs de construction modulaire, effectuer les essais sur un seul module. Toutefois, dans cette hypothèse, la sévérité de l'essai est différente de celle de l'essai du pôle complet.

6.1.9 *Essais de décharges partielles*

Le paragraphe 6.1.9 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

La réalisation d'essais de décharges partielles sur le disjoncteur complet n'est pas demandée. Toutefois, pour les disjoncteurs comportant des éléments auxquels s'applique une publication particulière de la CEI prévoyant des mesurages de décharges partielles (par exemple les traversées, voir Publication 137 de la CEI: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V), le constructeur doit prouver que ces éléments ont satisfait aux essais de décharges partielles prévus par la publication particulière de la CEI.

6.1.10 *Essais des circuits auxiliaires et de commande*

Le paragraphe 6.1.10 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.2 *Essais de tension de perturbation radioélectrique*

Les essais de tension de perturbation radioélectrique doivent être effectués par accord entre constructeur et utilisateur. Le paragraphe 6.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Les essais peuvent être effectués sur un pôle du disjoncteur dans les deux positions de fermeture et d'ouverture.

6.3 *Essais d'échauffement*

6.3.1 *Etat du disjoncteur en essai*

Le paragraphe 6.3.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.3.2 *Disposition de l'appareil*

Le paragraphe 6.3.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Dans le cas d'un disjoncteur non muni d'accessoires branchés en série, l'essai doit être effectué avec le courant assigné en service continu du disjoncteur.

Dans le cas d'un disjoncteur muni d'accessoires branchés en série possédant une gamme de courants assignés en service continu, il doit être procédé aux essais suivants:

- a) un essai sur le disjoncteur muni de l'accessoire ayant un courant assigné en service continu égal à celui du disjoncteur, et effectué au courant assigné en service continu du disjoncteur;
- b) une série d'essais sur le disjoncteur muni des accessoires prévus, et effectués avec des courants égaux au courant assigné en service continu de chaque accessoire.

Note. — Si les accessoires peuvent être séparés du disjoncteur et s'il est évident que leurs échauffements respectifs sont sans influence mutuelle appréciable, l'essai b) peut être remplacé par une série d'essais sur les accessoires seuls.

6.3.3 *Mesurage de la température et de l'échauffement*

Le paragraphe 6.3.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.3.4 *Température de l'air ambiant*

Le paragraphe 6.3.4 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

2. — To obviate the necessity of erecting large circuit-breakers for test purposes alone, in the case of circuit-breakers of modular construction one single module may be tested. In this case, however, the test severity is different from that of the test of the complete pole.

6.1.9 *Partial discharge tests*

Sub-clause 6.1.9 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

No partial discharge tests are required to be performed on the complete circuit-breaker. However, in the case of circuit-breakers using components for which a relevant IEC Publication exists including partial discharge measurements (e.g. bushings, see IEC Publication 137: Bushings for Alternating Voltages Above 1 000 V), evidence shall be produced by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as laid down in the relevant IEC Publication.

6.1.10 *Tests on auxiliary and control circuits*

Sub-clause 6.1.10 of IEC Publication 694 is applicable.

6.2 *Radio interference voltage (r.i.v.) tests*

Radio interference voltage tests shall be performed by agreement between manufacturer and user. Sub-clause 6.2 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

Tests may be performed on one pole of the circuit-breaker in both closed and open positions.

6.3 *Temperature-rise tests*

6.3.1 *Conditions of the circuit-breaker to be tested*

Sub-clause 6.3.1 of IEC Publication 694 is applicable.

6.3.2 *Arrangement of the equipment*

Sub-clause 6.3.2 of IEC Publication 694 is applicable with the following additions:

For a circuit-breaker not fitted with series connected accessories, the test shall be made with the rated normal current of the circuit-breaker.

For a circuit-breaker fitted with series connected accessories having a range of rated normal currents, the following tests shall be made:

- a) a test of the circuit-breaker fitted with the series connected accessory having a rated normal current equal to that of the circuit-breaker, and made at the rated normal current of the circuit-breaker;
- b) a series of tests of the circuit-breaker fitted with the intended accessories, and made with currents equal to the rated normal current of each accessory.

Note. — If the accessories can be removed from the circuit-breaker, and if it is evident that the temperature rise of the circuit-breaker and of the accessories do not appreciably influence each other, Test b) above may be replaced by a series of tests on the accessories alone.

6.3.3 *Measurement of the temperature and the temperature rise*

Sub-clause 6.3.3 of IEC Publication 694 is applicable.

6.3.4 *Ambient air temperature*

Sub-clause 6.3.4 of IEC Publication 694 is applicable.

6.3.5 *Essais d'échauffement des équipements auxiliaires*

Le paragraphe 6.3.5 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.3.6 *Interprétation des essais d'échauffement*

Le paragraphe 6.3.6 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.4 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

Le paragraphe 6.4 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.5 *Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles*

Le paragraphe 6.5 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.5.1 *Disposition du disjoncteur et du circuit d'essai*

Le paragraphe 6.5.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Si le disjoncteur est équipé de déclencheurs directs à maximum de courant, ceux-ci doivent être munis pour l'essai de la bobine correspondant au courant de fonctionnement minimal et réglés pour fonctionner au courant maximal et avec le retard maximal; la bobine doit être reliée au côté source du circuit d'essai. Si le disjoncteur peut être utilisé sans déclencheurs directs à maximum de courant, il doit également être essayé sans eux.

6.5.2 *Valeurs du courant d'essai et de sa durée*

Le paragraphe 6.5.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs directs à maximum de courant, c'est la séquence de manœuvres assignée, limitée aux seules manœuvres d'ouverture, qui doit être effectuée. La moyenne des valeurs efficaces des composantes périodiques du courant coupé pour l'ensemble des phases et des manœuvres doit être considérée comme étant la valeur efficace du courant de courte durée admissible bien qu'il soit possible d'utiliser des valeurs de courant présumé lorsque l'essai est effectué à la tension assignée.

6.5.3 *Comportement du disjoncteur au cours de l'essai*

Le paragraphe 6.5.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

6.5.4 *Etat du disjoncteur après l'essai*

Le paragraphe 6.5.4 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

L'état des disjoncteurs équipés de déclencheurs directs à maximum de courant doit être conforme aux indications du paragraphe 6.102.8.

6.101 *Essais mécaniques et climatiques*

6.101.1 *Dispositions diverses pour les essais mécaniques et climatiques*

6.101.1.1 *Essais de composants*

Lorsque l'essai du disjoncteur complet n'est pas possible, des essais de composants peuvent être acceptés comme essais de type. Il convient que le constructeur détermine les composants à soumettre aux essais.

6.3.5 *Temperature-rise tests of the auxiliary equipment*

Sub-clause 6.3.5 of IEC Publication 694 is applicable.

6.3.6 *Interpretation of the temperature-rise tests*

Sub-clause 6.3.6 of IEC Publication 694 is applicable.

6.4 *Measurement of the resistance of the main circuit*

Sub-clause 6.4 of IEC Publication 694 is applicable.

6.5 *Short-time withstand current and peak withstand current tests*

Sub-clause 6.5 of IEC Publication 694 is applicable.

6.5.1 *Arrangement of the circuit-breaker and of the test circuit*

Sub-clause 6.5.1 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

If the circuit-breaker is fitted with direct over-current releases, these shall be arranged for test with the coil of the minimum operating current set to operate at the maximum current and maximum time delay; the coil shall be connected to the source side of the test circuit. If the circuit-breaker can be used without direct over-current releases, it shall also be tested without it.

6.5.2 *Test current and duration*

Sub-clause 6.5.2 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

For circuit-breakers fitted with direct over-current releases, the rated operating sequence confined to opening operations only shall be performed. The average of the r.m.s. values of the a.c. components of the breaking current in all phases and operations shall be considered as the r.m.s. value of the short-time current except that where the test is made at rated voltage, prospective current values may be used.

6.5.3 *Behaviour of circuit-breaker during test*

Sub-clause 6.5.3 of IEC Publication 694 is applicable.

6.5.4 *Conditions of circuit-breaker after test*

Sub-clause 6.5.4 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The condition of circuit-breakers fitted with direct over-current releases shall comply with Sub-clause 6.102.8.

6.101 *Mechanical and environmental tests*

6.101.1 *Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests*

6.101.1.1 *Component tests*

When testing of a complete circuit-breaker is not practicable, component tests may be accepted as type tests. The manufacturer should determine the components which are suitable for testing.

Les composants sont des sous-ensembles fonctionnels séparés qui peuvent être manœuvrés indépendamment du disjoncteur complet (par exemple: pôle, unité de coupure, organe de manœuvre).

Lors des essais de composants, le constructeur doit apporter la preuve que la contrainte exercée sur le composant pendant les essais n'est pas inférieure à celle que subit le même composant lors de l'essai du disjoncteur complet. Les essais de composants doivent couvrir les différents types de composants du disjoncteur complet, à condition qu'ils soient applicables auxdits composants. Les conditions des essais de type doivent être tirées des conditions de service normales ou particulières et des caractéristiques assignées du disjoncteur.

Les pièces des équipements auxiliaires et des équipements de commande, fabriquées en conformité avec des normes particulières, satisfont à celles-ci. La fonction propre de telles pièces doit être vérifiée en liaison avec la fonction des autres pièces du disjoncteur.

6.101.1.2 *Caractéristiques et réglages du disjoncteur à enregistrer avant et après les essais*

Avant et après les essais, les caractéristiques et réglages de fonctionnement suivants doivent être enregistrés ou évalués quand cela est applicable:

- a) durée de fermeture;
- b) durée d'ouverture;
- c) écart de fonctionnement entre les éléments d'un pôle;
- d) écart de fonctionnement entre les pôles (s'il s'agit d'essais multipolaires);
- e) durée de réarmement du dispositif de commande;
- f) consommation du circuit de commande;
- g) consommation des dispositifs de déclenchement, enregistrement éventuel du courant des déclencheurs;
- h) durée de l'impulsion de l'ordre d'ouverture et de l'ordre de fermeture;
- i) étanchéité (voir annexe EE);
- j) masses volumiques ou pressions de gaz;
- k) résistance du circuit principal;
- l) autres caractéristiques importantes ou réglages de fonctionnement conformément aux indications du constructeur.

Et si la conception du disjoncteur permet ces mesurages:

- m) diagramme espace-temps;
- n) vitesse de fermeture;
- o) vitesse d'ouverture.

Les caractéristiques de fonctionnement ci-dessus doivent être enregistrées:

- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement assignées;
- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement maximales;
- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement minimales;
- à la tension d'alimentation minimale et à la pression de fonctionnement maximale.

6.101.1.3 *Etat du disjoncteur pendant et après les essais*

Pendant et après les essais, le disjoncteur doit être capable de fonctionner normalement, de supporter son courant assigné en service continu, d'établir et de couper son courant de court-circuit assigné et de tenir les valeurs de tension correspondant à son niveau d'isolement assigné.

Components are separate functional sub-assemblies which can be operated independently of the complete circuit-breaker (e.g. pole, breaking unit, operating mechanism).

When component tests are made the manufacturer shall prove that the mechanical stress on the component during the tests is not less than the mechanical stress applied to the same component when the complete circuit-breaker is tested. Component tests shall cover all different types of components of the complete circuit-breaker, provided that the particular test is applicable to the component. The conditions for the type tests shall be derived from the normal or special service conditions and rated characteristics of the circuit-breaker.

Parts of auxiliary and control equipment which have been manufactured in accordance with relevant standards shall comply with these standards. The proper function of such parts in connection with the function of the other parts of the circuit-breaker shall be verified.

6.101.1.2 *Characteristics and settings of the circuit-breaker to be recorded before and after the tests*

Before and after the tests the following operating characteristics or settings shall be recorded or evaluated if applicable:

- a) closing time;
- b) opening time;
- c) time spread between units of one pole;
- d) time spread between poles (if multipole-tested);
- e) recharging time of the operating device;
- f) consumption of the control circuit;
- g) consumption of the tripping devices, possible recording of the current of the releases;
- h) duration of opening and closing command impulse;
- i) tightness (see Appendix EE);
- j) gas densities or pressures;
- k) resistance of the main circuit;
- l) other important characteristics or settings as specified by the manufacturer.

And, if the design of the circuit-breaker permits, such measurements as:

- m) time-travel chart;
- n) closing speed;
- o) opening speed.

The above operating characteristics shall be recorded at:

- rated supply voltage and rated operating pressure;
- maximum supply voltage and maximum operating pressure;
- minimum supply voltage and minimum operating pressure;
- minimum supply voltage and maximum operating pressure.

6.101.1.3 *Condition of the circuit-breaker during and after the tests*

During and after the tests, the circuit-breaker shall be in such a condition that it is capable of operating normally, carrying its rated normal current, making and breaking its rated short-circuit current and withstanding the voltage values according to its rated insulation level.

Ces conditions sont en général remplies lorsque:

- pendant les essais, le disjoncteur fonctionne sur ordre et ne fonctionne pas sans ordre;
- pendant et après les essais, les caractéristiques mesurées conformément au paragraphe 6.101.1.2 sont comprises dans les tolérances données par le constructeur;
- pendant et après les essais, tous les éléments constitutifs, y compris les contacts, ne présentent pas d'usure excessive;
- après les essais, les contacts protégés par un revêtement sont tels qu'une couche de protection subsiste dans la zone de contact. Si ce n'est pas le cas, les contacts sont considérés comme nus et les exigences d'essais sont remplies seulement si l'échauffement des contacts lors d'un essai d'échauffement (conformément au paragraphe 6.3) n'excède pas la valeur autorisée pour les contacts nus;
- pendant et après les essais, toute déformation des parties mécaniques n'a pas d'effet préjudiciable au bon fonctionnement du disjoncteur ni n'empêche le montage correct de toute pièce de rechange.

6.101.1.4 *Etat des équipements auxiliaires et de commande pendant et après les essais*

Pendant et après les essais, les conditions suivantes pour les équipements auxiliaires et de commande doivent être remplies:

- pendant les essais, il convient de prendre des précautions pour éviter des échauffements anormaux;
- pendant les essais, un jeu de contacts (un contact auxiliaire à fermeture et un contact auxiliaire à ouverture) doit établir et couper le courant des circuits qu'il commande (voir paragraphe 5.4);
- pendant et après les essais, les équipements auxiliaires et de commande doivent remplir leur fonction sans altération inacceptable;
- pendant et après les essais, la tenue diélectrique des circuits auxiliaires, des interrupteurs auxiliaires et de l'équipement de commande ne doit pas être diminuée. En cas de doute, les essais doivent être effectués conformément au paragraphe 6.1.10 de la Publication 694 de la CEI;
- pendant et après les essais, la résistance de contact des interrupteurs auxiliaires ne doit pas être notablement modifiée. Leur échauffement, lorsqu'ils conduisent le courant assigné, ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées (voir tableau V de la Publication 694 de la CEI).

6.101.2 *Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant*

6.101.2.1 *Généralités*

L'essai de fonctionnement mécanique doit être effectué à la température de l'air ambiant à l'emplacement d'essai. Il convient d'enregistrer cette température de l'air ambiant dans le rapport d'essai. Les équipements auxiliaires formant partie intégrante des dispositifs de manœuvre sont inclus.

L'essai de fonctionnement mécanique comporte 2 000 cycles de manœuvres.

A l'exception des disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, l'essai doit être effectué sans tension ni courant dans le circuit principal.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, environ 10% du nombre total de cycles de manœuvres doivent être effectués avec le dispositif d'ouverture alimenté par le courant du circuit principal. Ce courant est le courant minimal nécessaire pour faire fonctionner le déclencheur à maximum de courant. Pour ces essais, le courant alimentant les déclencheurs à maximum de courant peut être fourni par une source à basse tension appropriée.

In general, these requirements are deemed to be fulfilled if:

- during the tests, the circuit-breaker operates on command and does not operate without command;
- during and after the tests, the characteristics measured according to Sub-clause 6.101.1.2 are within the tolerances given by the manufacturer;
- during and after the tests, all parts, including contacts, do not show undue wear;
- after the tests, coated contacts are such that a layer of coating material remains at the contact area. If this is not the case the contacts shall be regarded as bare and the test requirements are fulfilled only if the temperature-rise of the contacts during temperature-rise test (according to Sub-clause 6.3) does not exceed the value permitted for bare contacts;
- during and after the tests, any distortion of mechanical parts is not such that it adversely affects the operation of the circuit-breaker or prevents the proper fitting of any replacement part.

6.101.1.4 *Condition of the auxiliary and control equipment during and after the tests*

During and after the tests, the following conditions for the auxiliary and control equipment shall be fulfilled:

- during the tests, care should be taken to prevent undue heating;
- during the tests, a set of contacts (both make and break auxiliary contacts) shall be arranged to switch the current of the circuits to be controlled (see Sub-clause 5.4);
- during and after the tests, the auxiliary and control equipment shall fulfill its functions;
- during and after the tests, capability of the auxiliary circuits of the auxiliary switches and of the control equipment shall not be impaired. In case of doubt, the tests according to Sub-clause 6.1.10 of IEC Publication 694 shall be performed;
- during and after the tests, the contact resistance of the auxiliary switches shall not be affected adversely. The temperature rise when carrying the rated current shall not exceed the specified values (see Table V of IEC Publication 694).

6.101.2 *Mechanical operation test at ambient air temperature*

6.101.2.1 *General*

The mechanical operation test shall be made at the ambient air temperature of the test location. The ambient air temperature should be recorded in the test report. Auxiliary equipment forming part of the operating devices shall be included.

The mechanical operation test shall consist of 2 000 operating cycles.

Except for circuit-breakers fitted with over-current releases the test shall be made without voltage on or current in the main circuit.

For circuit-breakers fitted with over-current releases approximately 10% of the operating cycles shall be performed with the opening device energized by the current in the main circuit. The current shall be the minimum current necessary to operate the over-current release. For these tests, the current through over-current releases may be supplied from a suitable low-voltage source.

Pendant l'essai, la lubrification est autorisée conformément aux instructions du constructeur, mais aucun réglage mécanique ni maintenance d'aucune sorte n'est permis.

Pour des exigences particulières de service et/ou pour les disjoncteurs devant être utilisés avec une fréquence de manœuvres élevée, la procédure d'essai et le nombre de cycles de manœuvres doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. Dans le cas d'essais comportant un nombre de cycles de manœuvres supérieur à 2 000, il est permis d'effectuer les réglages et la maintenance conformément aux instructions du constructeur.

6.101.2.2 *Etat du disjoncteur avant l'essai*

Le disjoncteur destiné aux essais doit être monté sur son propre support et son mécanisme de commande est manœuvré de la façon indiquée. Il doit être essayé selon son dispositif de manœuvre de la façon suivante:

Un disjoncteur multipolaire manœuvré par un seul dispositif de manœuvre et/ou dont tous les pôles sont montés sur un châssis commun doit être essayé comme une unité complète.

Un disjoncteur multipolaire dans lequel chaque pôle ou même chaque colonne est manœuvré par un dispositif séparé est, de préférence, essayé comme un disjoncteur multipolaire complet. Cependant, l'on peut, pour des raisons de commodité ou de limitation de l'emplacement d'essai, effectuer les essais sur un seul pôle, à condition que ce pôle soit, pour l'ensemble des essais, équivalent au disjoncteur multipolaire complet; ou tout au moins qu'il ne soit pas dans une condition plus favorable que ce disjoncteur multipolaire, en ce qui concerne par exemple:

- la vitesse de fermeture;
- la vitesse d'ouverture;
- la puissance et la robustesse du mécanisme de fermeture et d'ouverture;
- la rigidité de la structure.

6.101.2.3 *Description de l'essai*

Le disjoncteur doit être essayé conformément au tableau XII.

TABLEAU XII

Séquence de manœuvres	Tension de commande et pression de fonctionnement	Nombre de séquences de manœuvres	
		Disjoncteurs conçus pour la refermeture automatique	Disjoncteurs non conçus pour la refermeture automatique
C— t_a —O— t_a	Minimales	500	500
	Assignées	500	500
	Maximales	500	500
O— t —CO— t_a —C— t_a	Assignées	250	—
CO— t_a	Assignées	—	500

où:

O = ouverture

C = fermeture

CO = manœuvre de fermeture suivie immédiatement (c'est-à-dire sans délai intentionnel) d'une manœuvre d'ouverture

t_a = intervalle de temps entre deux manœuvres pour retrouver les conditions initiales et/ou pour éviter un échauffement excessif des organes du disjoncteur (cette durée peut varier selon le type de manœuvre)

t = 0,3 s pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide, sauf spécification contraire

During the test, lubrication is allowed in accordance with the manufacturer's instructions, but no mechanical adjustment or other kind of maintenance is allowed.

For special service requirements and/or for circuit-breakers to be used with high frequency of operations, the testing procedure and the number of operating cycles shall be agreed between manufacturer and user. In the case of tests with a number of operating cycles greater than 2 000, it is permissible to perform adjustments and maintenance in accordance with the manufacturer's instructions.

6.101.2.2 Condition of the circuit-breaker before the test

The circuit-breaker for test shall be mounted on its own support and its operating mechanism shall be operated in the specified manner. It shall be tested according to its type as follows:

A multi-pole circuit-breaker actuated by a single operating device and/or with all poles mounted on a common frame shall be tested as a complete unit.

A multi-pole circuit-breaker in which each pole or even each column is actuated by a separate operating device should be tested preferably as a complete multi-pole circuit-breaker, but for convenience, or owing to limitation of the dimensions of the test bay, one single-pole unit of the circuit-breaker may be tested, provided that it is equivalent to, or not in a more favourable condition than, the complete multi-pole circuit-breaker over the range of tests, for example in respect of:

- closing speed;
- opening speed;
- power and strength of closing and opening mechanism;
- rigidity of structure.

6.101.2.3 Description of the test

The circuit-breaker shall be tested in accordance with Table XII.

TABLE XII

Operating sequence	Control voltage and operating pressure	Number of operating sequences	
		Circuit-breakers for auto-reclosing	Circuit-breakers not for auto-reclosing
$C-t_a-O-t_a$	Minimum Rated Maximum	500 500 500	500 500 500
$O-t-CO-t_a-C-t_a$	Rated	250	—
$CO-t_a$	Rated	—	500

where:

O = opening

C = closing

CO = a closing operation followed immediately (i.e., without any intentional time-delay) by an opening operation

t_a = time between two operations which is necessary to restore the initial conditions and/or to prevent undue heating of parts of the circuit-breaker (this time can be different according to the type of operation)

t = 0.3 s for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing, if not otherwise specified.

6.101.3 Essais à haute et à basse températures

6.101.3.1 Généralités

Les essais à haute et à basse températures doivent être effectués seulement par accord entre constructeur et utilisateur. Il n'est pas nécessaire d'exécuter les deux essais successivement et l'ordre dans lequel ils sont effectués est arbitraire. Pour les disjoncteurs d'intérieur de classe -5°C , l'essai à basse température n'est pas exigé.

Pour les disjoncteurs sous enveloppe unique ou les disjoncteurs sous enveloppes multiples à organe de manœuvre commun, les essais doivent être effectués en tripolaire. Pour les disjoncteurs sous enveloppes multiples à pôles indépendants (séparés), il est permis d'effectuer l'essai d'un pôle complet.

Du fait des limitations des installations d'essai, les disjoncteurs sous enveloppes multiples peuvent être essayés, suivant une ou plusieurs des variantes suivantes à condition que le disjoncteur, dans sa disposition pour les essais, ne soit pas placé dans des conditions plus favorables que les conditions normales pour le fonctionnement mécanique (voir paragraphe 6.102.2.2):

- a) longueur réduite d'isolement par rapport à la terre;
- b) distance réduite entre pôles;
- c) nombre réduit de modules.

Si des sources de chaleur sont exigées, elles doivent être en service.

Les alimentations en liquide ou en gaz pour la manœuvre du disjoncteur sont à la température de l'air ambiant à moins que la conception du disjoncteur n'exige une source de chaleur pour ces alimentations.

Pendant l'essai aucune maintenance, remplacement de pièces, lubrification ou réglage du disjoncteur n'est autorisé.

Note. — Il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des essais d'une durée plus importante que celle qui est spécifiée dans les paragraphes suivants, afin d'établir les caractéristiques de tenue à la température du matériau, de vieillissement, etc.

En variante des méthodes données dans cette norme, un constructeur peut établir la conformité aux conditions de fonctionnement pour un type de disjoncteur bien connu, en fournissant une documentation sur l'expérience satisfaisante en réseau, au moins en un lieu où les températures de l'air ambiant sont fréquemment égales ou supérieures à la température maximale de l'air ambiant spécifiée de 40°C et au moins en un lieu où la température de l'air ambiant est égale aux températures minimales de l'air ambiant spécifiées de -25°C ou -40°C suivant la classe du disjoncteur (voir article 2 de la Publication 694 de la CEI).

6.101.3.2 Mesurage de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant du local d'essai doit être mesurée à mi-hauteur du disjoncteur et à une distance de 1 m de celui-ci.

L'écart maximal de température le long de la hauteur du disjoncteur ne doit pas excéder 5 K.

6.101.3.3 Essai à basse température

Le schéma représentant les séquences d'essais et l'indication des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la figure 15a, page 230.

Si l'essai à basse température est effectué immédiatement après l'essai à haute température, l'essai à basse température peut commencer après la fin du point *u*) de l'essai à haute température, en omettant les points *a*) et *b*) suivants.

- a) Le disjoncteur en essai est réglé conformément aux instructions du constructeur.

6.101.3 *Low and high temperature tests*

6.101.3.1 *General*

The low and high temperature tests shall be made only upon agreement between manufacturer and user. The two tests need not be performed in succession, and the order in which they are made is arbitrary. For class -5°C indoor circuit-breakers, no low temperature test is required.

For single enclosure circuit-breakers or multi-enclosure circuit-breakers with common operating device, three-pole tests shall be made. For multi-enclosure circuit-breakers with independent poles, testing of one complete pole is permitted.

Owing to limitations of the test facilities, multi-enclosure type circuit-breakers may be tested using one or more of the following alternatives provided that the circuit-breaker in its testing arrangement is not in a more favourable condition than normal condition for mechanical operation (see Sub-clause 6.101.2.2):

- a) reduced length of phase-to-earth insulation;
- b) reduced pole spacing;
- c) reduced number of modules.

If heat sources are required they shall be in operation.

Liquid or gas supplies for circuit-breaker operation are to be at the test air temperature unless the circuit-breaker design requires a heat source for these supplies.

No maintenance, replacement of parts, lubrication or readjustment of the circuit-breaker is permissible during the tests.

Note. — In order to determine the material temperature characteristics, ageing, etc., tests of longer duration than those specified in the following sub-clauses may be necessary.

As an alternative approach to the methods in this standard, a manufacturer may establish compliance with performance requirements for an established circuit-breaker family by documenting satisfactory circuit-breaker field experience in at least one location with ambient air temperatures frequently at or above the specified maximum ambient air temperature of 40°C , and at least one location with satisfactory field experience in specified minimum ambient air temperature of -25°C or -40°C depending on the class of the circuit-breaker (see Clause 2 of IEC Publication 694).

6.101.3.2 *Measurement of ambient air temperature*

The ambient air temperature of the test environment shall be measured at half the height of the circuit-breaker and at a distance of 1 m from the circuit-breaker.

The maximum temperature deviation over the height of the circuit-breaker shall not exceed 5 K.

6.101.3.3 *Low temperature test*

The diagram of the test sequences and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 15a, page 230.

If the low temperature test is performed immediately after the high temperature test, the low temperature test can proceed after completion of Item *u)* of the high temperature test. In this case Items *a)* and *b)* are omitted.

- a) The test circuit-breaker shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.

- b) Les caractéristiques et les réglages du disjoncteur sont enregistrés conformément au paragraphe 6.101.1.2 et à une température de l'air ambiant de $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (s'il est applicable) est effectué, le disjoncteur étant en position de fermeture.
- c) Le disjoncteur étant en position de fermeture, la température de l'air est abaissée à la température minimale de l'air ambiant (T_L) appropriée, selon la classe du disjoncteur. Les valeurs de T_L peuvent être -25°C ou -40°C , selon le cas. Le disjoncteur est maintenu en position de fermeture pendant 24 h après stabilisation de la température de l'air ambiant T_L .
- d) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position de fermeture à la température T_L , un essai d'étanchéité est effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir annexe EE).
- e) Après avoir été soumis pendant 24 h à la température T_L , le disjoncteur est ouvert, puis fermé aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées d'ouverture et de fermeture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.
- f) Le comportement statique à basse température du disjoncteur et le fonctionnement de ses systèmes d'alarme et de verrouillage sont contrôlés en interrompant l'alimentation des dispositifs de chauffage pendant une durée de 2 h. Il convient d'enregistrer la durée depuis l'interruption du chauffage jusqu'à apparition des alarmes, verrouillage, ou manœuvre d'ouverture sans ordre (s'il y a lieu). A la fin de la période de 2 h, un ordre d'ouverture, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, est donné. Si le disjoncteur ne s'ouvre pas, les dispositifs de chauffage sont remis en service et on note la durée jusqu'à ouverture sur ordre du disjoncteur.
- g) Le disjoncteur est laissé en position d'ouverture pendant 24 h.
- h) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position d'ouverture à la température T_L , un essai d'étanchéité est effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas dépasser trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir annexe EE).
- i) A l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres de fermeture et 50 manœuvres d'ouverture sont effectuées, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, le disjoncteur étant maintenu à la température T_L . Un intervalle d'au moins 3 min est observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres de fermeture et d'ouverture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.
Après la première manœuvre de fermeture (C) et la première manœuvre d'ouverture (O), trois cycles CO (sans retard intentionnel) sont effectués. Les manœuvres supplémentaires sont effectuées avec des séquences de manœuvres $C-t_a-O-t_a$ (t_a est défini au paragraphe 6.101.2.3)
- j) Après réalisation des 50 manœuvres de fermeture et des 50 manœuvres d'ouverture, la température de l'air est élevée à la température de l'air ambiant T_A , avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.
Pendant la période de variation de température, le disjoncteur est soumis à des séquences de manœuvres alternées $C-t_a-O-t_a-C$ et $O-t_a-C-t_a-O$, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Il convient d'effectuer les séquences de manœuvres alternées à 30 min d'intervalle, afin que le disjoncteur reste dans les positions d'ouverture et de fermeture pendant ces périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.
- k) Après stabilisation thermique du disjoncteur à la température de l'air ambiant T_A , on vérifie à

- b) Characteristics and settings of the circuit-breaker shall be recorded in accordance with Sub-clause 6.101.1.2 and at an ambient air temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed with the circuit-breaker in the closed position.
- c) With the circuit-breaker in the closed position, the air temperature shall be decreased to the appropriate minimum ambient air temperature (T_L), according to the class of the circuit-breaker. Values of T_L may be -25°C , or -40°C , as appropriate. The circuit-breaker shall be kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_L .
- d) During the 24 h period with the circuit-breaker in the closed position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see Appendix EE).
- e) After 24 h at temperature T_L , the circuit-breaker shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure. The opening time and the closing time shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.
- f) The low temperature behaviour of the circuit-breaker and its alarms and lock-out systems shall be verified by disconnecting the supply of heating devices for 2 h. The time interval between the instant of disconnection of heating devices and the occurrence of alarms, lock-out or opening without order should be recorded (if applicable). At the end of the 2 h period, an opening order, at rated values of supply voltage and operating pressure, shall be given. If the circuit-breaker does not open, the heating devices shall be reconnected and the time interval until the circuit-breaker opens on order be noted.
- g) The circuit-breaker shall be left in the open position for 24 h.
- h) During the 24 h period with the circuit-breaker in the open position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see Appendix EE).
- i) At the end of 24 h, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the circuit-breaker at temperature T_L . At least a 3 min interval shall be allowed for each cycle or sequence. The first closing and opening operation shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.

Following the first closing operation (C) and the first opening operation (O) three CO operating cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing $C-t_a-O-t_a$ operating sequences (t_a is defined in Sub-clause 6.101.2.3).

- j) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be increased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour.

During the temperature transition period the circuit-breaker shall be subjected to alternate $C-t_a-O-t_a-C$ and $O-t_a-C-t_a-O$ operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences should be made at 30 min intervals so that the circuit-breaker will be in open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.

- k) After the circuit-breaker has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall

nouveau les réglages du disjoncteur, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité, comme aux points a) et b), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

6.101.3.4 Essai à haute température

Le schéma représentant les séquences d'essais et l'indication des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la figure 15b, page 230.

Si l'essai à haute température est effectué immédiatement après l'essai à basse température, l'essai à haute température peut commencer après la fin du point k) de l'essai à basse température, en omettant les points l) et m) suivants.

l) Le disjoncteur en essai est réglé conformément aux instructions du constructeur.

m) Les caractéristiques et les réglages du disjoncteur sont enregistrés conformément au paragraphe 6.101.1.2 et à une température de l'air ambiant de $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (s'il est applicable) est effectué, le disjoncteur étant en position de fermeture.

n) Le disjoncteur étant en position de fermeture, la température de l'air est portée à 40°C et le disjoncteur est maintenu en position de fermeture pendant 24 h après stabilisation de la température de l'air ambiant à 40°C .

Note. — Si l'influence du rayonnement solaire est à prendre en considération, il est nécessaire de simuler les conditions naturelles de rayonnement (par exemple l'intensité et la direction du rayonnement). Voir la Publication 68-2-5 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais, Essais Sa: Rayonnement solaire artificiel au niveau du sol.

L'attention est attirée sur le fait qu'une élévation de la température de l'air ambiant du local d'essai ne simule pas cet effet de rayonnement.

o) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position de fermeture à la température de 40°C , un essai d'étanchéité est effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir annexe EE).

p) Après avoir été soumis pendant 24 h à la température de 40°C , le disjoncteur est ouvert, puis fermé aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées d'ouverture et de fermeture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.

q) Le disjoncteur est ouvert et laissé en position d'ouverture pendant 24 h à la température de 40°C .

r) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position d'ouverture à la température de 40°C , un essai d'étanchéité est effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir l'annexe EE).

s) A l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres de fermeture et 50 manœuvres d'ouverture sont effectuées, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, le disjoncteur étant maintenu à la température de 40°C . Un intervalle d'au moins 3 min est observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres de fermeture et d'ouverture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.

Après la première manœuvre de fermeture (C) et la première manœuvre d'ouverture (O), trois cycles CO (sans retard intentionnel) sont effectués. Les manœuvres supplémentaires sont effectuées avec des séquences de manœuvres C— t_a —O— t_a (t_a est défini au paragraphe 6.101.2.3).

be made of the circuit-breaker settings, operating characteristics and tightness as in Items *a)* and *b)* for comparison with the initial characteristics.

6.101.3.4 High temperature test

The diagram of the test sequence and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 15b, page 230.

If the high temperature test is performed immediately after the low temperature test, the high temperature test can proceed after completion of Item *k)* of the low temperature test. In this case, Items *l)* and *m)* are omitted.

- l)* The test circuit-breaker shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- m)* Characteristics and settings of the circuit-breaker shall be recorded in accordance with Sub-clause 6.101.1.2 and at an ambient air temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed with the circuit-breaker in the closed position.
- n)* With the circuit-breaker closed, the air temperature shall be increased to 40°C , and the circuit-breaker kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at 40°C .

Note. — If the influence of solar radiation is to be considered, it is necessary to simulate the natural conditions of the radiation (e.g. the intensity and direction of the radiation). See IEC Publication 68-2-5: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Sa: Simulated Solar Radiation at Ground Level.

Attention is drawn to the fact that an increase in ambient temperature of the test room does not simulate this radiation effect.

- o)* During the 24 h period with the circuit-breaker in the closed position at the temperature of 40°C , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see Appendix EE).
- p)* After 24 h at the temperature of 40°C , the circuit-breaker shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure. The opening time and the closing time shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.
- q)* The breaker shall be opened and left open for 24 h at the temperature of 40°C .
- r)* During the 24 h period with the circuit-breaker in the open position at the temperature of 40°C , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see Appendix EE).
- s)* At the end of 24 h, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the circuit-breaker at the temperature of 40°C . At least a 3 min interval shall be allowed for each cycle or sequence. The first closing and opening operation shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.

Following the first closing operation (C) and the first opening operation (O) three CO operation cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing C— t_a —O— t_a operating sequences (t_a is defined in Sub-clause 6.101.2.3).

- t) Après réalisation des 50 manœuvres de fermeture et des 50 manœuvres d'ouverture, la température de l'air est ramenée à la température de l'air ambiant T_A , avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.

Pendant la période de variation de température, le disjoncteur est soumis à des séquences de manœuvres alternées $C-t_a-O-t_a-C$ et $O-t_a-C-t_a-O$, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Il convient d'effectuer les séquences de manœuvres alternées à 30 min d'intervalle, afin que le disjoncteur reste dans les positions d'ouverture et de fermeture pendant des périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.

- u) Après stabilisation thermique du disjoncteur à la température de l'air ambiant T_A , on vérifie à nouveau les réglages du disjoncteur, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité comme aux points l) et m), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

6.101.4 Essai à l'humidité

6.101.4.1 Généralité

L'essai à l'humidité doit être effectué par accord entre constructeur et utilisateur et se limite aux composants susceptibles d'être affectés par l'humidité.

La procédure d'essai décrite au paragraphe 6.101.4.2 est applicable aux composants dont la constante de temps thermique est d'environ 10 min.

Note. — L'essai des composants ayant une constante de temps thermique plus élevée est à l'étude.

6.101.4.2 Procédure d'essai

Les composants du disjoncteur sont disposés dans une chambre d'essai contenant de l'air brassé, dans laquelle les conditions de température et d'humidité sont les suivantes:

- la température de la salle subit des variations cycliques de $25 \pm 3^\circ\text{C}$ à $40 \pm 2^\circ\text{C}$ conformément à la figure 16, page 231;
- l'humidité relative à l'intérieur de la salle est constamment supérieure à 95% pendant la montée de la température et pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à 40°C .

Note. — Pour obtenir ces conditions, il convient d'injecter directement dans la salle de la vapeur ou de vaporiser de l'eau chaude; la montée de 25°C à 40°C peut être obtenue avec l'apport de chaleur provenant de la vapeur ou de l'eau vaporisée ou, si nécessaire, d'éléments chauffants supplémentaires.

Aucune valeur de l'humidité relative n'est spécifiée pendant la descente de la température, par contre l'humidité doit être supérieure à 80% pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à 25°C .

L'air doit être brassé afin de rendre homogène la répartition de l'humidité dans la salle.

L'eau utilisée pour créer l'humidité doit être telle que l'eau recueillie dans la salle ait une résistivité égale ou supérieure à $100 \Omega \cdot \text{m}$ et ne contienne ni sel (NaCl), ni élément corrosif.

Note. — Si les possibilités de la chambre d'essai le permettent, les temps t_1 et t_3 peuvent être diminués, mais il convient d'augmenter d'autant les temps t_2 et t_4 de façon à conserver $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ constant.

Le nombre de cycles doit être de 350.

Après l'essai, les caractéristiques de fonctionnement des composants du disjoncteur doivent demeurer inchangées. Les circuits auxiliaires et de commande doivent tenir une tension à fréquence industrielle de 1 500 V pendant 1 min. Il convient d'indiquer dans le rapport d'essai le degré éventuel de corrosion.

- t*) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be decreased to ambient air temperature T_A , at a rate of change of approximately 10 K per hour.

During the temperature transition period, the circuit-breaker shall be subjected to alternate $C-t_a-O-t_a-C$ and $O-t_a-C-t_a-O$ operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences should be made at 30 min intervals so that the circuit-breaker will be in the open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.

- u*) After the circuit-breaker has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the circuit-breaker settings, operating characteristics and tightness as in Items *l*) and *m*) for comparison with the initial characteristics.

6.101.4 Humidity test

6.101.4.1 General

The humidity test shall be performed by agreement between manufacturer and user and is limited to circuit-breaker components which may be affected by humidity.

The test procedure described in Sub-clause 6.101.4.2 is applicable to components with a thermal time constant of about 10 min.

Note. — The test for components having higher thermal time constant is under consideration.

6.101.4.2 Test procedure

The circuit-breaker components shall be arranged in a test chamber containing circulating air and in which the temperature and humidity conditions are as follows:

- the temperature of the room undergoes cyclic variations from $25 \pm 3^\circ\text{C}$ to $40 \pm 2^\circ\text{C}$ according to Figure 16, page 231;
- the relative humidity within the room is constantly above 95% while the temperature is raised and during the period when the temperature is held at 40°C .

Note. — In order to obtain these conditions, steam should be injected directly into the room or heated water should be atomized; the rise from 25°C to 40°C may be obtained with the provision of heat coming from the steam or atomized water or, if necessary, by additional heaters.

No value of relative humidity is specified during the drop in temperature, however, the humidity shall be above 80% during the period when the temperature is maintained at 25°C .

The air shall be circulated in order to obtain uniform distribution of the humidity in the room.

The water used to create the humidity shall be such that the water collected in the room has a resistivity equal to or greater than $100\ \Omega\ \text{m}$ and contains neither salt (NaCl) nor corrosive element.

Note. — If the facilities of the test chamber permit, the times t_1 and t_3 may be reduced, but then the times t_2 and t_4 should be increased so that $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ remains constant.

The number of cycles shall be 350.

After the test, the operating characteristics of the circuit-breaker components shall not be affected. The auxiliary and control circuits shall withstand a power frequency voltage of 1 500 V for 1 min. The degree of corrosion, if any, should be indicated in the test report.

6.101.5 Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace

L'essai dans des conditions sévères de formation de glace est applicable seulement aux disjoncteurs d'extérieur ayant des parties mobiles externes et pour lesquels il a été spécifié une classe d'épaisseur de glace de 10 mm ou 20 mm. L'essai doit être effectué dans les conditions décrites dans la Publication 129 de la CEI: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.

6.101.6 Guide pour l'essai avec des efforts statiques sur les bornes

6.101.6.1 Généralités

L'essai avec des efforts statiques sur les bornes est applicable seulement aux disjoncteurs d'extérieur de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV.

L'essai avec des efforts statiques sur les bornes n'est effectué que par accord entre constructeur et utilisateur et son but est de démontrer que le disjoncteur fonctionne correctement quand des contraintes résultant de la glace, du vent et du raccordement des conducteurs lui sont appliquées.

La couche de glace et la pression de vent sur le disjoncteur doivent être conformes aux indications du paragraphe 2.1.2 de la Publication 694 de la CEI.

Quelques exemples d'efforts dus à des conducteurs flexibles ou tubulaires raccordés (non compris les efforts dus au vent ou à la glace sur le disjoncteur lui-même) sont donnés dans le tableau XIII à titre de guide.

TABLEAU XIII

Domaine de tension assignée (kV)	Domaine de courant assigné (A)	Effort statique horizontal F_{th}		Effort statique vertical (vers le haut ou vers le bas) F_{iv} (N)
		Longitudinal F_{thA} (N)	Transversal F_{thB} (N)	
52-72,5	800-1 250	500	400	500
52-72,5	1 600-2 500	750	500	750
100-170	1 250-2 000	1 000	750	750
100-170	2 500-4 000	1 250	750	1 000
245	1 600-3 150	1 250	1 000	1 250
420	2 000-4 000	1 750	1 250	1 500

L'effort de traction dû aux conducteurs raccordés est supposé s'appliquer à l'extrémité de la borne du disjoncteur.

Les efforts F_{shA} , F_{shB} et F_{sv} respectivement (voir figure 17, page 232) résultant des actions simultanées de la glace, du vent et des conducteurs raccordés sont définis comme efforts statiques assignés sur les bornes.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer d'essais si le constructeur peut prouver par le calcul que le disjoncteur peut supporter les contraintes.

6.101.6.2 Essais

Les essais doivent être effectués à la température de l'air ambiant du local d'essai.

De préférence, il convient de faire les essais sur au moins un pôle complet du disjoncteur. Si le constructeur peut prouver qu'il n'y a pas d'interaction des forces entre les différentes colonnes d'un pôle, l'essai d'une seule colonne est suffisant. Il suffit d'essayer à l'effort statique assigné sur les bornes une seule borne des disjoncteurs qui sont symétriques par rapport à l'axe vertical du centre du pôle. Pour les disjoncteurs qui ne sont pas symétriques, chaque borne doit être essayée.

6.101.5 Test to prove the operation under severe ice conditions

The test under severe ice conditions is applicable only to outdoor circuit-breakers having moving external parts and for which a class of 10 mm or 20 mm of ice thickness is specified. The test shall be performed under the conditions described in IEC Publication 129: Alternating Current Disconnectors and Earthing Switches.

6.101.6 Guide for static terminal load test

6.101.6.1 General

The static terminal load test is applicable only to outdoor circuit-breakers having rated voltages of 52 kV and above.

The static terminal load test is made only upon agreement between manufacturer and user, and is performed to demonstrate that the circuit-breaker operates correctly when loaded by stresses resulting from ice, wind and connected conductors.

Ice coating and wind pressure on the circuit-breaker shall be in accordance with Sub-clause 2.1.2 of IEC Publication 694.

Some examples of forces due to flexible and tubular connected conductors (not including wind or ice load on the circuit-breaker itself) are given as a guide in Table XIII.

TABLE XIII

Rated voltage range (kV)	Rated current range (A)	Static horizontal force F_{th}		Static vertical force (vertical axis-upward and downward) F_{tv} (N)
		Longitudinal F_{thA} (N)	Transversal F_{thB} (N)	
52-72.5	800-1 250	500	400	500
52-72.5	1 600-2 500	750	500	750
100-170	1 250-2 000	1 000	750	750
100-170	2 500-4 000	1 250	750	1 000
245	1 600-3 150	1 250	1 000	1 250
420	2 000-4 000	1 750	1 250	1 500

The tensile force due to the connected conductors is assumed to act at the outermost end of the circuit-breaker terminal.

For simultaneous action of ice, wind and connected conductors, the resultant terminal loads, F_{shA} , F_{shB} and F_{sv} respectively (see Figure 17, page 233) are defined as rated static terminal loads.

If the manufacturer by calculations can prove that the circuit-breaker can withstand the stresses, tests need not be performed.

6.101.6.2 Tests

The tests shall be made at the ambient air temperature of the test room.

The tests should be made preferably on at least one complete pole of the circuit-breaker. If the manufacturer can prove that there is no interaction between different columns in the pole, it is sufficient to test only one column. For circuit-breakers which are symmetrical about the pole unit vertical centreline, only one terminal need be tested with the rated static terminal load. For circuit-breakers which are not symmetrical, each terminal shall be tested.

Les essais doivent être effectués séparément, en premier lieu avec un effort horizontal F_{shA} appliqué dans l'axe longitudinal des bornes (direction A de la figure 18, page 234), en second lieu avec un effort horizontal F_{shB} appliqué successivement dans deux directions orthogonales à l'axe longitudinal des bornes (directions B_1 et B_2 de la figure 18), en troisième lieu avec un effort vertical F_{sv} appliqué successivement dans deux directions (directions C_1 et C_2 de la figure 18). Pour éviter l'application au centre de poussée d'un effort spécial représentant l'effort du vent, cet effort de vent peut être appliqué à la borne (voir figure 17) et réduit en amplitude proportionnellement à l'augmentation du bras de levier (le moment de flexion à la partie la plus basse du disjoncteur est, en principe, le même).

Deux cycles de manœuvres doivent être effectués pour chacun des cinq essais spécifiés d'effort sur les bornes.

6.102 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure

Les paragraphes suivants sont applicables à tous les essais d'établissement et de coupure, sauf spécification contraire dans les articles correspondants.

6.102.1 Généralités

Les disjoncteurs prévus pour être utilisés avec les trois pôles manœuvrant ensemble doivent être capables d'établir et de couper tous les courants, de court-circuit, symétriques et asymétriques, jusqu'à leur pouvoir de coupure assigné en court-circuit inclus. Il est admis que cela est vérifié si les disjoncteurs établissent et coupent les courants triphasés symétriques et asymétriques spécifiés compris entre 10% (ou les valeurs plus faibles de courant spécifiées au paragraphe 6.107.2 si le paragraphe 6.107.1 est applicable) et 100% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit à la tension assignée.

De plus, les disjoncteurs prévus pour être utilisés sur un réseau à neutre à la terre, ou pour un fonctionnement unipolaire, doivent établir et couper les courants de court-circuit monophasés compris entre 10% (ou les valeurs plus faibles de courant spécifiées au paragraphe 6.107.2 si le paragraphe 6.107.1 est applicable) et 100% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit à la tension simple ($U/\sqrt{3}$).

Pour un disjoncteur tripolaire, toutes les exigences concernant l'établissement et la coupure en court-circuit en triphasé, ou en monophasé si cela est prévu, peuvent être vérifiées avec un disjoncteur tripolaire dont tous les pôles fonctionnent ensemble.

Les prescriptions concernant l'établissement et la coupure en triphasé sont, en principe, vérifiées de préférence sur des circuits triphasés.

Si les essais sont effectués dans un laboratoire, la tension appliquée, le courant, la tension transitoire de rétablissement et la tension de rétablissement à fréquence industrielle peuvent être obtenus à partir d'une source unique de puissance (essais directs) ou à partir de plusieurs sources de telle sorte que la totalité du courant de court-circuit, ou sa majeure partie, soit obtenue à partir d'une source, et la tension transitoire de rétablissement, ou sa majeure partie, à partir d'une ou de plusieurs autres sources séparées (essais synthétiques).

Si, par suite des limitations des installations d'essai, les caractéristiques de court-circuit du disjoncteur ne peuvent pas être vérifiées comme indiqué ci-dessus, plusieurs méthodes utilisant les méthodes d'essai directes ou synthétiques peuvent être employées seules ou combinées, en fonction du type de disjoncteur:

- a) essai unipolaire;
- b) essai par éléments séparés;
- c) essai en plusieurs parties.

Tests shall be made separately, firstly with a horizontal force, F_{shA} , applied in longitudinal axis of the terminal (direction A in Figure 18, page 235), secondly with a horizontal force, F_{shB} , applied in two directions successively at 90° from the longitudinal axis of the terminals (directions B₁ and B₂ in Figure 18) and thirdly, with a vertical force, F_{sv} , applied in two directions successively (directions C₁ and C₂ in Figure 18). To avoid the need to apply a special force representing the force of wind acting at the circuit-breaker's centre of application of pressure, this wind load may be applied at the terminal (see Figure 17) and reduced in magnitude in proportion to the longer lever arm (the bending moment at the lowest part of the circuit-breaker should be the same).

Two operating cycles shall be performed for each of the specified five terminal load tests.

6.102 *Miscellaneous provisions for making and breaking tests*

The following sub-clauses are applicable to all making and breaking tests unless otherwise specified in the relevant clauses.

6.102.1 *General*

Circuit-breakers intended to be used with all three poles operating together shall be capable of making and breaking all short-circuit currents, symmetrical and asymmetrical, up to and including the rated short-circuit breaking currents: this is deemed to be proved if the circuit-breakers make and break the specified three phase symmetrical and asymmetrical currents between 10% (or such lower currents as specified in Sub-clause 6.107.2 if Sub-clause 6.107.1 is applicable) and 100% of the rated short-circuit breaking current at rated voltage.

In addition circuit-breakers intended to be used in an earthed neutral system or for single-pole operation shall make and break single-phase short-circuit currents between 10% (or such lower currents as specified in Sub-clause 6.107.2 if Sub-clause 6.107.1 is applicable) and 100% of the rated short-circuit breaking current at phase to earth voltage ($U/\sqrt{3}$).

For a three-pole circuit-breaker, all short-circuit making and breaking requirements, three-phase or single-phase if required, can be proved with a three-pole circuit-breaker with all poles operating together.

Three-phase making and breaking requirements should preferably be proved in three-phase circuits.

If the tests are carried out in a laboratory, the applied voltage, current, transient and power frequency recovery voltages may all be obtained from a single power source (direct tests) or from several sources where all of the current, or a major portion of it, is obtained from one source, and the transient recovery voltage is obtained wholly or in part from one or more separate sources (synthetic tests).

If due to limitations of the testing facilities the short-circuit performance of the circuit-breaker cannot be proved in the above way, several methods employing either direct or synthetic test methods may be used either singly or in combination depending on the circuit-breaker type:

- a) single-pole testing;
- b) unit-testing;
- c) multi-part testing.

6.102.1.1 Essai unipolaire

Selon cette méthode, un seul pôle d'un disjoncteur triphasé est essayé en monophasé, en appliquant au pôle le même courant et pratiquement la même tension à fréquence industrielle que subirait le pôle le plus sollicité à l'établissement et à la coupure en triphasé par le disjoncteur tripolaire complet dans les conditions correspondantes. Voir le paragraphe 6.102.3.1.

6.102.1.2 Essai par éléments séparés

Certains disjoncteurs sont construits par montage en série d'éléments identiques de coupure ou de fermeture, la répartition de tension entre les éléments de chaque pôle étant souvent améliorée par l'utilisation d'impédances parallèles.

Ce type de construction permet de vérifier les caractéristiques de coupure ou de fermeture d'un disjoncteur en effectuant les essais conformément au paragraphe 6.102.3.2, sur un ou plusieurs éléments.

6.102.1.3 Essai en plusieurs parties

S'il n'est pas possible de répondre simultanément à toutes les prescriptions de la TTR pour une séquence d'essais donnée, l'essai peut être effectué en deux ou plusieurs parties successives, comme représenté à la figure 27, page 242, par exemple. Voir le paragraphe 6.102.3.3.

Note. — Pour les disjoncteurs équipés de résistances de fermeture ou de résistances d'ouverture de faible valeur ohmique, on peut utiliser d'autres procédures spéciales.

6.102.2 Disposition du disjoncteur pour les essais

Le disjoncteur à essayer doit être monté complet sur son propre support ou sur un support équivalent. Un disjoncteur fourni comme partie intégrante d'une cellule doit être monté sur son propre support, dans la cellule complète comprenant les équipements de sectionnement et les événements faisant partie de la cellule et, lorsque cela est possible, les jeux de barres et les principales connexions. Son dispositif de commande doit être actionné dans les conditions spécifiées et, en particulier, si le mécanisme est à commande électrique, pneumatique ou oléopneumatique, il doit être alimenté sous la tension minimale ou bien sous la pression minimale au début de la séquence de manœuvres ainsi qu'il est spécifié aux paragraphes 4.8, 4.10 et 5.7, sauf spécification contraire dans les articles particuliers. Il doit être vérifié que le disjoncteur fonctionne correctement à vide lorsqu'il est actionné dans les conditions ci-dessus, ainsi qu'il est spécifié au paragraphe 6.102.5. Les disjoncteurs à soufflage de gaz doivent être essayés aux pressions minimales du gaz comprimé pour la coupure correspondant à la série des manœuvres à effectuer ainsi qu'il est spécifié au paragraphe 5.103, sauf spécification contraire dans les articles particuliers.

Note. — L'arrachement de courant peut être plus important à la pression de commande maximale et/ou à la pression ou densité maximale du gaz.

Suivant sa construction, le disjoncteur doit être essayé comme indiqué ci-après:

a) Disjoncteur à enveloppe unique

Un disjoncteur tripolaire ayant tous ses contacts de coupure dans une enveloppe unique doit être essayé comme un disjoncteur tripolaire sur un circuit triphasé même dans le cas des conditions de défaut phase-terre.

Les raisons sont les suivantes:

- possibilité d'amorçage entre pôles ou à la terre dû à l'influence des gaz d'échappement;
- différences possibles de l'état du fluide d'extinction (pressions, températures, niveaux de pollution, etc.);

6.102.1.1 *Single-pole testing*

According to this method, a single-pole of a three-pole circuit-breaker is tested single-phase applying to the pole the same current and substantially the same power frequency voltage which would be impressed upon the most highly stressed pole during three-phase making and breaking by the complete three-pole circuit-breaker under corresponding conditions. See Sub-clause 6.102.3.1.

6.102.1.2 *Unit testing*

Certain circuit-breakers are constructed by assembling identical breaking or making units in series, the voltage distribution between the units of each pole often being improved by the use of parallel impedances.

This type of design enables the breaking or making performance of a circuit-breaker to be tested by carrying out tests in accordance with Sub-clause 6.102.3.2 on one or more units.

6.102.1.3 *Multi-part testing*

If all TRV requirements for the given test duty cannot be met simultaneously, the test may be carried out in two or more parts in succession for instance as illustrated in Figure 27, page 243. See Sub-clause 6.102.3.3.

Note. — For circuit-breakers equipped with closing resistors or low ohmic opening resistors other special procedures may be used.

6.102.2 *Arrangement of circuit-breaker for tests*

The circuit-breaker for test shall be mounted complete on its own support or on an equivalent support. A circuit-breaker supplied as an integral part of an enclosed unit shall be assembled in its own supporting structure and enclosure complete with any disconnecting features, with vent outlets forming part of the unit and, where practicable, with main connections and busbars. Its operating devices shall be operated in the manner specified and in particular, if it is electrically, pneumatically or hydraulically operated, it shall be operated at the minimum voltage or pressure at commencement of the operating sequence, specified in Sub-clauses 4.8, 4.10 and 5.7, unless otherwise specified in the relevant clauses. It shall be shown that the circuit-breaker will operate satisfactorily under the above conditions at no-load as specified in Sub-clause 6.102.5. Gas-blast circuit-breakers shall be tested at the minimum pressures of the compressed gas for interruption corresponding to the series of operations to be performed, as specified in Sub-clause 5.103, unless otherwise specified in the relevant clauses.

Note. — Current chopping may be more pronounced at maximum operating pressure and/or maximum gas pressure/density.

The circuit-breaker shall be tested according to its type as follows:

a) Single-enclosure type

A three-pole circuit-breaker having all its arcing contacts supported within a common enclosure shall be tested as a complete three-pole circuit-breaker in three-phase circuits even in the case of line to ground fault conditions.

The reasons are:

- possibility of flash-over between poles or to earth due to the influence of exhaust gases;
- possible differences in the conditions of the extinguishing medium (pressures, temperatures, pollution levels, etc.);

- possibilité d'une influence entre phases due aux efforts électrodynamiques en cas de défaut triphasé;
- possibilité de contraintes différentes sur le mécanisme de commande.

b) Disjoncteur à enveloppes multiples

Un disjoncteur tripolaire constitué par trois appareils unipolaires indépendants peut être essayé en monophasé conformément au paragraphe 6.102.1.1, à condition que la dispersion entre pôles soit conforme aux exigences du paragraphe 5.101.

Un disjoncteur tripolaire dont les pôles ne sont pas complètement indépendants doit être essayé de préférence comme un disjoncteur tripolaire complet, mais pour des raisons de commodité, ou de limitation des possibilités d'essais dont on dispose, on peut essayer un seul pôle, à condition que ce pôle soit, pour toute la série des essais, équivalent au disjoncteur tripolaire complet ou tout au moins qu'il ne soit pas dans une condition plus favorable que ce disjoncteur tripolaire, en ce qui concerne:

- la vitesse de fermeture;
- la vitesse d'ouverture;
- la présence du fluide d'extinction;
- la puissance et la robustesse du dispositif de fermeture et d'ouverture;
- la rigidité de la structure.

6.102.2.1 Disjoncteurs munis de déclencheurs à maximum de courant

Compte tenu des dispositions du paragraphe 6.103.4, les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant doivent être installés pour les séquences d'essais n^{os} 1 à 5 (paragraphe 6.106) comme spécifié ci-après et les bobines des déclencheurs à maximum de courant doivent être connectées du côté sous tension du circuit d'essai:

Les déclencheurs utilisés sont munis de la bobine correspondant au courant de fonctionnement assigné maximal prévue pour montage sur le disjoncteur, et ils sont réglés au courant de fonctionnement et au retard: maximaux pour les séquences d'essais n^{os} 1, 2, 3 et 4 et minimaux pour la séquence d'essais n^o 5.

Note. — Lorsque le retard ci-dessus est trop grand pour permettre un enregistrement convenable à l'oscillographe, il est permis d'utiliser un réglage de retard plus court, ou encore, de supprimer l'action du temporisateur dans le cas des seules séquences d'essais n^{os} 1 et 2.

6.102.3 Conditions générales concernant les méthodes d'essais

6.102.3.1 Essais unipolaires des disjoncteurs tripolaires

Dans le cas où la conception du disjoncteur permet des essais unipolaires pour représenter des conditions triphasées et où le disjoncteur est équipé d'un mécanisme de commande unique pour tous les pôles, un ensemble tripolaire complet doit être fourni pour les essais.

Les caractéristiques de déplacement des contacts (vitesse et course) du disjoncteur complet doivent être enregistrées dans un essai approprié reproduisant les contraintes maximales auxquelles est soumise la commande dans les conditions de court-circuit réelles, au pouvoir de coupure assigné en court-circuit et à la tension la plus élevée possible sans dépasser la valeur correspondant à la tension assignée.

Les essais unipolaires au pouvoir de coupure assigné en court-circuit sur un tel disjoncteur sont alors effectués en respectant les caractéristiques de déplacement des contacts enregistrées au cours de l'essai précédent avec une tolérance de $\pm 10\%$, à la fois pour la vitesse et l'intervalle entre contacts à tout instant durant la course d'ouverture entre l'instant de séparation des contacts et l'instant correspondant à la durée d'arc maximale. Aux valeurs inférieures de courant, la vitesse des contacts peut être différente.

- possible influence between phases due to electro-dynamical forces in the case of a three-phase fault;
- possible different stresses on the operating mechanism.

b) *Multi-enclosure type*

A three-pole circuit-breaker consisting of three independent single-pole switching devices can be tested single-phase according to Sub-clause 6.102.1.1 provided that the pole spread is in accordance with the requirements of Sub-clause 5.101.

A three-pole circuit-breaker not having completely independent switching devices shall be tested preferably as a complete three-pole circuit-breaker, but for convenience, or owing to limitation of available testing facilities, one single-pole of the circuit-breaker may be tested, provided that it is equivalent to, or not in a more favourable condition than, the complete three-pole circuit-breaker over the range of tests in respect of:

- speed of make;
- speed of break;
- availability of arc-extinguishing medium;
- power and strength of closing and opening devices;
- rigidity of structure.

6.102.2.1 *Circuit-breakers with over-current releases*

Circuit-breakers fitted with direct over-current releases shall, subject to the provisions of Sub-clause 6.103.4, be arranged for Test-duties Nos. 1 to 5 (Sub-clause 6.106) as specified below and the over-current release coils shall be connected to the live side of the test circuit:

With the coil of the maximum rated operating current set to operate at the maximum current and maximum time-delay for Test-duties Nos. 1, 2, 3 and 4, and at the minimum current and minimum time-delay for Test-duty No. 5.

Note. — When the above time-delay is too great for convenient oscillographic recording it shall be permissible to use a smaller time-delay setting or to render the time-delay device inoperative for Test duties Nos. 1 and 2 only.

6.102.3 *General considerations concerning testing methods*

6.102.3.1 *Single-pole testing of three-pole circuit-breakers*

In those cases where the circuit-breaker design permits single-pole testing to simulate three-phase conditions and the circuit-breaker is equipped with one operating mechanism for all poles a complete three-pole assembly shall be supplied for the tests.

The contact travel characteristics (speed and stroke) of the complete circuit-breaker shall be recorded in a suitable test reproducing the maximum stresses the mechanism has to cope with in actual short-circuit conditions at the rated short-circuit breaking current and at the highest available voltage but not higher than the value corresponding to the rated voltage.

Single-pole tests on such a circuit-breaker, at the rated short-circuit breaking current, then have to be carried out with the contact travel characteristics recorded during the above test, within a tolerance of $\pm 10\%$ in both speed and contact gap at any instant during the opening stroke between the instant of contact separation and the instant corresponding to maximum arc duration. At lower currents, the contact velocities may be different.

Note. — Pour obtenir les caractéristiques de course correcte, il peut être nécessaire de modifier l'énergie de commande, les masses en mouvement, etc.

Il convient de porter une attention particulière aux émissions de produits résultant de l'arc. Si on considère que de telles émissions sont, par exemple, susceptibles d'affaiblir la distance d'isolement avec les pôles adjacents, cela doit alors être vérifié en utilisant des écrans métalliques reliés à la terre (voir paragraphe 6.102.7).

6.102.3.2 *Essais par éléments séparés*

Lorsque les possibilités de la station d'essai ne permettent pas de faire les essais sur un disjoncteur tripolaire complet ou sur un pôle d'un disjoncteur, on peut, selon le type du disjoncteur, effectuer les essais sur un ou plusieurs éléments.

Les exigences des paragraphes 6.102.2 et 6.102.3.1 s'appliquent aussi aux essais par éléments séparés.

Etant donné que l'on doit fournir au moins un pôle complet pour les essais sur un ou plusieurs éléments, les résultats des essais se rapportent seulement au pôle spécifique considéré.

Les disjoncteurs constitués d'éléments ou d'ensembles d'éléments qui sont manœuvrés séparément peuvent être essayés respectivement par élément ou ensemble d'éléments à condition que l'alimentation du fluide de commande ne soit pas plus favorable que pour le disjoncteur complet.

Si un élément de coupure est utilisé pour différentes tensions assignées des disjoncteurs, la possibilité de répéter seulement les conditions d'essais les plus sévères pour une tension assignée donnée peut être soumise à accord entre constructeur et utilisateur.

Quand on effectue des essais par éléments séparés, il faut que les éléments soient identiques et que la répartition statique de tension pour le type d'essai considéré soit connue (défaut aux bornes, défaut proche en ligne, discordance de phase, etc.).

6.102.3.2.1 *Identités des éléments*

Les éléments du disjoncteur doivent être identiques dans leur forme, leurs dimensions et leurs conditions de fonctionnement, seuls les dispositifs de répartition de tension peuvent différer d'un élément à l'autre. En particulier, les conditions suivantes doivent être remplies:

a) *Fonctionnement des contacts*

L'ouverture des contacts d'un pôle pour les essais de coupure, ou la fermeture des contacts d'un pôle pour les essais d'établissement, doivent être telles que l'intervalle de temps entre l'instant de l'ouverture ou de la fermeture des contacts de l'élément qui manœuvre le premier et de ceux de l'élément qui manœuvre le dernier ne soit pas supérieur à $1/8^e$ de période de la fréquence assignée. On doit utiliser les pressions et tensions de commande assignées pour déterminer cet intervalle de temps (voir paragraphe 5.101).

b) *Alimentation en fluide d'extinction*

Lorsqu'il s'agit de disjoncteurs utilisant un fluide d'extinction d'origine externe, l'alimentation de chaque élément doit être pratiquement indépendante de l'alimentation des autres éléments et la réalisation des canalisations doit être telle que tous les éléments soient pratiquement alimentés ensemble et de manière identique.

c) *Etat du fluide d'extinction*

La construction du disjoncteur et de ses éléments doit être telle qu'au cours des opérations de coupure ou d'établissement, l'état du fluide où se produisent les arcs (température, pression, vitesse d'écoulement, etc.) dans chaque élément ne soit pratiquement pas influencé par le fonctionnement des autres éléments.

Note. — To achieve the correct travel characteristics, it may be necessary to make adjustments of operating energy, moving masses, etc.

Special attention should be paid to the emission of arc products. If it is considered that such emission would, for example, be likely to impair the insulation distance to adjacent poles, then this shall be checked, using earthed metallic screens (see Sub-clause 6.102.7).

6.102.3.2 *Unit testing*

When a testing laboratory is not equipped to test a complete three-pole circuit-breaker or a single pole of a circuit-breaker, tests on one or more units may be carried out depending on the type of the circuit-breaker.

The requirements of Sub-clause 6.102.2 and 6.102.3.1 also apply for unit-testing.

Since therefore at least a complete pole assembly has to be made available for tests on one or more units the test-results relate only to the specific pole considered.

Circuit-breakers consisting of units or assemblies of units which are separately operated may be tested as units or assemblies of units respectively as long as the supply of the operating medium is not more favourable than for the complete circuit-breaker.

If the interrupting unit is applied for different voltage ratings of circuit-breakers, the possibility of regarding only the most onerous test conditions for a specific voltage rating may be subject to agreement between manufacturer and user.

When carrying out unit tests it is essential that the units are identical and that the static voltage distribution for the type of test under consideration (terminal faults, short-line fault, out of phase, etc.) is known.

6.102.3.2.1 *Identical nature of the units*

The units of the circuit-breaker shall be identical in their shape, in their dimension and in their operating conditions; only the devices for controlling the voltage distribution among units may be different. In particular, the following conditions shall be fulfilled:

a) Operation of contacts

The opening, in breaking tests, or the closing, in making tests, of the contacts of one pole shall be such that the time interval between the opening or closing of the contacts of the unit which is first to operate and the contacts of the unit which is last to operate is not more than $\frac{1}{8}$ cycle of rated frequency. Rated operating pressures and voltages shall be used to determine this time interval (see Sub-clause 5.101).

b) Supply of the arc-extinguishing medium

For a circuit-breaker using a supply of arc-extinguishing medium from a source external to the units, the supply to each unit shall for all practical purposes be independent of the supply to the other units, and the arrangement of the supply pipes shall be such as to ensure that all units are fed essentially together and in an identical manner.

c) Condition of the arc-extinguishing medium

The design of the circuit-breaker and its units shall be such that during the breaking or making operations, the condition of the medium in which the arc is created (e.g. temperature, pressure, rate of flow, etc.) in each unit is for all practical purposes not influenced by the operation of the other units.

En particulier, ni l'alimentation en fluide d'extinction du ou des éléments en essai, ni les possibilités d'échappement des produits résultant de l'arc ne doivent être augmentées par suite de l'absence de l'arc dans les autres éléments normalement en série avec le ou les éléments en essai.

Il convient d'évacuer les gaz ionisés ou les vapeurs qui peuvent se trouver dans l'échappement de telle façon qu'ils ne puissent pas provoquer un mauvais fonctionnement d'un élément adjacent dans la même phase ou sur une autre phase, ou une défaillance de l'ensemble du disjoncteur par un amorçage partiel ou total à travers les gaz d'échappement.

6.102.3.2.2 Répartition de la tension

La tension d'essai est déterminée en analysant la répartition de tension entre les éléments du pôle.

La répartition de la tension entre les éléments d'un pôle qui dépend de l'influence de la terre doit être déterminée pour les conditions de l'essai correspondant indiquées pour les essais unipolaires. Pour les conditions correspondant au défaut aux bornes, voir les points c) et d) du paragraphe 6.103.3 et les figures 21a, 21b, 22a et 22b, pages 238 et 239, pour les conditions correspondant au défaut proche en ligne, le paragraphe 6.109.3 et pour les conditions en cas de discordance de phases, le paragraphe 6.110.2 et les figures 29, 30 et 31, pages 246 et 247. Lorsque les éléments ne sont pas disposés de façon symétrique, la répartition de la tension doit être également déterminée en inversant les connexions.

Si le disjoncteur est équipé de résistances en parallèle, la répartition de la tension doit être calculée ou mesurée statiquement à la fréquence équivalente intervenant dans la TTR.

Note 1. — Il est admis que la fréquence équivalente est égale à $1/(3 t_1)$ dans le cas de quatre paramètres ou à $1/(2 t_3)$ dans le cas de deux paramètres (voir figures 23 et 24 page 240).

Pour les essais par éléments séparés correspondant au défaut proche en ligne, la répartition de la tension doit être calculée ou mesurée statiquement en prenant pour base une tension du côté ligne à la fréquence fondamentale de l'oscillation de la ligne et une tension du côté de l'alimentation à la fréquence équivalente de la TTR correspondant aux défauts proches en ligne, le point commun aux deux tensions étant au potentiel de la terre.

Si la répartition de la tension est réalisée à l'aide de condensateurs, elle peut être calculée ou mesurée à la fréquence industrielle.

De plus, on doit tenir compte des tolérances de fabrication des résistances et des condensateurs. Le constructeur doit indiquer la valeur de ces tolérances.

Notes 2. — Il est possible de tenir compte du fait que la répartition de la tension peut être plus favorable lors des essais de coupure en cas de discordance de phases que lors des essais de défaut aux bornes ou lors des essais de défaut proche en ligne. Cela s'appliquera aussi lorsque, dans des cas exceptionnels, des essais devront être effectués dans des conditions de défauts isolés de la terre dans des réseaux à neutre à la terre.

3. — On n'a pas considéré l'influence de la pollution dans la détermination de la répartition de la tension. Dans certains cas, la pollution peut modifier cette répartition de la tension.

6.102.3.2.3 Conditions à remplir pour les essais par éléments séparés

Tous les essais par éléments séparés doivent être effectués sur le nombre maximal d'éléments en série compatible avec les possibilités de la station d'essai, aux courants correspondant aux pouvoirs de fermeture et de coupure spécifiés.

Lors des essais d'un seul élément, la tension d'essai doit être la tension de l'élément le plus sollicité dans le pôle complet du disjoncteur, déterminée conformément au paragraphe 6.102.3.2.2. Dans les conditions de défaut proche en ligne, l'élément de référence est celui qui est le plus sollicité à l'instant spécifié pour la première crête de la tension transitoire du côté ligne.

Lors des essais d'un groupe d'éléments, la tension apparaissant aux bornes de l'élément le plus sollicité du groupe doit être égale à la tension de l'élément le plus sollicité du pôle, les deux étant déterminées conformément au paragraphe 6.102.3.2.2.

In particular, neither the supply of extinguishing medium to the unit or units under test nor the ease of exhaust of products from the arc shall be increased owing to the absence of arcing in the other units normally in series with the unit or units under test.

Ionized gases or vapours which may be present in the exhaust should be so discharged that they cannot cause malfunctioning of adjacent units in the same or other phases, or failure of the circuit-breaker as a whole by flash-over either partially or totally through the exhaust gases.

6.102.3.2.2 *Voltage distribution*

The test voltage is determined by analyzing the voltage distribution between the units of the pole.

The voltage distribution between units of a pole as affected by the influence of earth shall be determined for the relevant test conditions laid down for tests on one pole; for terminal fault conditions see Items *c*) and *d*) of Sub-clause 6.103.3 and Figures 21a, 21b, 22a and 22b, pages 238 and 239, for short-line fault conditions Sub-clause 6.109.3 and for out-of-phase conditions Sub-clause 6.110.2 and Figures 29, 30 and 31, pages 246 and 247. Where the units are not symmetrically arranged, the voltage distribution shall be determined also with reverse connections.

If the circuit-breaker is fitted with parallel resistors, the voltage distribution shall be calculated or measured statically at the equivalent frequency involved in the TRV.

Note 1. — The equivalent frequency is deemed to be equal to $1/(3 t_1)$ in the case of four parameters or to $1/(2 t_2)$ in the case of two parameters (see Figures 23 and 24, page 241).

For short-line fault unit tests, the voltage distribution shall be calculated or measured statically on the basis of a voltage on the line side at the fundamental frequency of the line oscillation and a voltage on the source side at the equivalent frequency of the TRV for terminal faults, the common point of the two voltages being at earth potential.

If only capacitors are used, the voltage distribution may be calculated or measured at power frequency.

The manufacturing tolerances for resistors and capacitors shall be taken into account. The manufacturer shall state the value of these tolerances.

Notes 2. — It may be taken into account that the voltage distribution may be more favourable during the out-of-phase breaking tests than during the terminal or short-line fault tests. This applies also when in exceptional cases tests have to be performed under the conditions of unearthed faults in earthed neutral systems.

3. — The influence of pollution is not considered in determining the voltage distribution. In some cases, pollution may affect this voltage distribution.

6.102.3.2.3 *Requirements for unit testing*

All unit testing shall be performed on the maximum number of units in series compatible with the capabilities of the testing laboratory, at the specified making and breaking currents.

When testing a single unit, the test voltage shall be the voltage of the most highly stressed unit of the complete pole of the circuit-breaker determined in accordance with Sub-clause 6.102.3.2.2. For short-line fault conditions, the unit referred to is that most highly stressed at the specified time of the first peak of the line side transient voltage.

When testing a group of units, the voltage appearing at the terminals of the most highly stressed unit of the group shall be equal to the voltage of the most highly stressed unit of the pole, both determined in accordance with Sub-clause 6.102.3.2.2.

Au cours des essais par éléments séparés, l'isolation à la terre n'est pas soumise à une contrainte correspondant à la pleine tension qui apparaît pendant un essai de coupure effectué sur le disjoncteur complet. Pour certains types de disjoncteurs, tels que les disjoncteurs dont les pôles sont contenus dans une enveloppe métallique, il est toutefois nécessaire de prouver que l'isolation à la terre est capable de supporter cette pleine tension après l'interruption du courant de court-circuit assigné avec le temps d'arc maximal pour tous les éléments. Il convient de tenir compte aussi de l'influence des gaz d'échappement.

Notes 1. — Un essai peut être effectué avec le plein courant traversant tous les éléments d'un pôle et en appliquant simultanément une tension sur l'enveloppe à partir d'une source séparée.

2. — Des tensions de rétablissement plus élevées sont applicables aux courants inférieurs au pouvoir de coupure assigné, et il peut être nécessaire de vérifier aussi le comportement du disjoncteur dans ces conditions.

6.102.3.3 Essais en plusieurs parties

Dans la première partie, la partie initiale de la TTR ne doit pas traverser le segment de droite définissant le temps de retard et doit être conforme au tracé de référence spécifié jusqu'au point défini par la tension u_1 et le temps t_1 .

Dans la seconde partie le point défini par la tension u_c et le temps t_2 doit être atteint (voir figure 27, page 242).

Si la zone située sous le tracé de référence spécifié n'est pas suffisamment couverte par ces essais, un troisième essai est nécessaire avec une valeur de crête de TTR intermédiaire entre u_1 et u_c et le temps correspondant intermédiaire entre t_1 et t_2 .

Si les durées d'arc au cours des différentes parties d'un essai en plusieurs parties, pour un même instant de séparation des contacts par rapport à l'onde de courant, diffèrent de façon significative, il est nécessaire, pour la validité de l'essai, d'augmenter les durées d'arc les plus courtes, afin d'obtenir les durées d'arc les plus longues au cours de toutes les parties de l'essai en plusieurs parties.

6.102.4 Essais synthétiques

Un essai synthétique est défini comme un essai dans lequel la totalité ou la majeure partie du courant est obtenue à partir d'une source (circuit de courant à fréquence industrielle), et où la tension transitoire de rétablissement est entièrement ou partiellement obtenue à partir d'une ou de plusieurs sources séparées (circuits de tension), cette tension correspondant à la tension assignée du disjoncteur essayé. La tension de la source de courant à fréquence industrielle peut être une fraction de celle du circuit de tension.

Les prescriptions auxquelles doivent répondre les méthodes d'essais synthétiques utilisant des méthodes d'injection de courant ou d'injection de tension sont indiquées dans la Publication 427 de la CEI: Rapport sur les essais synthétiques des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.

Note. — Des méthodes d'essais synthétiques pour les essais de court-circuit autres que les méthodes à injection de courant ou à injection de tension, ainsi que des méthodes d'essais synthétiques pour les essais de courant de charge sont à l'étude.

6.102.5 Manœuvres à vide avant les essais

Avant d'entreprendre les essais d'établissement et de coupure, il y a lieu d'effectuer des manœuvres à vide au cours desquelles les caractéristiques de fonctionnement du disjoncteur, telles que la vitesse de déplacement, la durée de fermeture et la durée d'ouverture doivent être enregistrées.

Dans le cas d'un disjoncteur muni d'un déclencheur sous courant de fermeture, celui-ci ne doit pas fonctionner au cours des essais à vide.

Dans le cas de disjoncteurs à commande électrique, les manœuvres doivent être faites en alimentant le solénoïde de fermeture à 105%, 100% et 85% de la tension d'alimentation assignée du dispositif de fermeture, et les déclencheurs shunt d'ouverture à 110%, 100% et 85% en courant alternatif ou à 110%, 100% et 70% en courant continu, de la tension d'alimentation assignée.

During unit testing, the insulation to earth is not stressed with the full voltage occurring during a breaking operation of the complete circuit-breaker. For certain types of circuit-breakers, such as circuit-breakers in metal enclosures, it is therefore necessary to prove that the insulation to earth is capable of withstanding this full voltage after interruption of the rated short-circuit current with maximum arcing time in all units. The influence of exhaust gases should also be taken into account.

Notes 1. — A test may be carried out with full current flowing through all the units of a pole and by applying simultaneously a voltage from a separate source to the enclosure.

2. — Higher recovery voltages are applicable at currents lower than the rated breaking value and it may be necessary to check the behaviour of the circuit-breaker under these conditions also.

6.102.3.3 *Multi-part testing*

In the first part the initial portion of the TRV shall not cross the straight line defining the delay time and shall meet the specified reference line up to the voltage u_1 and the time t_1 .

In the second part, the voltage u_c and the time t_2 shall be attained (see Figure 27, page 243).

If by those tests the area below the specified reference line is not sufficiently covered a third test is necessary with a TRV peak value intermediate between u_1 and u_c and a time intermediate between t_1 and t_2 .

If the arcing times on separate tests forming part of one multipart test are significantly different, measured from the same point-on-wave of the contact separation, it is necessary for the validity of the test that the shorter arcing times are prolonged in order to obtain the longest arcing time in all tests.

6.102.4 *Synthetic tests*

A synthetic test is defined as a test in which all of the current, or a major portion of it, is obtained from one source (power-frequency current circuit) and in which the transient recovery voltage is obtained wholly or in part from one or more separate sources (voltage circuits), this voltage corresponding to the rated voltage of the tested circuit-breaker. The voltage of the power-frequency current source may be a fraction of that of the voltage circuit.

The requirements to be met when using synthetic test methods employing either current injection or voltage injection methods are stated in IEC Publication 427: Report on Synthetic Testing of High-voltage Alternating Current Circuit-Breakers.

Note. — Synthetic test methods for short-circuit testing other than current injection or voltage injection methods and synthetic test methods for load current testing are under consideration.

6.102.5 *No-load operations before tests*

Before commencing making and breaking tests, no-load operations shall be made and details of the operating characteristics of the circuit-breaker, such as speed of travel, closing time and opening time, shall be recorded.

For a circuit-breaker fitted with a making current release, it shall be shown that this does not operate on no-load.

For electrically operated circuit-breakers, operations shall be made with the closing solenoid energized at 105%, 100% and 85% of the rated supply voltage of the closing device and with the shunt opening release energized at 110%, 100% and 85% in the case of a.c., and 110%, 100% and 70% in the case of d.c. of the rated supply voltage.

Dans le cas des dispositifs de fermeture et d'ouverture à commande pneumatique ou oléopneumatique, les manœuvres doivent être faites dans les conditions suivantes, en se référant aux valeurs de pression minimale, assignée et maximale spécifiées aux paragraphes 5.5 et 5.6:

- a) à la pression minimale, les déclencheurs shunt d'ouverture étant alimentés à 85% en courant alternatif, ou 70% en courant continu, et les déclencheurs shunt de fermeture étant alimentés à 85% de la tension d'alimentation assignée;
- b) à la pression assignée, les déclencheurs shunt étant alimentés à la tension d'alimentation assignée;
- c) à la pression maximale, les déclencheurs shunt étant alimentés à 110% de la tension d'alimentation assignée;
- d) à la pression maximale, les déclencheurs shunt d'ouverture étant alimentés à 85% en courant alternatif, ou 70% en courant continu, et les déclencheurs shunt de fermeture étant alimentés à 85% de la tension d'alimentation assignée.

Dans le cas de disjoncteurs à commande par ressort, les manœuvres doivent être faites en alimentant les déclencheurs shunt de fermeture à 110%, 100% et 85% de la tension d'alimentation assignée, et les déclencheurs shunt d'ouverture à 110%, 100% et 85% en courant alternatif, ou à 110%, 100% et 70% en courant continu, de la tension d'alimentation assignée.

6.102.6 *Mécanismes de fermeture différents*

Si le disjoncteur est destiné à être utilisé avec différents types de mécanismes de fermeture, une série séparée de séquences d'essais de court-circuit doit être effectuée pour chaque type de mécanisme, à moins qu'il ne soit prouvé que le changement de mécanisme n'affecte pas les performances communes, en particulier en ce qui concerne les caractéristiques d'ouverture du disjoncteur.

Si cela peut être montré de manière satisfaisante, on n'exige qu'une seule série complète de séquences d'essais de court-circuit effectuée avec un des mécanismes différents, mais toute séquence d'essais de court-circuit qui comprend des manœuvres de fermeture (voir paragraphe 6.106.4) doit être répétée avec chacun des mécanismes différents.

6.102.7 *Comportement du disjoncteur pendant les essais*

Pendant les essais d'établissement et de coupure, le disjoncteur ne doit pas présenter de signes exagérés de fatigue, ni mettre en danger l'opérateur. En ce qui concerne les disjoncteurs à huile, il ne doit pas y avoir d'émissions extérieures de flammes et les gaz produits, ainsi que l'huile entraînée par ces gaz, doivent être canalisés et dirigés à l'extérieur de l'appareil dans une direction opposée à toute pièce conductrice sous tension et aux emplacements où des personnes peuvent se trouver.

Pour les autres types de disjoncteurs, s'il y a une émission appréciable de flammes ou de particules métalliques, on peut demander que les essais de court-circuit soient effectués avec des écrans métalliques placés au voisinage des parties sous tension et à la distance de sécurité spécifiée par le constructeur.

Les écrans doivent être isolés de la terre, mais y sont reliés à travers un dispositif convenable permettant de déceler tout passage d'un courant significatif à la terre.

Ce dispositif ne doit indiquer aucun passage significatif du courant pendant les essais, vers le bâti mis à la terre du disjoncteur ou vers les écrans si l'appareil en est muni. En cas de doute, il est recommandé de relier à la terre les parties qui sont mises à la terre par un fusible consistant en un fil de cuivre de 0,1 mm de diamètre et de 5 cm de longueur. Il est admis qu'aucun passage significatif de courant ne s'est produit si ce fusible est intact après l'essai.

Dans certaines circonstances, il est peut être nécessaire de maintenir une liaison électrique permanente entre le bâti du disjoncteur et la terre. Dans de tels cas, il est permis de mettre le bâti à la terre par l'intermédiaire de l'enroulement primaire d'un transformateur convenable de rapport 1:1, avec le fusible connecté aux bornes de l'enroulement secondaire du transformateur et avec un éclateur de protection sur les bornes secondaires.

For pneumatic or hydraulic operating devices, the operations shall be made under the following conditions with reference to the minimum, rated and maximum pressure specified in Sub-clauses 5.5 and 5.6:

- a) minimum pressure with the shunt opening releases energized at 85% in case of a.c., 70% in case of d.c. and with the shunt closing releases energized at 85% of the rated supply voltage.
- b) rated pressure with the shunt releases energized at the rated supply voltage,
- c) maximum pressure with the shunt releases energized at 110% of the rated supply voltage,
- d) maximum pressure with the shunt opening releases energized at 85% in case of a.c., 70% in case of d.c. and with the shunt closing releases energized at 85% of the rated supply voltage.

For spring-operated circuit-breakers, operations shall be made with the shunt closing releases energized at 110%, 100% and 85% of the rated supply voltage and with the shunt opening releases energized at 110%, 100% and 85% in case of a.c., and 110%, 100% and 70% in case of d.c. of the rated supply voltage.

6.102.6 *Alternative closing mechanisms*

If the circuit-breaker is designed for use with alternative closing mechanisms, a separate series of short-circuit test-duties shall be made for each type of mechanism, unless it can be shown that the change of mechanism does not affect the performance of the common portion, particularly with regard to the opening characteristics of the circuit-breaker.

If this can be satisfactorily shown, only a single complete series of short-circuit test-duties is required using one of the alternative mechanisms, but any short-circuit test-duty which includes making operations (see Sub-clause 6.106.4) shall be repeated with all other alternative mechanisms.

6.102.7 *Behaviour of circuit-breaker during tests*

During making and breaking tests, the circuit-breaker shall neither show signs of excessive distress nor endanger the operator. From oil circuit-breakers, there shall be no outward emission of flame, and the gases produced, together with the oil carried with the gases, shall be conducted from the circuit-breaker and directed away from all live conductors and locations where persons may be present.

For other types of circuit-breakers, if there is appreciable emission of flame or metallic particles, it may be required that the short-circuit tests shall be made with metallic screens placed in the vicinity of the live parts and separated from them by a safety clearance distance which the manufacturer shall specify.

The screens shall be insulated from earth but connected thereto by a suitable device to indicate any significant leakage current to earth.

There shall be no indication of significant leakage currents to the circuit-breaker earthed structure, or screens when fitted, during the tests. In case of doubt, the earthed parts, etc., should be connected to earth through a fuse consisting of a copper wire of 0.1 mm diameter and 5 cm long. No significant leakage is assumed to have occurred if this fuse wire is intact after the test.

In certain circumstances, it may be necessary to maintain a permanent electrical connection between the frame of the circuit-breaker and earth. In such cases it is permissible to earth the frame through the primary winding of a suitable transformer having a 1:1 ratio, with the fuse connected across the secondary winding of the transformer and with the secondary terminals protected by a spark gap.

Les surtensions produites pendant les essais de coupure de lignes à vide, de câbles à vide, de batteries de condensateurs et de faibles courants inductifs ne doivent pas dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur (voir paragraphe 4.107 à 4.110 et 4.112). Il ne doit pas se produire de contournement extérieur.

6.102.8 *Etat du disjoncteur après les essais*

6.102.8.1 *Généralités*

Le disjoncteur peut être examiné après chaque séquence d'essais. Ses parties mécaniques et ses isolateurs doivent être pratiquement dans le même état qu'avant la séquence d'essais.

6.102.8.2 *Etat après une séquence d'essais de court-circuit*

Après chaque séquence d'essais de court-circuit, le disjoncteur doit être capable d'établir et de couper son courant assigné en service continu sous sa tension assignée. Toutefois, il est admis que ses possibilités de fermeture et de coupure en court-circuit soient notablement réduites.

Les contacts principaux doivent être dans un état tel, en particulier en ce qui concerne l'usure due à l'arc, la surface de contact, la pression et la liberté de mouvement, qu'ils puissent supporter le courant assigné en service continu du disjoncteur sans que leur échauffement dépasse de plus de 10 K les valeurs spécifiées pour ces contacts dans le tableau V du paragraphe 4.4.2 de la Publication 694 de la CEI. En cas de doute, il peut être nécessaire d'effectuer un essai d'échauffement supplémentaire. L'expérience montre qu'une augmentation de la chute de tension aux bornes du disjoncteur ne peut être considérée comme une preuve certaine d'un accroissement de l'échauffement.

On ne considère les contacts comme «recouverts d'argent» que si une couche d'argent subsiste aux points de contact après l'une quelconque des séquences d'essais de court-circuit; dans le cas contraire, les contacts sont considérés comme «non recouverts d'argent» (voir Publication 694 de la CEI, tableau V, note 5).

6.102.8.3 *Etat après une série d'essais de court-circuit*

Pour vérifier le fonctionnement du disjoncteur après l'essai, des manœuvres de fermeture et d'ouverture à vide doivent être effectuées à la suite d'une série complète d'essais de court-circuit. Ces manœuvres à vide doivent être comparées avec les manœuvres correspondantes effectuées conformément au paragraphe 6.102.5 et ne doivent pas montrer de différences significatives. La fermeture et l'accrochage mécanique du disjoncteur doivent se faire d'une manière satisfaisante.

À la suite de la série complète des séquences d'essais de court-circuit, on peut s'attendre à des brûlures locales de la doublure isolante des cuves des disjoncteurs à huile; ces détériorations sont acceptables pourvu qu'elles ne rendent pas la doublure isolante incapable de remplir sa fonction. Cela ne s'applique pas aux doublures isolantes, tubes, cloisons de séparation, etc., constituant une partie de l'isolation principale du disjoncteur.

Une légère déformation des cloisons non métalliques de séparation des phases et des doublures isolantes de la cuve des disjoncteurs à huile peut être acceptée pourvu que cette déformation ne gêne pas l'ouverture et la fermeture normales du disjoncteur.

Si pour des raisons autres que le comportement du disjoncteur essayé, il est nécessaire d'effectuer un nombre de séquences d'essais de court-circuit supérieur aux exigences de cette norme, et si les détériorations de la doublure isolante de la cuve sont telles que le constructeur considère qu'il est désirable de la remplacer avant d'achever la série complète des séquences d'essais, l'indication des modifications et l'explication de leur nécessité doivent figurer dans le rapport d'essai.

Des détériorations de l'isolation principale (c'est-à-dire de l'isolation soumise à une contrainte électrique dans les conditions normales de fonctionnement, que le disjoncteur soit en position d'ouverture ou de fermeture) altérant l'isolation du disjoncteur disqualifient le disjoncteur. Des

Overvoltages produced during line-charging, cable-charging, capacitor bank and small inductive current breaking tests shall not exceed the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer (see Sub-clauses 4.107 to 4.110 and 4.112). External flashover shall not occur.

6.102.8 *Condition of circuit-breaker after tests*

6.102.8.1 *General*

The circuit-breaker may be inspected after any test-duty. Its mechanical parts and insulators shall be in practically the same condition as before the test-duty.

6.102.8.2 *Condition after a short-circuit test-duty*

After each short-circuit test-duty, the circuit-breaker shall be capable of making and breaking its rated normal current at the rated voltage, although its short-circuit making and breaking performance may be impaired.

The main contacts shall be in such a condition, in particular with regard to burning, contact area, pressure and freedom of movement, that they are capable of carrying the rated normal current of the circuit-breaker without their temperature rise exceeding by more than 10 K the values specified for them in Table V of Sub-clause 4.4.2 in IEC Publication 694. In case of doubt, it may be necessary to perform an additional temperature rise test. Experience shows that an increase of the voltage drop across the circuit-breaker cannot alone be considered as reliable evidence of an increase in temperature rise.

Contacts shall be considered as “silver-faced” only if there is still a layer of silver at the contact points after any of the short-circuit test-duties; otherwise they shall be treated as “not silver-faced” (see IEC Publication 694, Table V, Note 5).

6.102.8.3 *Condition after a short-circuit test series*

In order to check the operation of the circuit-breaker after test, no-load closing and opening operations shall be made at the completion of the entire series of short-circuit tests. These shall be compared with the corresponding operations made in accordance with Sub-clause 6.102.5 and shall show no significant change. The circuit-breaker shall close and latch satisfactorily.

After the completion of the entire series of short-circuit test-duties, local burning of the lining of oil circuit-breaker enclosures may be expected, and provided this does not render the lining incapable of performing its function, such damage is permissible. This does not apply to linings, tubes, barriers, etc., which form part of the main insulation of the circuit-breaker.

Slight distortion of non-metallic interphase barriers and tank linings may be permitted on oil circuit-breakers, provided such distortion does not interfere with the normal opening and closing of the circuit-breaker.

If, for reasons other than the behaviour of the tested circuit-breaker, it becomes necessary to perform a greater number of short-circuit test-duties than are required by this standard, and if the enclosure lining is so damaged that the manufacturer considers it desirable to change it before completing the entire series of test-duties, a statement of changes and necessary explanation shall be included in the test report.

Damage to main insulation (i.e. that which is subject to electrical stress under normal operating conditions with the circuit-breaker either open or closed) such that the insulation of the circuit-breaker is impaired shall disqualify the circuit-breaker. Damage to shields fitted for bushings or arc

détériorations aux écrans dont sont munis les traversées ou les dispositifs d'extinction de l'arc n'infirmant pas un résultat d'essai pourvu que l'intégrité des écrans soit notable et que ces derniers soient capables de continuer à remplir leur fonction. Un résultat est infirmé par des détériorations des surfaces de l'isolation le long desquelles peut se produire sous la tension normale un cheminement par rapport à la terre, entre phases ou sur la distance d'ouverture.

On ne peut donner aucun critère de détérioration de l'huile, car ce critère varie avec le disjoncteur essayé.

6.102.8.4 *Etat après une série d'essais autre qu'une série d'essais de court-circuit*

Après avoir effectué les séries d'essais de coupure spécifiées aux paragraphes 6.111.8 et 6.112, pour les lignes à vide, les câbles à vide, les batteries de condensateurs et les faibles courants inductifs et avant d'être remis en état, le disjoncteur doit être capable de fonctionner de façon satisfaisante lors de l'établissement et de la coupure de tous les courants inférieurs ou égaux à ses pouvoirs de fermeture et de coupure assignés en court-circuit.

De plus, le disjoncteur doit être capable de supporter son courant assigné en service continu avec un échauffement ne dépassant pas l'échauffement permis par le tableau V du paragraphe 4.4.2 de la Publication 694 de la CEI.

Les isolants ne doivent pas montrer de signes évidents de perforation interne, de contournement ou de cheminement; on admet toutefois une usure modérée des parties des dispositifs d'extinction d'arc exposées à l'action de ce dernier.

Note. — La vérification de la conformité aux exigences ci-dessus n'est nécessaire qu'en cas de doute.

6.102.8.5 *Remise en état après une séquence d'essais de court-circuit et d'autres séries d'essais*

Il est admis qu'à la suite d'une séquence d'essais de court-circuit ou d'autres séries d'essais, il peut être nécessaire de procéder à la maintenance du disjoncteur en vue de le remettre dans l'état initial spécifié par le constructeur. Par exemple, il est admis qu'il soit nécessaire:

- a) de réparer ou de remplacer les contacts d'arc ainsi que toute autre pièce interchangeable recommandée par le constructeur;
- b) de filtrer ou de remplacer l'huile ou tout autre fluide d'extinction et d'y ajouter la quantité nécessaire pour rétablir son niveau normal ou sa densité;
- c) de nettoyer l'isolation interne pour la débarrasser des dépôts provenant de la décomposition du fluide d'extinction.

6.102.9 *Disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc*

Il est reconnu que lorsqu'on effectue des essais de coupure sur des disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc, il peut y avoir de grandes variations dans la sévérité réelle des essais pour le même réglage du circuit, dues au point de l'onde de courant auquel se produit la séparation des contacts. Pour cette raison, les prescriptions indiquées ci-dessous aux points (A) et (B) doivent être remplies pour les disjoncteurs ayant des durées d'arc (jusqu'à l'extinction de l'arc principal, pour les disjoncteurs ayant des résistances intercalaires) ne dépassant pas une période pour le premier pôle qui coupe.

Les essais des points (A)2) et (B)2) consistent en trois manœuvres valables, quelle que soit la séquence de manœuvre assignée. Après le nombre de manœuvres prévu conformément à la séquence de manœuvre assignée, le disjoncteur peut être remis en état conformément au paragraphe 6.102.8.5.

(A) *Essais triphasés*

- 1) Séquences d'essais n^{os} 1, 2, 3, 4, 4b (paragraphe 6.106.1 à 6.106.4)

Pour ces séquences d'essais, l'ordre d'ouverture doit être avancé d'environ 40 degrés électriques entre chaque manœuvre d'ouverture.

control devices shall not invalidate the performance provided the shields remain substantially intact and are capable of continuing to perform their function. Damage to surfaces of insulation along which creepage may occur under normal voltage, either to earth, between poles or across the break, invalidates the performance.

No criterion of oil deterioration can be given, as this will depend upon the particular circuit-breaker tested.

6.102.8.4 *Condition after a test series other than a short-circuit test series*

The circuit-breaker shall, after performing the line-charging, cable-charging, capacitor bank and small inductive current breaking test series specified in Sub-clauses 6.111.8 and 6.112, before reconditioning, be capable of operating satisfactorily at any making and breaking current up to its rated short-circuit making and breaking current.

In addition the circuit-breaker shall be capable of carrying its rated normal current with a temperature rise not in excess of the temperature rise permitted by Table V of Sub-clause 4.4.2 in IEC Publication 694.

There shall be no evidence of internal puncture, flashover or tracking of insulating materials, except that moderate wear of the parts of arc control devices exposed to the arc is permissible.

Note. — Verification of compliance with the above requirements is necessary only in case of doubt.

6.102.8.5 *Reconditioning after a short-circuit test-duty and other test series*

It is understood that after performing a short-circuit test-duty or other test series it may be necessary to carry out maintenance work on the circuit-breaker in order to restore it to the original conditions specified by the manufacturer. For example, the following may be necessary:

- a) repair or replacement of the arcing contacts and any other renewable parts recommended by the manufacturer;
- b) renewal or filtration of the oil, or of any other extinguishing medium, and the addition of any quantity of the medium necessary to restore its normal level or density;
- c) removal of deposit caused by the decomposition of the extinguishing medium from internal insulation.

6.102.9 *Circuit-breakers with short arcing times*

It is recognized that, when breaking tests are made on circuit-breakers having short arcing times, there may be great variation in actual severity of tests with the same circuit setting due to the point on the current wave at which contact separation occurs. For this reason, the testing procedure for circuit-breakers with arcing times (to the extinction of the main arc for circuit-breakers with switching resistors) not exceeding one cycle for the first pole to clear is given below under Items (A) and (B).

The tests under Items (A)2) and (B)2) consist of three valid operations independent of the rated operating sequence. After the number of operations provided for in accordance with the rated operating sequence the circuit-breaker may be reconditioned in accordance with Sub-clause 6.102.8.5.

(A) *Three-phase tests*

1) Test-duties Nos. 1, 2, 3, 4, 4b (Sub-clauses 6.106.1 to 6.106.4)

For these test-duties, the setting of the control of the tripping impulse shall be advanced by approximately 40 electrical degrees between each opening operation.

2) Séquence d'essais n° 5 (paragraphe 6.106.5)

Etant donné que la sévérité des essais de cette séquence peut varier beaucoup en fonction de l'instant de séparation des contacts, une procédure a été mise au point pour aboutir à une contrainte correcte du disjoncteur en essai. L'objectif est d'aboutir à une série de trois essais valables. L'instant d'établissement du court-circuit est modifié de 60 degrés électriques entre chaque essai afin de transférer successivement sur chaque phase la composante apériodique requise à l'instant de séparation des contacts.

De plus, on cherche à obtenir au moins une fois au cours de la série d'essais la condition de première phase qui coupe dans la phase soumise à la composante apériodique requise afin de répondre aux exigences de la TTR. Cet essai est valable si le courant est interrompu dans cette phase à l'issue d'un arc durant une grande alternance complète ou la plus grande partie de celle-ci. Etant donné que certains disjoncteurs ne couperont pas à l'issue de la grande alternance, l'essai est encore valable si l'arc se prolonge durant la petite alternance suivante. Cependant, si le disjoncteur coupe dans la phase soumise à la composante apériodique requise après une grande alternance réduite ou après une petite alternance sans que l'arc soit produit durant la grande alternance précédente ou la plus grande partie de celle-ci, l'essai n'est pas considéré comme valable.

La procédure est la suivante:

Pour la première manœuvre valable, l'établissement du court-circuit et le réglage de l'ordre d'ouverture doivent être tels que:

- la composante apériodique requise à l'instant de séparation des contacts est obtenue dans une phase;
- l'extinction de l'arc se produit dans la même phase à l'issue d'une grande alternance (ou la plus grande partie possible de cette alternance) dans le cas de la première phase qui coupe ou à l'issue d'une grande alternance allongée (ou de la plus grande partie possible de cette alternance) dans le cas de l'une des dernières phases qui coupent.

Pour la deuxième manœuvre, l'instant d'établissement du court-circuit est avancé de 60 degrés électriques.

Si la première manœuvre répondait aux conditions de la première phase qui coupe après une grande alternance, l'ordre d'ouverture est avancé de 130 degrés électriques environ par rapport au premier essai valable. Dans les autres cas, et à condition que le premier essai soit valable, l'ordre d'ouverture est avancé de 25 degrés électriques environ.

Pour la troisième manœuvre, la procédure de la deuxième manœuvre peut être répétée, c'est-à-dire que l'instant d'établissement du court-circuit est avancé de 60 degrés électriques par rapport au deuxième essai.

Si la deuxième manœuvre répondait aux conditions de la première phase qui coupe après une grande alternance l'ordre d'ouverture est avancé de 130 degrés électriques environ par rapport au deuxième essai valable. Dans les autres cas, et à condition que le deuxième essai soit valable, l'ordre d'ouverture est avancé de 25 degrés électriques environ.

(B) Essais monophasés

1) Séquence d'essais n°s 1, 2, 3, 4, 4b et essais de défaut proche en ligne (paragraphe 6.106.1 à 6.106.4 et 6.109.5)

Afin de réaliser la première coupure valable, la séparation des contacts est avancée par rapport à un passage par zéro de courant de façon que toute avance supplémentaire entraîne une coupure à ce zéro de courant. Il peut être nécessaire d'effectuer plus d'un essai pour obtenir ce résultat.

Pour la deuxième coupure, l'ordre d'ouverture est avancé d'environ 60 degrés électriques par rapport à la première coupure valable.

2) Test-duty No. 5 (Sub-clause 6.106.5)

Since the severity of the tests for this duty can vary widely depending on the moment of contact separation a procedure has been developed in order to arrive at realistic stresses on the circuit-breaker under test. The intention is to arrive at a series of three valid tests. The initiation of the short-circuit changes 60 electrical degrees between tests in order to transfer the required d.c. component at the moment of contact separation from phase to phase.

Furthermore it is the intention to have at least once during the test series a first phase to clear condition in the phase with the required d.c. component in order to comply with the TRV requirements. This test is valid if in this phase the current is interrupted after arcing during a full major loop or the greatest possible part thereof. Since some circuit-breakers will not clear after a major loop, a test is still valid if arcing goes on during a subsequent minor loop. However, if the circuit-breaker clears in the phase with the required d.c. component after a foreshortened major loop or after a minor loop without arcing during a preceding major loop or the greatest possible part thereof, the test shall be considered invalid.

The procedure is as follows:

For the first valid operation the initiation of short-circuit and the setting of the control of the tripping impulse shall be such that:

- a) the required d.c. component at contact separation is obtained in one phase;
- b) arc extinction occurs in the same phase after a major loop (or the greatest possible part of that loop) in case of the first phase to clear or after a major extended loop (or the greatest possible part of that loop) in case of one of the last phases to clear.

For the second operation, the initiation of short-circuit shall be advanced by 60 electrical degrees.

If the first operation was a first phase to clear after a major loop, the setting of the control of the tripping impulse shall be advanced by approximately 130 electrical degrees with respect to the first valid test. In other cases, provided that the first test is valid, this shall be approximately 25 electrical degrees.

For the third operation, the procedure for the second operation may be repeated, i.e. the initiation of short-circuit shall be advanced by 60 electrical degrees with respect to the second test.

If the second operation was a first phase to clear after a major loop, the setting of the control of the tripping impulse shall be advanced by approximately 130 electrical degrees with respect to the second valid test. In other cases, provided that the second test is valid, this shall be approximately 25 electrical degrees.

(B) *Single-phase tests*

1) Test-duties Nos. 1, 2, 3, 4, 4b and short-line fault tests (Sub-clauses 6.106.1 to 6.106.4 and 6.109.5).

To achieve the first valid breaking operation, contact separation shall be advanced relative to one current zero such that any further advance would result in clearance at that current zero. It may be necessary to make more than one test to achieve this.

For the second breaking operation, the setting of the control of the tripping impulse shall be advanced by approximately 60 electrical degrees from that of the first valid breaking operation.

Si lors de la deuxième coupure, l'extinction de l'arc se produit au premier passage par zéro de courant, alors la troisième coupure est faite comme la première coupure valable en ce qui concerne l'ordre d'ouverture. Si, lors de la deuxième coupure, l'extinction de l'arc ne se produit pas au premier passage par zéro du courant, lors de la troisième coupure l'ordre d'ouverture est avancé d'environ 60 degrés électriques par rapport à la deuxième coupure.

2) Séquence d'essais n° 5 (paragraphe 6.106.5)

Une première coupure valable doit être établie de telle manière que l'extinction de l'arc se produise à la fin de la grande alternance. La séparation des contacts doit avoir lieu pendant, ou même avant, la petite alternance précédente. Il peut être nécessaire d'effectuer plus d'un essai pour obtenir cet essai valable.

Une deuxième coupure est effectuée en avançant l'ordre d'ouverture de 60 degrés électriques environ par rapport à l'instant défini précédemment. Cette deuxième coupure est valable seulement si l'extinction de l'arc se produit après la petite alternance. Si l'extinction de l'arc ne se produit pas à la fin de la petite alternance, alors la première manœuvre n'est pas valable.

Une troisième coupure est effectuée en retardant l'ordre d'ouverture de 60 degrés électriques environ par rapport à la première manœuvre valable.

3) Séquences d'essais en discordance de phase (paragraphe 6.110.4)

Pour la séquence d'essais n° 1, la deuxième coupure doit être effectuée en retardant l'ordre d'ouverture de 60 degrés électriques par rapport à la première coupure. Si l'interruption se produit au même passage par zéro du courant que lors de la première coupure, un troisième essai est effectué en retardant à nouveau de 60 degrés électriques l'ordre d'ouverture.

Pour la séquence d'essais n° 2, les ordres d'ouverture des deux manœuvres de coupure sont séparés de 60 degrés électriques.

Pour les essais directs, la procédure mentionnée ci-dessus peut conduire à un arc durant plus d'une alternance. De façon à effectuer les essais synthétiques sur les mêmes bases, l'arc dans le disjoncteur essayé doit être prolongé du nombre nécessaire de passages par zéro du courant à fréquence industrielle au moyen du réallumage forcé.

6.103 *Circuit d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit*

6.103.1 *Facteur de puissance*

Le facteur de puissance de chaque phase est déterminé suivant l'une des méthodes indiquées dans l'annexe DD.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Lors des essais, cette valeur moyenne ne doit pas être supérieure à 0,15.

Le facteur de puissance d'une phase quelconque ne doit pas s'écarter de la moyenne de plus de 25% de celle-ci.

6.103.2 *Fréquence*

Les disjoncteurs doivent être essayés à la fréquence assignée, avec une tolérance de $\pm 10\%$.

Toutefois, pour des raisons de commodité d'essais, des écarts sur la tolérance ci-dessus sont permis; par exemple, lorsque les disjoncteurs dont la fréquence assignée est de 50 Hz sont essayés à 60 Hz et vice versa, il convient d'interpréter les résultats avec précaution et de tenir compte de toutes les données significatives telles que le type du disjoncteur et le type d'essai effectué.

Note. — Dans certains cas, les caractéristiques assignées d'un disjoncteur peuvent être différentes suivant qu'il est utilisé à 60 Hz ou à 50 Hz.

If during the second breaking operation arc extinction occurs at the first current zero, then the third breaking operation shall be made with the same setting of the control of the tripping impulse as the first valid breaking operation. If during the second breaking operation arc extinction does not occur at the first current zero, then the third breaking operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse advanced by approximately 60 electrical degrees from that of the second breaking operation.

2) Test duty No. 5 (Sub-clause 6.106.5)

A first valid operation shall be established in such a way that arc extinction occurs at the end of the major loop. Contact separation shall occur in or even before the preceding minor loop. It may be necessary to make more than one test to achieve this valid test.

Relative to this moment of contact separation a second breaking operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse advanced by approximately 60 electrical degrees. This second operation is valid only if arc extinction occurs after the minor loop. If arc extinction does not occur at the end of the minor loop, then the first operation is invalid.

A third operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse retarded by approximately 60 electrical degrees with respect to the first valid operation.

3) Out-of-phase test duties (Sub-clause 6.110.4)

For test duty No. 1 the second breaking operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse 60 electrical degrees retarded with respect to the first operation. If the interruption occurs in the same current zero as in the first operation, then a third test with the setting of the control of the tripping impulse further retarded by 60 electrical degrees shall be made.

For test duty No. 2 the setting of the control of the tripping impulse of the two breaking operations shall be 60 electrical degrees apart.

For direct tests the above mentioned procedure may lead to more than one loop of arcing. In order to perform synthetic tests on the same basis the arcing of the tested circuit-breaker shall be prolonged through the necessary number of zeros of power-frequency current by means of forced reignition.

6.103 *Test circuits for short circuit making and breaking tests*

6.103.1 *Power factor*

The power factor in each phase shall be determined in accordance with one of the methods described in Appendix DD.

The power factor of a polyphase circuit shall be taken as the average of the power factors in each phase.

During the tests, this average value shall not exceed 0.15.

The power factor of any phase shall not vary from the average by more than 25% of the average.

6.103.2 *Frequency*

Circuit-breakers shall be tested at rated frequency with a tolerance of $\pm 10\%$.

However, for convenience of testing, some deviations from the above tolerance are allowable; for example, when circuit-breakers rated at 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be exercised in the interpretation of the results, taking into account all significant facts such as the type of the circuit-breaker and the type of test performed.

Note. — In some cases, the rated characteristics of a circuit-breaker may be different for use at 60 Hz and for use at 50 Hz.

6.103.3 Mise à la terre du circuit d'essai

Les connexions à la terre du circuit d'essai pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit doivent être conformes aux prescriptions suivantes et doivent, dans tous les cas, figurer sur le schéma du circuit d'essai faisant partie du rapport d'essai (voir annexe CC, paragraphe 2.4, point g)).

- a) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,5:

Le disjoncteur (avec son bâti mis à la terre comme en service) est branché dans un circuit ayant le point neutre de l'alimentation isolé et le point de court-circuit mis à la terre comme indiqué sur la figure 19a, page 236, ou vice versa comme indiqué sur la figure 19b, page 236, si l'essai ne peut être effectué que de cette dernière façon.

Ces circuits d'essai donnent un facteur de premier pôle de 1,5.

Conformément à la figure 19a, le neutre du circuit d'alimentation peut être mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance. La valeur de cette résistance est aussi élevée que possible et, exprimée en ohms, n'est en aucun cas inférieure à $U/10$, où U est la valeur numérique, exprimée en volts, de la tension entre phases du circuit d'essai.

Quand un circuit d'essai conforme à la figure 19b est utilisé, il est reconnu que dans le cas d'un défaut à la terre sur une borne du disjoncteur en essai, le courant de terre résultant peut être dangereux. En conséquence, il est permis de relier le neutre du circuit d'alimentation à la terre par l'intermédiaire d'une impédance appropriée.

- b) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,3:

Le disjoncteur (avec son bâti mis à la terre comme en service) est branché dans un circuit d'essai ayant le point neutre de l'alimentation mis à la terre par une impédance appropriée et le point de court-circuit mis à la terre comme indiqué sur la figure 20a, page 237, ou vice versa comme indiqué sur la figure 20b, page 237, si l'essai ne peut être effectué que de cette dernière façon.

On choisit l'impédance reliée au point neutre de façon à obtenir un facteur de premier pôle de 1,3.

- c) Pour les essais en monophasé d'un pôle séparé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,5,

- destiné à une utilisation générale, quelles que soient les conditions de mise à la terre du neutre du réseau:

Le circuit d'essai et le bâti du disjoncteur sont connectés comme indiqué sur la figure 21a, page 238, de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit d'essai indiqué sur la figure 19a.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord de l'utilisateur, on peut utiliser un circuit d'essai dont un point intermédiaire de l'alimentation est mis à la terre avec, de préférence, la répartition de tension indiquée sur la figure 21b, page 238.

- destiné à être utilisé sur un réseau à neutre à la terre et pouvant faire l'objet de courts-circuits isolés de la terre:

Le circuit d'essai et le bâti du disjoncteur sont connectés comme indiqué sur la figure 21b de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit d'essai indiqué sur la figure 19b.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord du constructeur, le circuit d'essai indiqué sur la figure 21a peut être utilisé.

- d) Pour les essais en monophasé d'un pôle séparé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,3:

6.103.3 Earthing of test circuit

The connections to earth of the test circuit for short-circuit making and breaking tests shall be in accordance with the following requirements and shall in all cases be indicated in the diagram of the test circuit included in the test report (see Appendix CC, Sub-clause 2.4, Item g)).

- a) For three-phase tests of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.5:

The circuit-breaker (with its structure earthed as in service) shall be connected in a test circuit having the neutral point of the supply isolated and the short-circuit point earthed as shown in Figure 19a, page 236, or vice versa as shown in Figure 19b, page 236, if the test can be made only in the latter way.

These test circuits give a first-pole-to-clear factor of 1.5.

In accordance with Figure 19a, the neutral of the supply source may be earthed through a resistor, the resistance of which is as high as possible and, expressed in ohms, in no case less than $U/10$, where U is the numerical value in volts of the voltage between lines of the test circuit.

When a test circuit according to Figure 19b is used, it is recognized that in case of an earth fault at one terminal of the test circuit-breaker, the resulting earth current could be dangerous. It is consequently permitted to connect the supply neutral to earth through an appropriate impedance.

- b) For three-phase tests of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.3:

The circuit-breaker (with its structure earthed as in service) shall be connected in a test circuit having the neutral point of the supply connected to earth by an appropriate impedance and the short-circuit point earthed as shown in Figure 20a, page 237, or vice versa as shown in Figure 20b, page 237, if the test can be made only in the latter way.

The impedance in the neutral connection shall be selected appropriate to a first-pole-to-clear factor of 1.3.

- c) For single-phase tests of a single pole of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.5,

— intended for universal use irrespective of the earthing condition of the system neutral:

The test circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 21a, page 238, so that the voltage conditions between live parts and the structure after arc extinction are the same as those which would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the test circuit shown in Figure 19a.

For convenience of the test station, subject to agreement of the user, the test circuit can be used with an intermediate point of the supply earthed, the voltage distribution preferably being as shown in Figure 21b, page 238.

— intended for use on systems with earthed neutral subject to unearthed faults:

The test circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 21b so that the voltage conditions between live parts and the structure after arc extinction are the same as those which would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the test circuit shown in 19b.

For convenience of the test station, subject to agreement of the manufacturer, the test circuit shown in Figure 21a can be used.

- d) For single-phase tests of a single pole of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.3:

Le circuit d'essai et le bâti du disjoncteur sont connectés comme indiqué sur la figure 22a, page 239, de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit d'essai indiqué sur la figure 20a, page 237.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord de l'utilisateur, on peut utiliser un circuit d'essai dont un point intermédiaire de l'alimentation est mis à la terre avec, de préférence, la répartition de tension indiquée sur la figure 22b, page 239.

e) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur unipolaire:

Le circuit d'essai et le bâti du disjoncteur sont connectés de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et la terre dans le disjoncteur soit la même après la coupure qu'en service normal. Il doit être fait mention sur le rapport d'essai des connexions adoptées.

6.103.4 Raccordement du circuit d'essai au disjoncteur

Dans le cas où les dispositions matérielles d'un côté du disjoncteur ne sont pas semblables à celles qui existent de l'autre côté, le côté sous tension du circuit d'essai doit être relié, lors de l'essai, au côté du disjoncteur dont le raccordement présente les conditions les plus sévères, en ce qui concerne la tension par rapport à la terre, sauf dans le cas où l'alimentation du disjoncteur s'effectue par construction toujours du même côté.

En cas de doute, les séquences d'essais n^{os} 1 et 2 (paragraphe 6.106) doivent être effectuées avec une alimentation différente et de même les séquences d'essais n^{os} 4 et 5. Si la séquence d'essais n^o 5 n'est pas effectuée, la séquence d'essais n^o 4 doit être effectuée une fois avec chacune des deux alimentations.

6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit

Lorsqu'une tolérance n'est pas spécifiée, les essais de type doivent être effectués à des valeurs au moins aussi sévères que les valeurs spécifiées; les limites supérieures doivent recevoir l'accord du constructeur.

6.104.1 Tension appliquée avant les essais d'établissement en court-circuit

Pour les essais d'établissement en court-circuit du paragraphe 6.106.4, la tension appliquée doit être la suivante:

a) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, la valeur moyenne des tensions appliquées doit être au moins égale à la tension assignée U divisée par $\sqrt{3}$ et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10% sans l'accord du constructeur.

Les différences entre la valeur moyenne des tensions appliquées et les tensions appliquées sur chacun des pôles ne doivent pas dépasser 5%.

b) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur tripolaire, la tension appliquée doit être au moins égale à la valeur de la tension entre phase et terre $U/\sqrt{3}$ et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10% sans l'accord du constructeur.

Note. — Avec l'accord du constructeur et pour des raisons de commodité d'essais, il est permis d'appliquer une tension égale à la tension entre phase et terre multipliée par le facteur de premier pôle (1,3 ou 1,5) du disjoncteur.

Lorsque le disjoncteur peut être prévu pour une manœuvre de refermeture unipolaire et que l'écart de temps maximal entre les entrées en contact des pôles lors de la manœuvre de fermeture tripolaire qui suit dépasse une demi-période de la fréquence assignée (voir paragraphe 5.101, note 2), la tension appliquée doit être égale à la tension entre phase et terre multipliée par le facteur de premier pôle (1,3 ou 1,5) du disjoncteur.

c) Pour un disjoncteur unipolaire, la tension appliquée doit être au moins égale à la tension assignée et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10% sans l'accord du constructeur.

The test circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 22a, page 239, so that the voltage conditions between live parts and the structure after extinction are approximately the same as those that would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the test circuit shown in Figure 20a, page 237.

For convenience of the test station, subject to agreement of the user, the test circuit can be used with an intermediate point of the supply earthed, the voltage distribution preferably being as shown in Figure 22b, page 239.

e) For single-phase tests of a single-pole circuit-breaker:

The test circuit and the circuit-breaker structure shall be connected so that the voltage conditions between live parts and earth within the circuit-breaker after arc extinction reproduce the service voltage conditions. The connections used shall be indicated in the test report.

6.103.4 Connection of test circuit to circuit-breaker

Where the physical arrangement of one side of the circuit-breaker differs from that of the other side, the live side of the test circuit shall be connected for test to that side of the circuit-breaker, connection with which gives the more severe conditions with respect to voltage to earth, unless the circuit-breaker is especially designed for feeding from one side only.

In case of doubt, the Test-duties Nos. 1 and 2 (Sub-clause 6.106) shall be made with opposite connections, and likewise Test-duties Nos. 4 and 5. If Test-duty No. 5 is omitted, Test-duty No. 4 shall be made with each of the two connections.

6.104 Short-circuit test quantities

Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values not less severe than the specified values; the upper limits are subject to the consent of the manufacturer.

6.104.1 Applied voltage before short-circuit making tests

For the short-circuit making tests of Sub-clause 6.106.4 the applied voltage shall be as follows:

- a) For three-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the average value of the applied voltages shall not be less than the rated voltage U divided by $\sqrt{3}$ and shall not exceed this value by more than 10% without the consent of the manufacturer.

The differences between the average value and the applied voltages of each pole shall not exceed 5%.

- b) For single-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the applied voltage shall not be less than the phase-to-earth value $U/\sqrt{3}$ and shall not exceed this value by more than 10% without the consent of the manufacturer.

Note. — With the manufacturer's consent it is permissible, for convenience of testing, to apply a voltage equal to the product of the phase-to-earth voltage and the first-pole-to-clear factor (1.3 or 1.5) of the circuit-breaker.

Where the circuit-breaker can be arranged for a single-pole reclosing operation and the maximum time difference between the contacts touching in a subsequent three-pole closing operation exceeds one half cycle of rated frequency (compare Sub-clause 5.101, Note 2) the applied voltage shall be the product of the phase-to-earth voltage and the first-pole-to-clear factor (1.3 or 1.5) of the circuit-breaker.

- c) For a single-pole circuit-breaker, the applied voltage shall not be less than the rated voltage and shall not exceed this value by more than 10% without the consent of the manufacturer.

6.104.2 (*Valeur de crête du*) *Courant établi en court-circuit*

Lorsque la valeur de crête du courant établi en court-circuit n'atteint pas 100% du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit au cours de chacun des deux essais pour lesquels cette valeur est spécifiée au paragraphe 6.106.4, ces essais restent valables si la valeur de crête du courant établi en court-circuit atteint 100% au cours d'un essai et 90% au cours de l'autre essai.

Lorsque le préarc d'un disjoncteur est tel que le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit n'est pas atteint lors de la première manœuvre fermeture-ouverture de la séquence d'essais n° 4 et que même après un réglage des temps n'est pas atteint lors de la deuxième manœuvre fermeture-ouverture, la station d'essais doit adopter la procédure suivante. Cette procédure doit être appliquée seulement dans le cas d'essais monophasés puisque lors des essais triphasés, les exigences mentionnées aux points a) et b) ci-dessous sont considérées comme étant correctement vérifiées par la séquence d'essais n° 4 normale.

Etant donné que le préarc dépend directement de la tension appliquée, il est probable que la séquence d'essais n° 4 sera le plus souvent décomposée en séquences d'essais 4a et 4b afin d'éviter de contraindre anormalement le disjoncteur. Dans ce cas, la séquence d'essais n° 4a décrite au paragraphe 6.106.4.1 doit être effectuée suivant la séquence $O-t-CO-t'-CO$ avec courant établi assigné présumé en court-circuit à la tension entre phase et terre et avec un courant coupé en court-circuit aussi proche que possible du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Lorsqu'on constate un préarc, deux cas sont à considérer:

- a) lorsque le courant établi en court-circuit n'atteint pas la valeur demandée lors des deux essais fermeture-ouverture à cause du préarc, on doit démontrer que la valeur de courant établi en court-circuit atteinte représente les conditions auxquelles doit satisfaire le disjoncteur;
- b) lorsque le préarc du disjoncteur est appréciable, un essai fermeture-ouverture spécial doit être effectué pour prouver que le disjoncteur peut supporter la contrainte qui lui est appliquée lorsque le préarc est tel qu'un courant symétrique est établi.

Dans les deux cas précédents, on doit effectuer des essais supplémentaires et comme il est très difficile de distinguer les deux cas l'un de l'autre, la même procédure d'essai a été établie pour les deux. Cette procédure cherche à démontrer que:

- c) le courant établi maximal possible en court-circuit a été atteint;
- d) le disjoncteur peut établir et couper un courant symétrique résultant d'un préarc qui débute sur la crête de la tension appliquée.

La condition du point c) est probablement remplie lorsqu'une manœuvre de fermeture est effectuée après remise en état du disjoncteur. La condition du point d) peut être remplie seulement après qu'une ou plusieurs manœuvres d'ouverture aient été effectuées. Par conséquent, si lors de la séquence d'essais n° 4 ou 4a l'un des points a) ou b) se produit, la séquence d'essais doit être effectuée complètement puis une séquence d'essais supplémentaire $CO-t'-CO$ doit être effectuée après remise en état du disjoncteur. La première manœuvre de fermeture doit vérifier la condition du point c) et la deuxième manœuvre fermeture-ouverture doit vérifier la condition du point d). Le deuxième essai CO peut être supprimé si la condition du point d) a déjà été remplie au cours de la séquence d'essais normale n° 4 ou 4a.

Les essais doivent être effectués à la tension entre phase et terre et le courant établi présumé en court-circuit doit être au moins égal au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit et le courant coupé en court-circuit doit être aussi proche que possible du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

6.104.3 *Courant coupé en court-circuit*

Le courant coupé en court-circuit par un disjoncteur doit être mesuré à l'instant de la séparation des contacts, conformément aux indications de la figure 8, page 98, et doit être exprimé par les deux valeurs ci-dessous:

6.104.2 *Short-circuit (peak) making current*

When the short-circuit making current does not attain 100% of the rated short-circuit making current in both tests for which this value is specified in Sub-clause 6.106.4, these tests are still valid if the short-circuit making current attains 100% in one test and 90% in the other test.

Where a circuit-breaker exhibits pre-arcing to such an extent that the rated short-circuit making current is not attained during the first close-open operation of Test-duty No. 4 and even after adjustment of the timing, the rated short-circuit making current is not achieved during the second close-open operation, testing stations shall adopt the following procedure. The procedure shall be applied only in the case of single-phase testing since during three-phase tests the requirements outlined in Items *a)* and *b)* below are considered to be adequately demonstrated during the normal Test-duty No. 4.

As the amount of pre-arcing is directly dependent on the applied voltage it is likely that in the majority of cases Test-duty No. 4 is undertaken as Test-duties Nos. 4a and 4b in order to avoid undue stressing of the circuit-breaker. In such cases Test-duty No. 4a given in Sub-clause 6.106.4.1 shall be carried out as $O-t-CO-t'-CO$ with prospective rated short-circuit making current at phase-to-earth voltage and with the short-circuit breaking current as close as is possible to the rated short-circuit breaking current.

When the circuit-breaker exhibits pre-arcing, two cases have to be considered:

- a)* when the required short-circuit making currents are not attained in the two close-open tests due to pre-arcing, evidence shall be produced that the short-circuit making currents attained are representative of conditions the circuit-breaker is required to meet;
- b)* when the circuit-breaker exhibits appreciable pre-arcing, a special close-open test has to be performed to prove that the circuit-breaker can withstand the stresses present when pre-arcing is such that a symmetrical current is initiated.

In either of the above cases additional tests are required and since it is extremely difficult to differentiate between the two cases the same test procedure has been established for both. The procedure aims to demonstrate that:

- c)* the maximum possible short-circuit making current has been attained;
- d)* the circuit-breaker can close and open against a symmetrical current as a result of pre-arcing commencing at a peak of the applied voltage.

Condition of Item *c)* is likely to be met when a closing operation is made with a reconditioned circuit-breaker. Condition of Item *d)* can only be met after one or more opening operations have been performed. Therefore, if during Test-duty No. 4 or 4a either Item *a)* or *b)* is apparent the test-duty shall be completed and then the circuit-breaker shall be reconditioned after which the following additional tests shall be made: $CO-t'-CO$, where the first closing operation shall aim to demonstrate condition of Item *c)* and the second close-open operation shall demonstrate condition of Item *d)*. The second CO-test may be deleted, if the conditions according to Item *d)* have already been met during the normal Test-duty No. 4 or 4a.

The tests shall be performed at phase-to-earth voltage and the prospective short-circuit making current shall be at least equal to the rated short-circuit making current and the short-circuit breaking current shall be as near as is possible to the rated short-circuit breaking current.

6.104.3 *Short-circuit breaking current*

The short-circuit current broken by a circuit-breaker shall be measured at the instant of contact separation in accordance with Figure 8, page 98, and shall be stated in terms of two values as specified below:

- a) la moyenne des valeurs efficaces des composantes périodiques sur tous les pôles;
- b) la valeur en pourcentage de la composante apériodique du courant la plus élevée obtenue sur l'un quelconque des pôles.

La différence entre la moyenne des valeurs efficaces des composantes périodiques et les valeurs obtenues sur chaque pôle ne doit pas dépasser 10% de la valeur moyenne.

Alors que le courant coupé en court-circuit est mesuré à l'instant de la séparation des contacts, l'aptitude du disjoncteur à la coupure est déterminée entre autres facteurs par le courant qui est finalement coupé dans la dernière alternance de l'arc. Le décrement de la composante périodique du courant de court-circuit peut par conséquent être très important, en particulier pour les disjoncteurs dont la durée d'arc s'étend sur plusieurs alternances de courant. Pour éviter une réduction des contraintes, il est recommandé d'utiliser un décrement de la composante périodique du courant de court-circuit tel qu'à l'instant correspondant à l'extinction finale de l'arc principal sur le dernier pôle qui coupe, la composante périodique du courant présumé soit au moins à 90% de la valeur correspondant à la séquence d'essais.

Si les caractéristiques du disjoncteur sont telles que le courant de court-circuit est réduit à une valeur inférieure à celle du courant présumé coupé, ou si l'oscillogramme ne permet pas de tracer correctement l'enveloppe des ondes de courant, la valeur moyenne du courant présumé coupé en court-circuit sur tous les pôles, mesurée sur l'oscillogramme du courant présumé à l'instant correspondant à la séparation des contacts, est considérée comme étant le courant coupé en court-circuit.

On peut déterminer l'instant de la séparation des contacts selon l'expérience de la station d'essais et le type de l'appareil en essai par diverses méthodes, par exemple par l'enregistrement de la course des contacts pendant l'essai, par l'enregistrement de la tension d'arc ou par un essai à vide sur le disjoncteur.

Dans un circuit d'essais synthétiques, il peut se produire une distorsion supplémentaire du courant qui dépend du rapport de la tension d'arc à la tension du circuit de courant à fréquence industrielle. Afin de répondre aux exigences indiquées ci-dessus, on doit appliquer dans ce cas la procédure pour déterminer la valeur correcte du courant coupé en court-circuit donnée dans la Publication 427 de la CEI.

6.104.4 *Composante apériodique du courant coupé en court-circuit*

Pour les disjoncteurs dont la durée d'ouverture est telle que la composante apériodique ne peut être contrôlée, par exemple les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant et préparés pour l'essai comme indiqué au paragraphe 6.102.2, la composante apériodique peut être supérieure à celle spécifiée pour les séquences d'essais n^{os} 1 à 4 du paragraphe 6.106.

Les disjoncteurs doivent être considérés comme ayant satisfait à la séquence d'essais n^o 5, même si le pourcentage de la composante apériodique au cours d'une manœuvre d'ouverture est inférieur à la valeur spécifiée, à condition que la moyenne des pourcentages des composantes apériodiques au cours des manœuvres d'ouverture de la séquence d'essais dépasse le pourcentage spécifié de la composante apériodique.

6.104.5 *Tension transitoire de rétablissement (TTR) pour les essais de défauts aux bornes*

6.104.5.1 *Généralités*

La TTR présumée du circuit d'essai doit être déterminée par des méthodes telles que les appareils servant à provoquer et à relever l'onde de la TTR soient sans influence pratique sur celle-ci. Elle doit être mesurée aux bornes auxquelles le disjoncteur sera relié avec tous les dispositifs de mesure nécessaires, tels que les diviseurs de tension. Des méthodes appropriées sont décrites dans l'annexe GG (voir aussi paragraphe 6.104.6).

- a) the average of the r.m.s. values of the a.c. components in all phases;
- b) the percentage value of the maximum d.c. component in any phase.

The r.m.s. value of the a.c. component in any phase shall not vary from the average by more than 10% of the average.

Although the short-circuit breaking current is measured at the instant corresponding to contact separation, the breaking performance of the circuit-breaker is determined among other factors by the current which is finally broken in the last loop of arcing. The decrement of the a.c. component of the short-circuit current is therefore very important, particularly when testing those circuit-breakers which arc for several loops of current. To obviate an easement of duty, the decrement of the a.c. component of the short-circuit current should be such that at a time corresponding to the final extinction of the main arc in the last pole to clear, the a.c. component of the prospective current is not less than 90% of the appropriate value for the test-duty.

If the characteristics of the circuit-breaker are such that it reduces the short-circuit current value below the prospective breaking current, or if the oscillogram is such that the current wave envelope cannot be drawn successfully, the average prospective short-circuit breaking current in all phases shall be deemed to be the short-circuit breaking current and shall be measured from the oscillogram of prospective current at a time corresponding to the instant of contact separation.

The instant of contact separation can be determined according to the experience of the testing station and the type of apparatus under test by various methods, for instance, by recording the contact travel during the test, by recording the arc voltage or by a test on the circuit-breaker at no-load.

In a synthetic test-circuit, there may be some additional distortion of the current, depending upon the ratio of the arc voltage to the voltage of the power-frequency current circuit. In order to comply with the requirements given above in that case also, a procedure for determining the correct short-circuit breaking current as given in IEC Publication 427 applies.

6.104.4 *D.C. component of short-circuit breaking current*

For circuit-breakers which operate in opening times preventing the control of the d.c. component, e.g. circuit-breakers fitted with direct over-current releases when in a condition for test as set out in Sub-clause 6.102.2, the d.c. component may be greater than that specified for Test-duties Nos. 1 to 4 of Sub-clause 6.106.

Circuit-breakers shall be considered to have satisfied Test-duty No. 5, even if the percentage d.c. component in one opening operation is less than the specified value, provided that the average of the percentage d.c. components of the opening operations of the test-duty exceeds the specified percentage d.c. component.

6.104.5 *Transient recovery voltage (TRV) for terminal fault tests*

6.104.5.1 *General*

The prospective TRV of the test circuits shall be determined by such a method as will produce and measure the TRV-wave without significantly influencing it, and shall be measured at the terminals to which the circuit-breaker will be connected with all necessary test-measuring devices, such as voltage dividers, included. Suitable methods are described in Appendix GG (see also Sub-clause 6.104.6).

Pour les circuits triphasés, la TTR se réfère au pôle qui coupe le premier, c'est-à-dire à la tension aux bornes d'un pôle ouvert, les deux pôles étant fermés, suivant le circuit d'essai correspondant, comme spécifié au paragraphe 6.103.3.

La courbe de la TTR présumée d'un circuit d'essai est représentée par son enveloppe tracée comme l'indique l'annexe FF, et par sa partie initiale.

La TTR spécifiée pour les essais est représentée par un tracé de référence, un segment définissant le retard et une enveloppe de tension transitoire de rétablissement initial de (TTRI) de la même façon que la TTR assignée conformément au paragraphe 4.102.2 et aux figures 10, 11 et 12, pages 99, 100 et 101.

L'onde de la TTR présumée du circuit d'essai doit être conforme aux deux exigences suivantes:

— Exigence a)

Son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié.

Note. — Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié (voir paragraphe 6.104); ce point est particulièrement important lorsqu'on utilise des enveloppes à deux paramètres alors que des tracés de référence à quatre paramètres ont été spécifiés, et lorsqu'on utilise des enveloppes à quatre paramètres alors que des tracés de référence à deux paramètres ont été spécifiés.

— Exigence b)

La partie initiale doit atteindre la crête u_i de la TTRI au plus tard au temps t_i . Elle ne doit pas traverser ensuite le segment de droite spécifié définissant le retard de la TTR.

Ces exigences sont illustrées par les figures 12 et 23 à 27, pages 101 et 240 à 242.

6.104.5.2 Séquences d'essais nos 4 et 5

Les tracés de référence, segments définissant le retard et TTRI spécifiés sont les valeurs normales indiquées dans les tableaux IIA, IIB, IIC, IID, IIE et III.

En ce qui concerne la TTRI, si un essai est effectué avec une TTR comprenant une partie initiale oscillante passant par le point (u_i, t_i) et traversant la ligne horizontale entre les points A et B de la figure 12, il est admis que le disjoncteur est contraint de la même façon qu'avec une TTRI définie par (u_i, t_i) , la ligne horizontale de (u_i, t_i) à B et la pente initiale de la TTR.

Par suite des limitations de la station d'essais, il peut être impossible de répondre complètement à l'exigence du point b) du paragraphe 6.104.5.1 en ce qui concerne le retard t_d spécifié dans les tableaux IIA, IIB, IIC, IID ou IIE. Lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués, toute déficience de ce genre de la TTR du circuit d'alimentation doit être compensée par une augmentation de la première crête de la tension, côté ligne (voir paragraphe 6.109.3, point a)). Le retard du circuit d'alimentation doit être aussi faible que possible, mais ne doit en aucun cas dépasser le segment de droite définissant le retard, dans les limites indiquées dans les tableaux XIVA, XIVB, XIVC, XIVD ou XIVE.

Lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués, il peut être commode de combiner les exigences de TTRI et de tension de rétablissement du côté ligne. Si la TTRI est combinée avec la tension transitoire d'une ligne courte introduisant le retard t_{dL} spécifié dans le tableau V, la contrainte totale est pratiquement égale à la contrainte due à une ligne courte n'introduisant pas de retard. Par conséquent, les prescriptions de la TTRI des séquences d'essais nos 4 et 5 sont considérées comme satisfaites si les séquences d'essais de défaut proche en ligne sont effectuées avec une ligne courte n'introduisant pas de retard t_{dL} (voir également paragraphe 6.109.3, point c)).

For three-phase circuits, the TRV refers to the first pole to clear, i.e. the voltage across one open pole with the other two poles closed, with the appropriate test circuit arranged as specified in Sub-clause 6.103.3.

The prospective TRV for the test is represented by its envelope drawn as shown in Appendix FF and by its initial portion.

The TRV specified for the test is represented by a reference line, a delay line and initial transient recovery voltage (ITRV) envelope in the same manner as the rated TRV in accordance with Sub-clause 4.102.2 and Figures 10, 11 and 12, pages 99, 100 and 101.

The prospective transient recovery voltage wave of the test circuit shall comply with the following two requirements:

— *Requirement a)*

Its envelope shall at no time be below the specified reference line.

Note. — It is stressed that the extent by which the envelope may exceed the specified reference line requires the consent of the manufacturer (see Sub-clause 6.104); this is of particular importance in the case of two-parameter envelopes when four-parameter reference lines are specified, and in the case of four-parameter envelopes when two-parameter reference lines are specified.

— *Requirement b)*

Its initial portion shall reach the specified ITRV peak value u_i at a time not exceeding t_i . Thereafter, it shall not cross the specified delay line of the TRV.

These requirements are illustrated in Figures 12 and 23 to 27, pages 101, 241 to 243.

6.104.5.2 *Test-duties Nos. 4 and 5*

The specific reference lines, delay lines and ITRV are given by the standard values in Tables IIA, IIB, IIC, IID, IIE and III.

With reference to ITRV, if a test is made with a TRV including an oscillatory initial part passing through the point (u_i, t_i) and the horizontal line between A and B of Figure 12, it is assumed that the effect on the circuit-breaker is similar to that of any ITRV defined by (u_i, t_i) , the horizontal line from (u_i, t_i) to B and the initial slope of the TRV.

Owing to limitations of the testing station, it may not be feasible to comply with the requirement of Item *b)* of Sub-clause 6.104.5.1 with respect to the time delay t_d as specified in Tables IIA, IIB, IIC, IID or IIE. Where short-line fault duties are also to be performed any such deficiency of the TRV of the supply circuit shall be compensated by an increase of the voltage excursion to the first peak of the line-side voltage (see Sub-clause 6.109.3, Item *a)*). The time delay of the supply circuit shall be as small as possible, but shall in any case not exceed the delay line limit values given in Tables XIVA, XIVB, XIVC, XIVD or XIVE.

Where short-line fault duties are also to be performed, it may be convenient to combine the ITRV and SLF requirements in the line side circuit. When the ITRV is combined with the transient voltage of a short line having a time delay t_{dL} as specified in Table V, the total stress is for practical considerations equal to the stress of a short line without time delay. Therefore, the ITRV requirements for test duties 4 and 5 are considered to be covered when the short-line fault duties are performed using a short line without time delay t_{dL} (see also Sub-clause 6.109.3, Item *c)*).

TABLEAU XIVA

Valeurs limites normales des segments de droite définissant le retard de la tension transitoire de rétablissement présumée pour les séquences d'essais n^{os} 4 et 5 lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués

Tensions assignées de la série I — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)
52	20	30	64
72,5	25	41	80

$$t_d = 0,15 t_3.$$

TABLEAU XIVB

Valeurs limites normales des segments de droite définissant le retard de la tension transitoire de rétablissement présumée pour les séquences d'essais n^{os} 4 et 5 lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués

Tensions assignées de la série II — Facteur de premier pôle 1,5

A l'étude.

TABLEAU XIVC

Valeurs limites normales des segments de droite définissant le retard de la tension transitoire de rétablissement présumée pour les séquences d'essais n^{os} 4 et 5 lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués

Tensions assignées de 100 kV à 170 kV — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée U (kV)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)
100	8	53	34
123	10	65	42
145	12	77	50
170	14	90	59

$$t_d = 0,15 t_1.$$

TABLEAU XIVD

Valeurs limites normales des segments de droite définissant le retard de la tension transitoire de rétablissement présumée pour les séquences d'essais n^{os} 4 et 5 lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués

Tensions assignées de 100 kV à 170 kV — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)
100	9	61	40
123	11	75	49
145	13	89	58
170	16	104	68

$$t_d = 0,15 t_1.$$

TABLE XIVA

*Standard limit values of delay lines of prospective
transient recovery voltage for
Test-duties Nos. 4 and 5 where
short-line fault tests are also made*

Rated voltage Series I—First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage U (kV)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)
52	20	30	64
72.5	25	41	80

$$t_d = 0.15 t_3.$$

TABLE XIVB

*Standard limit values of delay lines of prospective transient recovery voltage
for Test-duties Nos. 4 and 5 where short-line fault tests are also made*

Rated voltage Series II — First-pole-to-clear factor 1.5

Under consideration.

TABLE XIVC

*Standard limit values of delay lines of prospective
transient recovery voltage for
Test-duties Nos. 4 and 5 where short-line fault tests are also made
Rated voltages 100 kV to 170 kV—First-pole-to-clear 1.3*

Rated voltage U (kV)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)
100	8	53	34
123	10	65	42
145	12	77	50
170	14	90	59

$$t_d = 0.15 t_1.$$

TABLE XIVD

*Standard limit values of delay lines of prospective
transient recovery voltage for
Test-duties Nos. 4 and 5 where short-line fault tests are also made
Rated voltages 100 kV to 170 kV—First-pole-to-clear factor 1.5*

Rated voltage U (kV)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)
100	9	61	40
123	11	75	49
145	13	89	58
170	16	104	68

$$t_d = 0.15 t_1.$$

TABLEAU XIVE

Valeurs limites normales des segments de droite définissant le retard de la tension transitoire de rétablissement présumée pour les séquences d'essais n^{os} 4 et 5 lorsque des essais de défaut proche en ligne sont également effectués

Tensions supérieures ou égales à 245 kV — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée U (kV)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)
245	20	130	85
300	24	159	103
362	29	192	125
420	33	223	145
525	42	279	181
765	61	406	264

$$t_d = 0,15 t_1.$$

6.104.5.3 Séquence d'essais n^o 3

Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 72,5 kV, on utilise des tracés de référence à deux paramètres. Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans les tableaux XVA et XVB.

Pour les tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, on utilise des tracés de référence à quatre paramètres. Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans les tableaux XVC, XV et XVE; pour t_d et t' , les valeurs sans parenthèses sont les limites inférieures qu'il est recommandé de ne pas réduire et les valeurs entre parenthèses sont les limites supérieures qu'il est recommandé de ne pas dépasser pendant les essais.

TABLEAU XVA

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais n^o 3

Tensions assignées de la série 1

Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_3 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 (kV/μs)
3,6	6,6	17	3	2,2	9	0,39
7,2	13	22	4	4,4	12	0,60
12	22	26	5	7,3	14	0,85
17,5	32	31	6	11	17	1,04
24	44	38	8	15	20	1,16
36	66	46	9	22	25	1,44
52	96	57	11	32	30	1,68
72,5	133	72	14	44	38	1,85

$$u_c = 1,5 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0,2 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c.$$

TABLE XIV

*Standard limit values of delay lines of prospective
transient recovery voltage for
Test-duties Nos. 4 and 5 where
short-line fault tests are also made*

Rated voltages 245 kV and above—First-pole-to-clear factor 1.3

Rated voltage U (kV)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)
245	20	130	85
300	24	159	103
362	29	192	125
420	33	223	145
525	42	279	181
765	61	406	264

$$t_d = 0.15 t_1$$

6.104.5.3 Test-duty No. 3

For rated voltages up to and including 72.5 kV, two-parameter reference lines are used. The specified standard values are given in Tables XVA and XVB.

For rated voltages of 100 kV and above, four-parameter reference lines are used. The specified standard values are given in Tables XVC, XVD and XVE. The values of t_d and t' without brackets are the lower limits which should not be reduced and the values in brackets are the upper limits which should not be exceeded during tests.

TABLE XVA

*Standard values of prospective transient recovery voltage
for Test-duty No. 3*

Rated voltage Series I

Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage U (kV)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_3 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_c/t_3 (kV/ μ s)
3.6	6.6	17	3	2.2	9	0.39
7.2	13	22	4	4.4	12	0.60
12	22	26	5	7.3	14	0.85
17.5	32	31	6	11	17	1.04
24	44	38	8	15	20	1.16
36	66	46	9	22	25	1.44
52	96	57	11	32	30	1.68
72.5	133	72	14	44	38	1.85

$$u_c = 1.5 \cdot 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0.2 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c$$

TABLEAU XVb

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée
pour la séquence d'essais n° 3

Tensions assignées de la série II

Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

A l'étude.

TABLEAU XVc

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée
pour la séquence d'essais n° 3

Tensions assignées de 100 kV à 170 kV

Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
100	106	35	159	158	2 (9)	53	20 (27)	3,0
123	131	44	196	198	2 (11)	65	24 (33)	3,0
145	154	51	231	230	2 (13)	77	28 (38)	3,0
170	180	60	271	270	2 (15)	90	32 (45)	3,0

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4,5 t_1; u_c = 1,5 u_1; t_d = 2 \mu s \text{ ou } 0,25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLEAU XVd

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée
pour la séquence d'essais n° 3

Tensions assignées de 100 kV à 170 kV

Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
100	122	41	184	185	2 (10)	61	22 (31)	3,0
123	150	50	226	225	2 (13)	75	27 (38)	3,0
145	178	59	266	266	2 (15)	89	32 (44)	3,0
170	208	69	312	311	2 (17)	104	37 (52)	3,0

$$u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4,5 t_1; u_c = 1,5 u_1; t_d = 2 \mu s \text{ ou } 0,25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLE XVB

Standard values of prospective transient recovery voltage for Test-duty No. 3

Rated voltages Series II

Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Under consideration.

TABLE XVC

*Standard values of prospective transient recovery voltage for
Test-duty No. 3*

Rated voltages 100 kV to 170 kV

Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.3

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	106	35	159	158	2 (9)	53	20 (27)	3.0
123	131	44	196	198	2 (11)	65	24 (33)	3.0
145	154	51	231	230	2 (13)	77	28 (38)	3.0
170	180	60	271	270	2 (15)	90	32 (45)	3.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4.5 t_1; u_c = 1.5 u_1; t_d = 2 \mu\text{s or } 0.25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLE XVD

*Standard values of prospective transient recovery voltage for
Test-duty No. 3*

Rated voltages 100 kV to 170 kV

Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	122	41	184	185	2 (10)	61	22 (31)	3.0
123	150	50	226	225	2 (13)	75	27 (38)	3.0
145	178	59	266	266	2 (15)	89	32 (44)	3.0
170	208	69	312	311	2 (17)	104	37 (52)	3.0

$$u_1 = 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4.5 t_1; u_c = 1.5 u_1; t_d = 2 \mu\text{s or } 0.25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

TABLEAU XVE

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais n° 3

Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV

Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μs)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/μs)
245	260	87	390	392	2 (22)	130	45 (65)	3,0
300	318	106	478	477	2 (27)	159	55 (80)	3,0
362	384	128	576	576	2 (32)	192	66 (96)	3,0
420	446	149	669	671	2 (37)	223	76 (111)	3,0
525	557	186	836	837	2 (46)	279	95 (139)	3,0
765	812	271	1 218	1 220	2 (68)	406	137 (203)	3,0

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4,5 t_1; u_c = 1,5 u_1; t_d = 2 \mu s \text{ ou } 0,25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

6.104.5.4 Séquence d'essais n° 2

Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 72,5 kV, on utilise des tracés de référence à deux paramètres. Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans les tableaux XVIa et XVIb.

Pour les tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, on utilise des tracés de références à quatre paramètres. Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans le tableau XVIc; pour t_d et t' , les valeurs sans parenthèses sont les limites inférieures qu'il est recommandé de ne pas réduire et les valeurs entre parenthèses sont les valeurs supérieures qu'il est recommandé de ne pas dépasser pendant les essais.

Note. — Compte tenu du fait que l'apport des transformateurs au courant de court-circuit est relativement plus important pour les faibles valeurs de courant de court-circuit et que, même dans les réseaux avec neutre à la terre de tension assignée de 100 kV à 170 kV, un nombre relativement important de transformateurs à neutre isolé sont en service, la TTR spécifiée pour les séquences d'essais n° 2 et 1 est fondée sur un facteur de premier pôle 1,5 pour les tensions assignées de 100 kV à 245 kV. Le même raisonnement s'applique pour la séquence d'essais n° 1 pour les tensions assignées supérieures ou égales à 300 kV.

TABLEAU XVIa

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée

pour la séquence d'essais n° 2

Tensions assignées de la série I

Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_3 (μs)	Retard t_d (μs)	Tension u' (kV)	Temps t' (μs)	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 (kV/μs)
3,6	6,6	9	2	2,2	5	0,77
7,2	13	11	2	4,4	6	1,20
12	22	13	3	7,3	7	1,70
17,5	32	15	3	11	8	2,14
24	44	19	4	15	10	2,32
36	66	23	5	22	12	2,88
52	96	28	6	32	15	3,41
72,5	133	36	7	44	19	3,70

$$u_c = 1,5 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0,2 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c.$$

Note. — Dans les stations d'essais, il peut être difficile d'obtenir les faibles valeurs du temps t_3 . Il est recommandé d'utiliser le temps le plus court réalisable et cette valeur sera indiquée dans le rapport d'essai.

TABLE XVE

*Standard values of prospective transient recovery voltage for Test-duty No. 3**Rated voltages 245 kV and above**Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.3*

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
245	260	87	390	392	2 (22)	130	45 (65)	3.0
300	318	106	478	477	2 (27)	159	55 (80)	3.0
362	384	128	576	576	2 (32)	192	66 (96)	3.0
420	446	149	669	671	2 (37)	223	76 (111)	3.0
525	557	186	836	837	2 (46)	279	95 (139)	3.0
765	812	271	1 218	1 220	2 (68)	406	137 (203)	3.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_2 = 4.5 t_1; u_c = 1.5 u_1; t_d = 2 \mu\text{s or } 0.25 t_1; u' = \frac{1}{2} u_1.$$

6.104.5.4 Test-duty No. 2

For rated voltages up to and including 72.5 kV, two-parameter reference lines are used. The specified standard values are given in Tables XVIa and XVIb.

For rated voltages of 100 kV and above, four-parameter reference lines are used. The specified standard values are given in Table XVIc, the values of t_d and t' without brackets are the lower limits which should not be reduced, and the values in brackets are the upper limits which should not be exceeded during tests.

Note. — In view of the fact that the contribution of transformers to the short-circuit current is relatively larger at smaller values of short-circuit current, and even in earthed neutral systems of rated voltages 100 kV to 170 kV, a comparatively large number of transformers with unearthed neutral are in service, the TRV specified for Test-duties Nos. 2 and 1 are based on a first-pole-to-clear factor 1.5 for rated voltages 100 kV to 245 kV. The same applies for Test-duty No. 1 for rated voltages 300 kV and above.

TABLE XVIa

*Standard values of prospective transient recovery voltage for**Test-duty No. 2**Rated voltages Series I**Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5*

Rated voltage U (kV)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_3 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_c/t_3 (kV/ μ s)
3.6	6.6	9	2	2.2	5	0.77
7.2	13	11	2	4.4	6	1.20
12	22	13	3	7.3	7	1.70
17.5	32	15	3	11	8	2.14
24	44	19	4	15	10	2.32
36	66	23	5	22	12	2.88
52	96	28	6	32	15	3.41
72.5	133	36	7	44	19	3.70

$$u_c = 1.5 \cdot 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; t_d = 0.2 t_3; u' = \frac{1}{3} u_c.$$

Note. — In testing stations, it may be difficult to meet the small values of time t_3 . The shortest time which can be met should be used and the value stated in the test report.

TABLEAU XVIb

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais n° 2

Tensions assignées de la série II

Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

A l'étude.

TABLEAU XVIc

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais n° 2

Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

Représentation pour quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,5 pour tensions assignées de 100 kV à 245 kV et 1,3 pour tensions assignées supérieures ou égales à 300 kV

Tension assignée U (kV)	Première tension de référence u_1 (kV)	Temps t_1 (μ s)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_2 (μ s)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)	Vitesse d'accroissement u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	122	24	184	180	5 (6)	61	17 (18)	5,0
123	151	30	226	225	5 (8)	75	20 (23)	5,0
145	178	36	266	270	5 (9)	89	23 (27)	5,0
170	208	42	312	315	5 (11)	104	26 (31)	5,0
245	300	60	450	450	5 (15)	150	35 (45)	5,0
300	318	64	478	480	5 (16)	159	37 (48)	5,0
362	384	77	576	578	5 (19)	192	43 (58)	5,0
420	446	89	669	668	5 (22)	223	50 (67)	5,0
525	557	111	836	833	5 (28)	279	61 (84)	5,0
765	812	162	1 218	1 215	5 (41)	406	86 (122)	5,0

$$U \text{ de } 100 \text{ kV à } 245 \text{ kV: } u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 7,5 t_1; \quad u_c = 1,5 u_1.$$

$$U \geq 300 \text{ kV: } u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 5 \mu\text{s ou } 0,25 t_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1.$$

6.104.5.5 Séquence d'essais n° 1

Pour les tensions assignées inférieures à 100 kV, la valeur de crête de la TTR doit correspondre à la valeur appropriée spécifiée pour la séquence d'essais n° 2 dans les tableaux XVIa et XVIb. Compte tenu de la difficulté d'obtenir les courtes durées t_3 dans les stations d'essais pour les courants faibles, aucune valeur n'est spécifiée. On utilisera la plus petite valeur qu'il est possible d'obtenir sans toutefois qu'elle soit inférieure aux valeurs indiquées dans les tableaux XVIa et XVIb.

Pour les tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, on introduit un facteur 0,9 pour tenir compte du fait qu'environ 90% seulement de la tension du circuit apparaît aux bornes du transformateur censé fournir le courant total de court-circuit à cette valeur.

Des tracés de référence à deux paramètres sont utilisés pour toutes les tensions assignées. Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans le tableau XVII. Le temps jusqu'à la crête est fonction de la fréquence propre des transformateurs.

TABLE XVIb

Standard values of prospective transient recovery voltage for Test-duty No. 2

Rated voltages Series II

Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Under consideration.

TABLE XVIc

Standard values of prospective transient recovery voltage for
Test-duty No. 2

Rated voltages 100 kV and above

Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.5
for rated voltages 100 kV to 245 kV and 1.3
for rated voltages 300 kV and above

Rated voltage U (kV)	First reference voltage u_1 (kV)	Time t_1 (μ s)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_2 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_1/t_1 (kV/ μ s)
100	122	24	184	180	5 (6)	61	17 (18)	5.0
123	151	30	226	225	5 (8)	75	20 (23)	5.0
145	178	36	266	270	5 (9)	89	23 (27)	5.0
170	208	42	312	315	5 (11)	104	26 (31)	5.0
245	300	60	450	450	5 (15)	150	35 (45)	5.0
300	318	64	478	480	5 (16)	159	37 (48)	5.0
362	384	77	576	578	5 (19)	192	43 (58)	5.0
420	446	89	669	668	5 (22)	223	50 (67)	5.0
525	557	111	836	833	5 (28)	279	61 (84)	5.0
765	812	162	1218	1215	5 (41)	406	86 (122)	5.0

$$U \text{ from } 100 \text{ kV to } 245 \text{ kV: } u_1 = 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 7.5 t_1; \quad u_c = 1.5 u_1.$$

$$U \geq 300 \text{ kV: } u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 5 \mu\text{s or } 0.25 t_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1.$$

6.104.5.5 Test-duty No. 1

For rated voltages below 100 kV, the TRV peak value shall correspond to the appropriate value specified for Test-duty No. 2 in Tables XVIa and XVIb. Owing to difficulties of meeting short times t_3 in testing stations at low currents, no values are specified. The shortest time which can be obtained should be used but not less than the values in Tables XVIa and XVIb.

For rated voltages 100 kV and above, a factor 0.9 is introduced to recognize that only 90% (approximately) of the circuit voltage appears across the transformer which is assumed to be supplying the total short-circuit current at this level.

Two-parameter reference lines are used for all rated voltages. The specified standard values are given in Table XVII. The time to peak is a function of the natural frequency of transformers.

TABLEAU XVII

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais n° 1

Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée U (kV)	Valeur de crête de la TTR u_c (kV)	Temps t_3 (μ s)	Retard t_d (μ s)	Tension u' (kV)	Temps t' (μ s)	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 (kV/ μ s)
100	187	34	4	62	16	5,5
123	230	40	5	77	18	5,8
145	272	45	6	91	21	6,0
170	319	51	6	106	23	6,2
245	459	66	8	153	30	7,0
300	562	73	9	187	33	7,7
362	678	82	10	226	37	8,3
420	787	88	11	262	40	8,9
525	984	98	12	328	45	10,0
765	1 434	114	14	478	52	12,6

$$u_c = 1,7 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U \cdot 0,9; u' = \frac{1}{3} u_c; t_d = 0,123 t_3.$$

Note. — Dans les stations d'essais, il peut être difficile d'obtenir les faibles valeurs du temps t_3 . Il est recommandé d'utiliser le temps le plus court réalisable et cette valeur sera indiquée dans le rapport d'essai.

6.104.6 Mesurage de la tension transitoire de rétablissement

Au cours d'un essai en court-circuit, les caractéristiques du disjoncteur telles que la tension d'arc, la conductivité post-arc et la présence éventuelle de résistances de coupure affecteront la tension transitoire de rétablissement. En conséquence, la tension transitoire de rétablissement d'essai différera plus ou moins, selon les caractéristiques du disjoncteur, de l'onde de TTR présumée du circuit d'essai sur lequel sont fondées les conditions de fonctionnement.

A moins que l'influence propre du disjoncteur soit sans importance et que le courant coupé comprenne une composante apériodique insignifiante, il est recommandé que les enregistrements relevés au cours des essais ne soient pas utilisés pour évaluer les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit et que cela soit fait par d'autres moyens tels que ceux décrits dans l'annexe GG.

Cependant, il est souhaitable d'enregistrer la tension transitoire de rétablissement au cours de l'essai afin d'obtenir une vérification des caractéristiques présumées du circuit d'essai.

6.104.7 Tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension de rétablissement à fréquence industrielle du circuit d'essai peut être indiquée en pourcentage de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée ci-après. Elle ne doit pas être inférieure à 95% de la valeur spécifiée et doit être maintenue pendant au moins 0,1 s.

Afin d'obtenir la tension de rétablissement à fréquence industrielle désirée dans une station d'essais avec générateur, l'excitation du générateur d'essais peut être momentanément augmentée pendant la période de court-circuit.

En ce qui concerne les circuits d'essais synthétiques, des informations détaillées et les tolérances sont données dans la Publication 427 de la CEI.

Pour les séquences d'essais de court-circuit fondamentales du paragraphe 6.106, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être fixée comme suit, compte tenu de la valeur minimale de 95% indiquée ci-dessus:

TABLE XVII

*Standard values of prospective transient recovery voltage for
Test-duty No. 1
Rated voltages 100 kV and above
Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5*

Rated voltage U (kV)	TRV peak value u_c (kV)	Time t_3 (μ s)	Time delay t_d (μ s)	Voltage u' (kV)	Time t' (μ s)	Rate of rise u_c/t_3 (kV/ μ s)
100	187	34	4	62	16	5.5
123	230	40	5	77	18	5.8
145	272	45	6	91	21	6.0
170	319	51	6	106	23	6.2
245	459	66	8	153	30	7.0
300	562	73	9	187	33	7.7
362	678	82	10	226	37	8.3
420	787	88	11	262	40	8.9
525	984	98	12	328	45	10.0
765	1 434	114	14	478	52	12.6

$$u_c = 1.7 \cdot 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U \cdot 0.9; u' = \frac{1}{3} u_c; t_d = 0.123 t_3.$$

Note. — In testing stations, it may be difficult to meet the small values of time t_3 . The shortest time which can be met should be used and the values stated in the test report.

6.104.6 Measurement of transient recovery voltage

During a short-circuit test, the circuit-breaker characteristics such as arc voltage, post arc conductivity and presence of switching resistors (if any) will affect the transient recovery voltage. Thus the test transient recovery voltage will differ from the prospective TRV-wave of the test circuit upon which the performance requirements are based to a degree depending upon the characteristics of the circuit-breaker.

Unless the modifying effect of the circuit-breaker is not significant and the breaking current does not contain a significant d.c. component, records taken during tests should not be used for assessing the prospective transient recovery voltage characteristics of the circuit, and this should be done by other means, as described in Appendix GG.

It is, however, desirable to record the transient recovery voltage during test for the purpose of providing a check on the prospective test circuit characteristics.

6.104.7 Power frequency recovery voltage

The power frequency recovery voltage of the test circuit may be stated as a percentage of the power frequency recovery voltage specified below. It shall not be less than 95% of the specified value and shall be maintained for at least 0.1 s.

In order to obtain the required power frequency recovery voltage in a generator testing station, the testing generator may have its excitation temporarily increased during the short-circuit period.

Regarding synthetic test circuits, details and tolerances are given in IEC Publication 427.

For the basic short-circuit test duties of Sub-clause 6.106, the power frequency recovery voltage shall be as follows, subject to the 95% minimum stated above:

- a) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, la valeur moyenne de la tension de rétablissement à fréquence industrielle est égale à la tension assignée U du disjoncteur divisée par $\sqrt{3}$.

Il convient que la tension de rétablissement à fréquence industrielle de l'un quelconque des pôles ne diffère pas de plus de 20% de la valeur moyenne à la fin du temps durant lequel elle est maintenue.

- b) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur tripolaire, la tension de rétablissement à fréquence industrielle est égale au produit de la valeur phase-terre $U/\sqrt{3}$ par le facteur de premier pôle (1,3 ou 1,5); la tension de rétablissement à fréquence industrielle peut être ramenée à $U/\sqrt{3}$ après une durée égale à une période de la fréquence assignée.
- c) Pour un disjoncteur unipolaire, la tension de rétablissement à fréquence industrielle est égale à la tension assignée U du disjoncteur.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être mesurée entre les bornes du pôle, dans chaque phase du circuit d'essai. Sa valeur efficace est déterminée sur l'oscillogramme au cours de l'intervalle de temps compris entre une demi-période et une période de la fréquence d'essai après l'extinction finale de l'arc comme indiqué à la figure 28, page 244. On mesure la distance verticale (respectivement V_1 , V_2 et V_3) entre la crête de la seconde demi-onde et une ligne droite tracée entre les crêtes des demi-ondes précédente et suivante, et cette distance, divisée par $2\sqrt{2}$ et multipliée par l'étalonnage convenable, donne la valeur efficace de la tension de rétablissement à fréquence industrielle enregistrée.

6.105 Procédure d'essai en court-circuit

6.105.1 Intervalle de temps entre les essais

Les essais fondamentaux en court-circuit et, s'il y a lieu, en défaut proche en ligne comprennent les séries de séquences d'essais spécifiées aux paragraphes 6.106 et 6.109. Les manœuvres et les intervalles de temps des séquences d'essais sont déduits de la séquence de manœuvres assignée du disjoncteur qui est donnée au paragraphe 4.104.

Les intervalles de temps entre les manœuvres individuelles d'une séquence d'essais doivent être les intervalles de temps de la séquence de manœuvres assignée du disjoncteur sous réserve de la disposition suivante:

Si, avec les intervalles de temps spécifiées, il est difficile de remplir toutes les conditions d'essai, les intervalles de temps pour l'essai doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Occasionnellement, il peut être nécessaire, pour d'autres raisons, de dépasser l'intervalle de temps spécifié, par exemple à cause de la procédure plus compliquée d'essais synthétiques, on peut estimer nécessaire de faire des réglages peu importants sur le dispositif de contrôle et de mesure ou pour exciter et synchroniser les générateurs d'une grande station d'essais. Dans de tels cas, pourvu que l'intervalle de temps ne dépasse pas 10 min pour un intervalle de temps assigné de 3 min, les essais doivent être considérés comme valables. La valeur réelle de l'intervalle de temps entre les manœuvres doit être indiquée dans le rapport d'essais.

Il est également possible d'éprouver des difficultés avec l'équipement de la station d'essais et une durée supérieure à 10 min peut être nécessaire. Pourvu qu'une telle durée ne soit pas due à une manœuvre défectueuse du disjoncteur et qu'elle n'affecte pas son état et son fonctionnement, l'intervalle de temps résultant est admis s'il ne se produit pas plus d'une fois au cours de l'une quelconque des séries de séquences d'essais.

D'autre part, l'intervalle de temps entre les essais ne doit pas être inférieur à 2 min lorsque l'intervalle de temps assigné est de 3 min. L'intervalle de temps réel doit être enregistré dans ce cas à une demi-minute près.

- a) For three-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the average value of the power frequency recovery voltages shall be equal to the rated voltage U of the circuit-breaker divided by $\sqrt{3}$.

The power frequency recovery voltage of any pole should not deviate by more than 20% from the average value at the end of the time for which it is maintained.

- b) For single-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the power frequency recovery voltage shall be equal to the product of the phase-to-earth value $U/\sqrt{3}$ and the first-pole-to-clear factor (1.3 or 1.5); the power frequency recovery voltage may be reduced to $U/\sqrt{3}$ after an interval of one cycle of rated frequency.
- c) For a single-pole circuit-breaker, the power frequency recovery voltage shall be equal to the rated voltage U of the circuit-breaker.

The power frequency recovery voltage shall be measured between terminals of a pole in each phase of the test circuit. Its r.m.s. value shall be determined on the oscillogram within the time interval of one half cycle and one cycle of test frequency after final arc extinction, as indicated in Figure 28, page 245. The vertical distance (V_1 , V_2 and V_3 respectively) between the peak of the second half-wave and the straight line drawn between the respective peaks of the preceding and succeeding half-waves shall be measured, and this, when divided by $2\sqrt{2}$ and multiplied by the appropriate calibration, gives the r.m.s. value of the power frequency recovery voltage recorded.

6.105 Short-circuit test procedure

6.105.1 Time interval between tests

The basic short-circuit tests and, if applicable, short-line fault tests consist of the series of test-duties specified in Sub-clauses 6.106 and 6.109. The operations and time intervals of the test-sequences are derived from the rated operating sequence of the circuit-breaker which is given in Sub-clause 4.104.

The time intervals between individual operations of a test-sequence shall be the time intervals of the rated operation sequence of the circuit-breaker subject to the following provision:

If, with the time intervals specified, it is difficult to comply with all test requirements, the time intervals for test shall be subject to agreement between manufacturer and user.

Occasionally, it may for other reasons be necessary to exceed the specified time interval, e.g. due to the more complicated procedure of synthetic testing, or it may be found necessary to make minor adjustments to control or measuring equipment or to excite or to synchronize large test-plant generators. In such cases, provided that the time interval does not exceed 10 min when the rated time interval is 3 min, the tests shall not be disqualified. The actual time interval between operations shall be indicated in the test report.

It is also possible that trouble may be experienced with the testing station equipment and an interval longer than 10 min may be required. Provided that such a delay is not due to faulty operation of the circuit-breaker and has no effect on its condition and operation, the resulting time interval is permissible if it does not occur more than once in any series of test-duties.

On the other hand, the time interval between tests shall not be shorter than 2 min when the rated time interval is 3 min. The actual time interval shall be recorded in this case to the nearest half-minute.

6.105.2 *Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture — Essais de coupure*

La source d'énergie auxiliaire, chaque fois que cela est possible, doit être appliquée aux déclencheurs d'ouverture après le début du court-circuit, mais si cela est impossible, elle peut être appliquée avant le début du court-circuit (sous la réserve que les contacts ne commencent pas à bouger avant le début du court-circuit). On doit alors prouver ou mettre en évidence par un essai que le disjoncteur peut s'ouvrir correctement pour la valeur spécifiée du courant de court-circuit sans qu'il ait reçu un ordre de déclenchement préalable. Cette mise en évidence peut être obtenue par des essais à tension réduite.

6.105.3 *Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture — Essais d'établissement-coupure*

Au cours d'un essai d'établissement-coupure autre qu'un de ceux définis au paragraphe 6.106.5, la source d'énergie auxiliaire ne doit pas être appliquée aux déclencheurs d'ouverture avant que le disjoncteur ait atteint sa position de fermeture. Au cours des manœuvres de fermeture-ouverture de la séquence d'essais n° 4, voir le paragraphe 6.106.4, la source d'énergie ne doit pas être appliquée avant qu'au moins une demi-période ne soit passée depuis l'instant de fermeture des contacts. Il est admis de retarder l'ouverture du disjoncteur pour que la composante aperiodique ne dépasse pas la valeur admissible.

6.105.4 *Accrochage à la fermeture sur court-circuit*

A moins que le disjoncteur ne soit équipé d'un déclencheur sous courant de fermeture ou d'un dispositif équivalent, on doit vérifier qu'il s'accroche correctement sans hésitation exagérée lorsqu'il y a une décroissance négligeable de la composante périodique du courant au cours de la fermeture. Si cela ne peut être vérifié par la séquence d'essais n° 4 ou par les variantes admises, l'essai doit être répété à tension réduite en utilisant un circuit d'essai qui donne le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit avec une décroissance négligeable de la composante périodique.

Il est parfois difficile de déterminer si un disjoncteur s'est ou non accroché et à quel instant l'accrochage s'est produit. C'est pour cette raison qu'il n'est pas possible de spécifier une procédure d'essai pour couvrir tous les cas et, si nécessaire, la méthode employée pour vérifier l'efficacité de l'accrochage sera enregistrée dans le rapport d'essais.

6.105.5 *Essais non valables*

Il peut devenir nécessaire d'effectuer un nombre d'essais en court-circuit supérieur à celui qui est requis par cette norme. Dans le cas d'un essai non valable dans une séquence, la partie non valable de la séquence d'essai peut être répétée sans remettre en état le disjoncteur. En cas de défaillance du disjoncteur à l'occasion de ces essais supplémentaires, le disjoncteur peut être remis en état et subir à nouveau la séquence d'essais complète.

Note. — Dans une séquence de refermeture automatique rapide, O—t—CO est considérée comme une partie, et la manœuvre CO suivante est considérée également comme une partie.

6.106 *Séquences d'essais de court-circuit fondamentales*

Les séries d'essais en court-circuit fondamentales doivent comprendre les séquences d'essais n°s 1 à 5 spécifiées ci-après.

Les courants coupés ne peuvent pas s'écarter des valeurs spécifiées de plus de 20% en ce qui concerne les valeurs spécifiées pour les séquences d'essais n°s 1 et 2 et de 10% pour la séquence d'essais n° 3.

La valeur de crête du courant de court-circuit au cours des essais de coupure des séquences d'essais n°s 4, 4b et 5 ne doit pas dépasser 110% du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit du disjoncteur.

6.105.2 *Application of auxiliary power to the opening release — Breaking tests*

Auxiliary power shall whenever practicable be applied to the opening release after the initiation of the short-circuit, but when this is impracticable the power may be applied before the initiation of the short-circuit (with the limitation that contacts shall not start to move before the initiation of the short-circuit). It shall then be demonstrated, or test evidence produced, that the circuit-breaker can open satisfactorily at the specified short-circuit current without being pre-tripped. This evidence may be obtained by tests at a reduced voltage.

6.105.3 *Application of auxiliary power to the opening release — Make-break tests*

In a make-break test other than a test to Sub-clause 6.106.5 auxiliary power shall not be applied to the opening release before the circuit-breaker has reached the closed position. In the closing-opening operations of Test-duty No. 4, Sub-clause 6.106.4, the power shall not be applied until at least one half-cycle has elapsed from the instant of contact make. It is permissible to delay the circuit-breaker opening so that the permissible d.c. component is not exceeded.

6.105.4 *Latching on short-circuit*

Unless the circuit-breaker is fitted with a making current release, or equivalent device, it shall be proved that it latches satisfactorily without undue hesitation when there is negligible decrement of the a.c. component of the current during the closing period. If this cannot be proved by Test-duty No. 4, or the permissible alternatives, the test shall be repeated at reduced voltage using a test circuit which gives the rated short-circuit making current, with negligible decrement of the a.c. component.

It is sometimes difficult to establish whether or not a circuit-breaker has latched and at what instant of time latching occurred. For this reason, it is not possible to specify a test procedure to cover all cases and if necessary, the method employed to prove satisfactory latching shall be recorded in the test report.

6.105.5 *Invalid tests*

It may become necessary to perform a greater number of short-circuit tests than are required by this standard. In the event of an invalid test of a duty cycle the invalid part of the duty cycle may be repeated without reconditioning of the circuit-breaker. In case of a failure of the circuit-breaker during such additional tests, the circuit-breaker may be reconditioned and the complete duty cycle repeated.

Note. — In a rapid auto-reclosing duty cycle, the O—t—CO is also regarded as one part and an ensuing CO is regarded as one part.

6.106 *Basic short-circuit test-duties*

The basic short-circuit test series shall consist of the Test-duties Nos. 1 to 5 specified below.

The breaking current may depart from the specified values by not more than 20% of the specified values for Test-duties Nos. 1 and 2 and by not more than 10% for Test-duty No. 3.

The peak short-circuit current during the breaking-current tests of Test-duties Nos. 4, 4b and 5 shall not exceed 110% of the rated short-circuit making current of the circuit-breaker.

Pour des facilités d'essai, il est permis d'introduire une manœuvre de fermeture avant toute manœuvre d'ouverture lors des séquences d'essais n^{os} 1, 2, 3, et 5.

6.106.1 Séquence d'essais n^o 1

La séquence d'essais n^o 1 se compose de la séquence de manœuvres assignée limitée aux seules manœuvres d'ouverture, à 10% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante apériodique de moins de 20% et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées dans les paragraphes 6.104.5.5 et 6.104.7 (voir également tableaux XVIa, XVIb et XVII).

6.106.2 Séquence d'essais n^o 2

La séquence d'essais n^o 2 se compose de la séquence de manœuvres assignée, limitée aux seules manœuvres d'ouverture, à 30% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante apériodique de moins de 20% et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées au paragraphe 6.104.5.4, dans les tableaux XVIa, XVIb, XVIc, et au paragraphe 6.104.7.

6.106.3 Séquence d'essai N^o 3

La séquence d'essais N^o 3 se compose de la séquence de manœuvres assignée, limitée aux seules manœuvres d'ouverture, à 60% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante apériodique de moins de 20% et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées au paragraphe 6.104.5.3, dans les tableaux XVA, XVB, XVC, XVD, XVE, et au paragraphe 6.104.7.

6.106.4 Séquence d'essais n^o 4

La séquence d'essais n^o 4 se compose de la séquence de manœuvres assignée à 100% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit en tenant compte du paragraphe 6.104.3 et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées dans les tableaux IIa, IIb, IIc, IId, IIe, III et au paragraphe 6.104.7, et à 100% du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit en tenant compte du paragraphe 6.104.2 et d'une tension appliquée telle que spécifiée au paragraphe 6.104.1 (voir également tableaux XIVA, XIVb, XIVc, XIVd et XIVe).

Pour cette séquence d'essais, le pourcentage de la composante apériodique ne doit pas dépasser 20% de la composante périodique.

Lors de l'exécution des essais monophasés sur un pôle de disjoncteur tripolaire, ou lorsque les caractéristiques de la station d'essais sont telles qu'il est impossible de réaliser la séquence d'essais n^o 4 en respectant les limites spécifiées de la tension appliquée au paragraphe 6.104.1, du pouvoir de fermeture au paragraphe 6.104.2, du pouvoir de coupure au paragraphe 6.104.3 et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle aux paragraphes 6.104.5.2 et 6.104.7 en prenant également en considération les paragraphes 6.105.3 et 6.105.4 les essais d'établissement et de coupure de la séquence d'essais n^o 4 peuvent être faits séparément comme suit:

6.106.4.1 Séquence d'essais n^o 4a, essais d'établissement

C—t'—C dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée O—t—CO—t'—CO;

C—t''—C dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée CO—t''—CO à 100% du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit et avec une tension appliquée telle que spécifiée au paragraphe 6.104.1.

6.106.4.2 Séquence d'essais n^o 4b, essais de coupure

O—t—O—t'—O dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée O—t—CO—t'—CO;

O—t''—O dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée CO—t''—CO à 100% du pouvoir de

For convenience in testing, it is permissible to introduce a closing operation before any opening operation in Test-duties Nos. 1, 2, 3 and 5.

6.106.1 *Test-duty No. 1*

Test-duty No. 1 consists of the rated operating sequence confined to opening operations only, at 10% of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20% and a transient and power frequency recovery voltage as specified in Sub-clauses 6.104.5.5 and 6.104.7 (see also Tables XVIa, XVIb and XVII).

6.106.2 *Test-duty No. 2*

Test-duty No. 2 consists of the rated operating sequence confined to opening operations only, at 30% of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20% and a transient and power frequency recovery voltage as specified in Sub-clause 6.104.5.4 Tables XVIa, XVIb, XVIc and Sub-clause 6.104.7.

6.106.3 *Test-duty No. 3*

Test-duty No. 3 consists of the rated operating sequence confined to opening operations only, at 60% of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20% and a transient and power frequency recovery voltage as specified in Sub-clause 6.104.5.3 Tables XVIa, XVIb, XVIc, XVIe and Sub-clause 6.104.7.

6.106.4 *Test-duty No. 4*

Test-duty No. 4 consists of the rated operating sequence at 100% of the rated short-circuit breaking current taking account of Sub-clause 6.104.3, and with a transient and power frequency recovery voltage as specified in Tables IIa, IIb, IIc, IId, IIe, III and Sub-clause 6.104.7 and 100% of the rated short-circuit making current taking account of Sub-clause 6.104.2 and an applied voltage as specified in Sub-clause 6.104.1 (see also Tables XIVa, XIVb, XIVc, XIVd and XIve).

For this test-duty, the percentage d.c. component shall not exceed 20% of the a.c. component.

When making single-phase tests on one pole of a three-pole circuit-breaker, or when the characteristics of the test plant are such that it is impossible to carry out Test-duty No. 4 within the specified limits of applied voltage in Sub-clause 6.104.1, making current in Sub-clause 6.104.2, breaking current in Sub-clause 6.104.3 and transient and power frequency recovery voltages in Sub-clauses 6.104.5.2 and 6.104.7 taking account also of Sub-clauses 6.105.3 and 6.105.4 the making and breaking tests in Test-duty No. 4 may be made separately as follows:

6.106.4.1 *Test-duty No. 4a, making tests*

$C-t'-C$ in case of a rated operating sequence $O-t-CO-t'-CO$;

$C-t''-C$ in case of a rated operating sequence $CO-t''-CO$ at 100% of the rated short-circuit making current and at an applied voltage as specified in Sub-clause 6.104.1.

6.106.4.2 *Test-duty No. 4b, breaking tests*

$O-t-O-t'-O$ in case of a rated operating sequence $O-t-CO-t'-CO$;

$O-t''-O$ in case of a rated operating sequence $CO-t''-CO$ at 100% of the rated short-circuit

coupure assigné en court-circuit et avec des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées aux paragraphes 6.104.5.2 et 6.104.7.

Toutefois, lorsque la séquence d'essais n° 4 est effectuée au moyen des séquences d'essais n°s 4a et 4b, ou bien la séquence d'essais n°4a doit être une séquence de manœuvres assignée complète avec le courant coupé et les tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle aussi voisins que possible des valeurs spécifiées pour la séquence d'essais n° 4, ou bien la séquence d'essais n° 4b doit être une séquence de manœuvres assignée complète avec un courant établi et une tension appliquée aussi voisins que possible des valeurs spécifiées pour la séquence d'essais n° 4.

Il est admis de remettre le disjoncteur dans son état initial comme indiqué au paragraphe 6.102.8.5 entre les séquences d'essais n°s 4a et 4b.

S'il est possible de vérifier à 100% le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit au moyen d'une séquence d'essais autre que la séquence d'essais n° 4, par exemple la séquence d'essais n° 5, il est admis d'effectuer uniquement la séquence d'essais n° 4b à la place de la séquence d'essais n° 4.

6.106.5 Séquence d'essais n° 5

La séquence d'essais n° 5 ne doit être appliquée qu'aux disjoncteurs ayant un intervalle de temps τ , déterminé conformément au paragraphe 4.101.2, inférieur à 80 ms.

La séquence d'essais n° 5 se compose de la séquence de manœuvres assignée, limitée aux seules manœuvres d'ouverture, à 100% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec un pourcentage de composante apériodique égal à la valeur assignée appropriée spécifiée au paragraphe 4.101 et avec des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées aux paragraphes 6.104.5.2 et 6.104.7 (voir également paragraphe 6.104.6). (Pour les références aux tableaux, voir paragraphe 6.106.4).

Cependant, dans le cas d'un disjoncteur d'une conception telle qu'il ne puisse pas atteindre sa position de fermeture lorsqu'il est fermé sur court-circuit, la séquence d'essais n° 5 doit être effectuée avec la séquence de manœuvres assignée.

Pour les disjoncteurs prévus pour être utilisés là où le pourcentage de la composante apériodique peut atteindre une valeur supérieure à celle correspondant à la figure 9, page 99, comme cela peut arriver au voisinage des centres de production, les essais doivent être soumis à un accord entre constructeur et utilisateur; voir la note du paragraphe 4.101.2 et le paragraphe 8.103.1.

6.107 Essais au courant critique

6.107.1 Cas d'application

Ces essais sont des essais en court-circuit complémentaires des séquences d'essais de court-circuit fondamentales couvertes par le paragraphe 6.106 et ne sont applicables qu'aux disjoncteurs qui ont un courant critique inférieur à 10% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. On suppose que c'est le cas si la moyenne des durées d'arc au cours de la séquence d'essai n° 1, paragraphe 6.106.1, est notablement supérieure à celle obtenue au cours de la séquence d'essais n° 2, paragraphe 6.106.2.

6.107.2 Courant d'essai

Lorsque les essais au courant critique sont applicables, ils doivent être faits à des courants compris dans la gamme de 4% à 6% et dans la gamme de 2% à 3% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Note. — Les essais de coupure des faibles courants inductifs sont couverts par le paragraphe 6.112.

6.107.3 Séquences d'essais au courant critique

Les séquences d'essais au courant critique doivent être les mêmes que pour la séquence d'essais n° 1, paragraphe 6.106.1, avec les courants coupés spécifiés au paragraphe 6.107.2 et avec les

breaking current and with a transient and power frequency recovery voltage as specified in Sub-clauses 6.104.5.2 and 6.104.7.

However, when Test-duty No. 4 is made as Test-duties Nos. 4a and 4b, either Test-duty No. 4a shall be a full rated operating sequence with breaking current and transient and power frequency recovery voltage as close as possible to the values specified for Test-duty No. 4, or Test-duty No. 4b shall be a full rated operating sequence with making current and applied voltage as close as possible to the values specified for Test-duty No. 4.

It is permissible to restore the circuit-breaker to its initial condition as indicated in Sub-clause 6.102.8.5, between Test-duties Nos. 4a and 4b.

If it is possible to prove 100% of the rated short-circuit making current in a test-duty other than Test-duty No. 4, for example Test-duty No. 5, it is permissible to perform Test-duty No. 4b only in place of Test-duty No. 4.

6.106.5 *Test-duty No. 5*

Test-duty No. 5 shall be applied only to circuit-breakers having a time interval t , determined in accordance with Sub-clause 4.101.2, of less than 80 ms.

Test-duty No. 5 consists of the rated operating sequence confined to opening operations only, at 100% of the rated short-circuit breaking current, with a percentage d.c. component equal to the appropriate rated value specified in Sub-clause 4.101, and transient and power frequency recovery voltages as specified in Sub-clauses 6.104.5.2 and 6.104.7 (see also Sub-clause 6.104.6). (For Table references see Sub-clause 6.106.4.)

However, for a circuit-breaker which is of such design that it may not reach its closed position when being closed against a short-circuit current, Test-duty No. 5 shall be made with the rated operating sequence.

For circuit-breakers intended to be used where it can be expected that the percentage of the d.c. component will be greater than that corresponding to Figure 9, page 99, as may occur in the vicinity of centres of generation, testing shall be subject to agreement between manufacturer and user, see note of Sub-clause 4.101.2 and Sub-clause 8.103.1.

6.107 *Critical current tests*

6.107.1 *Applicability*

These tests are short-circuit tests additional to the basic short-circuit test-duties covered by Sub-clause 6.106 and are applicable only to circuit-breakers which have a critical current of less than 10% of the rated short-circuit breaking current. It shall be assumed that this is the case if the average of the arcing times in Test-duty No. 1, Sub-clause 6.106.1, is significantly greater than that in Test-duty No. 2, Sub-clause 6.106.2.

6.107.2 *Test currents*

Where applicable, critical current tests shall be made at currents in the range of 4% to 6% and in the range of 2% to 3% of the rated short-circuit breaking current.

Note. — Tests for breaking small inductive currents are covered by Sub-clause 6.112.

6.107.3 *Critical current test-duties*

The critical current test-duties shall be as for Test-duty No. 1, Sub-clause 6.106.1, with the breaking currents specified in Sub-clause 6.107.2 and with the TRV provisions for Test-duty No. 1

caractéristiques de TTR de la séquence d'essais n° 1 modifiées en multipliant le temps t_3 , indiqué au paragraphe 6.104.5.4, tableaux XVIA, XVIB, XVII par le facteur $\sqrt{10/X}$ dans lequel X est le courant coupé exprimé en pourcentage du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Note. — Cette approximation est fondée sur le fait que les capacités du circuit d'essai sont les mêmes pour la séquence d'essais n° 1 et pour les séquences d'essais au courant critique.

6.108 Essais de court-circuit en monophasé

6.108.1 Cas d'application

Les essais de court-circuit en monophasé sont complémentaires des séquences d'essais fondamentales de court-circuit couvertes par le paragraphe 6.106 et ne sont applicables qu'aux disjoncteurs tripolaires destinés à être utilisés dans un réseau à neutre à la terre, ayant soit les trois pôles contenus dans une même enveloppe, soit trois pôles séparés, couplés mécaniquement et équipés d'un déclencheur d'ouverture commun. Ces essais sont destinés à montrer que le fonctionnement du disjoncteur n'est pas influencé défavorablement par l'apparition d'efforts non équilibrés.

6.108.2 Courant d'essai et tension de rétablissement

On doit vérifier ou prouver que le disjoncteur est capable de couper son pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante apériodique ne dépassant pas 20% de la composante périodique, le courant n'étant appliqué qu'à un seul pôle et la tension transitoire de rétablissement remplissant les conditions des points a) et b) du paragraphe 6.104.5.1 avec des valeurs normales déduites des tableaux IIA, IIB, IID et IIE, en divisant les tensions par le facteur de premier pôle indiqué au-dessus des tableaux, les caractéristiques de temps restant inchangées.

Si cela est nécessaire, on peut mettre à profit les dispositions du paragraphe 6.104.5.2 relatives aux limitations dues aux stations d'essais. La valeur spécifiée de la tension de rétablissement à fréquence industrielle (paragraphe 6.104.7) est la valeur phase-terre $U/\sqrt{3}$ de la tension assignée du disjoncteur.

6.108.3 Séquence d'essais

La séquence d'essais doit comprendre un seul essai de coupure, le courant étant appliqué comme suit:

- a) pour les disjoncteurs ayant trois pôles dans une même enveloppe: à travers un pôle extrême;
- b) pour les disjoncteurs ayant trois pôles séparés couplés mécaniquement: à travers le pôle qui donnera la contrainte maximale sur le mécanisme de couplage entre pôles.

6.109 Essais de défaut proche en ligne

6.109.1 Cas d'application

Les essais de défaut proche en ligne sont des essais de court-circuit complémentaires des séquences d'essais de court-circuit fondamentales couvertes par le paragraphe 6.106 et ne sont applicables qu'aux disjoncteurs tripolaires prévus pour être directement raccordés à des lignes aériennes de transport et ayant une tension assignée supérieure ou égale à 52 kV et un pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA.

6.109.2 Courant d'essai

Le courant d'essai doit tenir compte des impédances côté alimentation et côté ligne.

L'impédance côté alimentation doit être celle correspondant approximativement à 100% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit et à la valeur phase-terre de la tension assignée. Deux valeurs d'impédance côté ligne sont spécifiées et correspondent respectivement à une réduction à 90% et 75% de la composante périodique du courant coupé en court-circuit.

modified by multiplying time t_3 in Sub-clause 6.104.5.4, Tables XVI A, XVI B and XVII, by the factor $\sqrt{10/X}$ where X is the test breaking current as a percentage of the rated short-circuit breaking current.

Note. — This adjustment is based on test circuit capacitances being the same for Test-duty No. 1 and the critical current test-duties.

6.108 *Single-phase short-circuit tests*

6.108.1 *Applicability*

Single-phase short-circuit tests are additional to the basic short-circuit test duties covered by Sub-clause 6.106 and are applicable only to three-pole circuit-breakers intended for use on an earthed neutral system, having the three poles in one enclosure, or three separately enclosed poles which are coupled mechanically and fitted with a common opening release. The tests are intended to show that the operation of the circuit-breaker is not adversely affected by the unbalanced forces produced.

6.108.2 *Test current and recovery voltage*

It shall be demonstrated, or evidence shall be produced, to show that the circuit-breaker is capable of breaking its rated short-circuit breaking current with a d.c. component not exceeding 20% of the a.c. component, with the current applied to one pole only, the transient recovery voltage meeting requirements of Items *a)* and *b)* of Sub-clause 6.104.5.1 with standard values derived from Tables II A, II B, II D and II E, by dividing the voltages by the first-pole-to-clear factor indicated above the tables, the time coordinates remaining unchanged.

Where necessary, advantage may be taken of the provisions of Sub-clause 6.104.5.2 concerning test plant limitations. The specified value of the power frequency recovery voltage (Sub-clause 6.104.7) is the phase-to-earth value $U/\sqrt{3}$ of the rated voltage of the circuit-breaker.

6.108.3 *Test-duty*

The test-duty shall consist of a single breaking test, the current being applied as follows:

- a)* for circuit-breakers having three poles in one enclosure: through one outer pole;
- b)* for circuit-breakers having three separately enclosed poles which are mechanically coupled: through the pole which will give the maximum stress on the inter-pole coupling mechanism.

6.109 *Short-line fault tests*

6.109.1 *Applicability*

Short-line fault tests are short-circuit tests additional to the basic short-circuit test duties covered by Sub-clause 6.106 and are applicable only to three-pole circuit-breakers designed for direct connection to overhead transmission lines and having a rated voltage of 52 kV and above and a rated short-circuit breaking current exceeding 12.5 kA.

6.109.2 *Test current*

The test current shall take into account the source and line side impedances.

The source side impedance shall be that corresponding to approximately 100% rated short-circuit breaking current and the phase-to-earth value of the rated voltage. Two values of line side impedance are specified corresponding to a reduction of the a.c. component of the short-circuit breaking current to 90% and 75% respectively.

Lors d'un essai, la longueur de ligne représentée sur le côté charge du disjoncteur peut être différente de la longueur de ligne correspondant aux courants égaux à 90% et 75% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. Il est admis de s'écarter de cette longueur théorique de -20% pour les essais à 90% et de $\pm 20\%$ pour les essais à 75%; les tolérances respectives de $+5\%$ et de $\pm 5\%$ sur le courant donnent une marge suffisante par rapport à ces écarts (voir paragraphe 6.109.5). Pour ces essais, le pourcentage de composante apériodique à l'instant de la séparation des contacts doit être inférieur à 20%.

6.109.3 Circuit d'essai

Le circuit d'essai est monophasé et comprend un circuit d'alimentation et un circuit côté ligne.

Le circuit d'alimentation doit remplir les conditions suivantes, correspondant aux conditions de défaut aux bornes:

- a) La TTR présumée du circuit d'alimentation doit satisfaire à l'exigence a) et en principe à l'exigence b) du paragraphe 6.104.5.1 avec les valeurs normales indiquées dans les tableaux IVA, IVB, et IVC. Etant donné les limitations dues à la station d'essais, il peut, comme indiqué au paragraphe 6.104.5.2, ne pas être possible de satisfaire à l'exigence du point b). Toute insuffisance de ce genre de la TTR du circuit d'alimentation doit être compensée, lors des essais de défaut proche en ligne, par un accroissement de la pointe de tension sur la première crête de la tension côté ligne.
- b) La valeur spécifiée de la tension de rétablissement à fréquence industrielle (paragraphe 6.104.7) du circuit d'alimentation est la valeur phase-terre $U/\sqrt{3}$ de la tension assignée. Le circuit côté ligne doit satisfaire à l'exigence suivante:
- c) L'oscillation de la TTR présumée du circuit côté ligne doit avoir une forme d'onde approximativement triangulaire; mais elle peut avoir un retard et des crêtes quelque peu arrondies comme indiqué au tableau V et à la figure 14, page 102. S'il est impossible de représenter la TTRI côté source, l'utilisation d'une oscillation de la tension côté ligne sans retard compense plus ou moins l'absence de la TTRI. La TTR présumée du circuit d'essai doit répondre aux exigences du paragraphe 6.109.4.

Note. — Chaque fois qu'une insuffisance du côté source est compensée par un accroissement de tension côté ligne, comme cela est indiqué ci-dessus, il est essentiel d'examiner soigneusement les différents effets de la répartition de tension entre les éléments en essai.

Les autres caractéristiques des circuits côté alimentation et côté ligne doivent être sensiblement conformes aux caractéristiques assignées, indiquées pour les défauts proches en ligne dans le paragraphe 4.105, et aux valeurs dérivées de ces dernières et du courant d'essai (voir annexe AA).

Il peut être nécessaire d'effectuer certains ajustements, notamment pour la répartition de l'impédance à fréquence industrielle entre les circuits côté alimentation et côté ligne afin de pallier toute différence entre le facteur de crête assigné et le facteur de crête réel du circuit mesuré du côté ligne, mis à part les ajustements résultant de la compensation prévue au point a) ci-dessus.

6.109.4 Tension transitoire de rétablissement

La TTR présumée du circuit d'essai mesurée aux bornes du disjoncteur est une combinaison des composantes côté alimentation et côté ligne comme indiqué à la figure AA1, page 256.

Le temps t_L à la première crête côté ligne de la TTR présumée spécifiée et la valeur u_T de la tension à cet instant doivent être déterminés à partir des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne, données au paragraphe 4.105, et du courant d'essai réel*, comme indiqué à l'annexe AA.

* Le terme «réel» s'entend comme distinct de la valeur nominale (90% ou 75%); l'utilisation du courant présumé coupé en court-circuit conformément au paragraphe 6.104.3 n'est pas proscrite.

In a test, the line length represented on the load side of a circuit-breaker may differ from the length of line corresponding to currents equal to 90% and 75% of rated short-circuit breaking current. Deviations from these theoretical lengths of -20% for tests at 90% and of $\pm 20\%$ for tests at 75% are permitted; the tolerances of $+5\%$ and $\pm 5\%$ respectively on the current give margin for these deviations (see Sub-clause 6.109.5). For these tests, the percentage d.c. component at the instant of contact separation shall be less than 20%.

6.109.3 Test circuit

The test circuit shall be single-phase and consist of a supply circuit and a line side circuit.

The supply circuit shall, in terminal fault conditions, meet the following requirements:

- a) The prospective transient recovery voltage of the supply circuit shall meet Requirement a) and in principle Requirement b) of Sub-clause 6.104.5.1 with the standard values given in Tables IVA, IVB and IVC. Owing to limitations of the testing station it may, as stated in Sub-clause 6.104.5.2, not be feasible to comply with the requirement of Item b).

Any such deficiency of transient recovery voltage of the supply circuit shall, in short-line fault tests, be compensated by an increase of the voltage excursion to the first peak of the line side voltage.

- b) The specified value of the power frequency recovery voltage (Sub-clause 6.104.7) of the supply circuit is the phase-to-earth value $U/\sqrt{3}$ of the rated voltage.

The line side circuit shall meet the following requirement:

- c) The prospective transient recovery voltage oscillation of the line side circuit shall have an approximately triangular wave form but may have a time delay and some rounding at the peaks as indicated in Table V and Figure 14, page 102. If it is impracticable to represent the ITRV on the source side, then the use of a line side voltage oscillation without time delay more or less compensates for the missing ITRV. The prospective transient recovery voltage of the test circuit shall comply with Sub-clause 6.109.4.

Note. — Whenever a deficiency on the source side is compensated by an enhancement of the line side voltage, as described above, it is essential that full consideration be given to the differing effects of the voltage distribution between the units under test.

Other characteristics of the supply and line side circuits shall be approximately in accordance with the rated characteristics for short-line faults given in Sub-clause 4.105 and with values derived from those and the test current (see Appendix AA).

It may be necessary to make certain adjustments, notably to the distribution of power-frequency impedance between supply and line side circuits in order to cater for any difference between rated peak factor and actual peak factor measured in the line side circuit, apart from any adjustments arising from the compensation provided for in Item a) above.

6.109.4 Transient recovery voltage

The prospective transient recovery voltage of the test circuit measured across the circuit-breaker is a combination of the source and line side components as shown in Figure AA1, page 256.

The time t_L of the first line side peak of the specified prospective transient recovery voltage and the value u_T of voltage at that time shall be determined from the rated characteristics for short-line faults given in Sub-clause 4.105 and the actual* test current, as shown in Appendix AA.

* Actual as distinct from the nominal (90% or 75%) value; the use of prospective short-circuit breaking current in accordance with Sub-clause 6.104.3 is not precluded.

Le temps t_L à la première crête côté ligne de la TTR présumée, évalué conformément à la figure 14, page 102, ne doit pas dépasser la valeur déterminée à partir des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne. On peut également s'écarter de la TTR normale après que l'oscillation de la tension côté ligne a cessé, cela étant dû à l'ajustement de la répartition de l'impédance à fréquence industrielle du circuit d'essai prévu au paragraphe 6.109.3.

Note. — L'écart de temps entre l'instant t_L et l'instant qui le précède où la tension u_T est atteinte ainsi que le dépassement de la tension u_T par la première crête de la TTR présumée du circuit d'essai dépendent de l'accord du constructeur.

Dans le rapport d'essais, il est recommandé d'indiquer la TTR spécifiée se rapportant aux caractéristiques assignées du disjoncteur et, à des fins de comparaison, la tension présumée du circuit d'essai utilisé.

Il est souhaitable d'enregistrer la TTR au cours de l'essai afin d'obtenir une vérification des caractéristiques présumées du circuit d'essai, particulièrement en ce qui concerne le temps t_L jusqu'à la première crête.

6.109.5 Séquences d'essais

Les essais normaux doivent comprendre une série de séquences d'essais telles que spécifiées ci-dessous, chacune d'entre elles se composant de la séquence de manœuvres assignée limitée aux seules manœuvres d'ouverture.

Pour des facilités d'essai, il est admis d'introduire une manœuvre de fermeture avant une manœuvre d'ouverture.

a) Séquence d'essais n° L_{90}

A $(90 \pm 5)\%$ du pouvoir de coupure assigné en court-circuit et avec la TTR présumée appropriée.

b) Séquence d'essais n° L_{75}

A $(75 \pm 5)\%$ du pouvoir de coupure assigné en court-circuit et avec la TTR présumée appropriée.

6.109.6 Essais de défaut proche en ligne avec une source d'essai de court-circuit de puissance réduite

Lorsque la puissance de court-circuit maximale disponible dans la station d'essais n'est pas suffisante pour réaliser les essais de défaut proches en ligne sur un pôle complet de disjoncteur, on peut effectuer des essais par éléments séparés, voir le paragraphe 6.102.3.2.

Après accord entre constructeur et utilisateur, les essais de défaut proche en ligne peuvent également être effectués à une tension à fréquence industrielle réduite, les dispositions des points a) et b) du paragraphe 6.109.3 étant adoucies. Ces dispositions devront être respectées du mieux possible et, pour la TTR spécifiée au point a), au moins jusqu'à trois fois le temps spécifié pour la première crête côté ligne. Cette méthode est utilisée si les essais fondamentaux de court-circuit indiqués au paragraphe 6.106 ont été satisfaisants et en supposant que la contrainte diélectrique sur le disjoncteur au voisinage de la valeur de crête de la TTR soit indépendante des contraintes appliquées immédiatement après le passage par zéro du courant. Cette méthode d'essai peut également être utilisée en combinaison avec les essais par éléments séparés. Un seul ensemble d'essais est suffisant.

6.110 Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases

6.110.1 Cas d'application

Les essais spécifiés dans ce paragraphe ne sont à effectuer que si le constructeur a spécifié pour le disjoncteur un pouvoir de coupure assigné en discordance de phases.

Les essais doivent être effectués pour déterminer l'aptitude du disjoncteur à couper et à établir les courants lors d'une discordance de phases.

The time t_L related to the first peak of the line side prospective TRV evaluated in accordance with Figure 14, page 102, shall not exceed the value determined from the rated characteristics for short-line faults. There may also be deviations from the standard transient recovery voltage after the line side voltage oscillation has ceased, due to adjusted distribution of the power frequency impedance of the test circuit provided for in Sub-clause 6.109.3.

Note. — The amount by which the time at which u_T is attained precedes t_L and the amount by which the first peak of the prospective TRV of the test circuit exceeds u_T are subject to the consent of the manufacturer.

The test report should show the specified transient recovery voltage appropriate to the rating of the circuit-breaker, and for comparative purposes the prospective transient recovery voltage of the test circuit used.

It is desirable to record the transient recovery voltage during test for the purpose of providing a check on the prospective test circuit characteristics, particularly with regard to the time t_L to the first peak.

6.109.5 *Test-duties*

The standard tests shall be a series of test-duties as specified below, each consisting of the rated operating sequence confined to opening operations only.

For convenience in testing, it is permissible to introduce a closing operation before an opening operation.

a) Test-duty No. L_{90}

At $(90 \pm 5)\%$ of the rated short-circuit breaking current and the appropriate prospective transient recovery voltage.

b) Test-duty No. L_{75}

At $(75 \pm 5)\%$ of the rated short-circuit breaking current and the appropriate prospective transient recovery voltage.

6.109.6 *Short-line fault tests with a test supply of limited power*

When the maximum short-circuit power available at a testing plant is not sufficient to make the short-line fault tests on a complete pole of a circuit-breaker, it may be possible to make unit tests, see Sub-clause 6.102.3.2.

By agreement between manufacturer and user, short-line fault tests may also be made at reduced power frequency voltage, the provisions of Items a) and b) of Sub-clause 6.109.3 being relaxed. These provisions shall be met as well as possible and, for the transient recovery voltage to Item a), at least up to three times the specified time of the first line side peak. This method is used if the basic short-circuit tests in Sub-clause 6.106 have been satisfactory, it being assumed that the dielectric strength of the circuit-breaker near the peak value of transient recovery voltage is independent of stresses applied immediately after current zero. The test method may also be used in combination with unit tests. One set of tests is sufficient.

6.110 *Out-of-phase making and breaking tests*

6.110.1 *Applicability*

The tests specified in this sub-clause are required only if a rated out-of-phase breaking current has been specified for the circuit-breaker by the manufacturer.

Tests shall be made to determine the ability of a circuit-breaker to break and make currents during out-of-phase conditions.

6.110.2 *Circuit d'essai*

Le facteur de puissance du circuit d'essai ne doit pas dépasser 0,15.

Pour les essais monophasés, le circuit doit être disposé de telle façon que chaque côté du disjoncteur soit soumis à la moitié environ de la tension appliquée et de la tension de rétablissement (voir figure 29, page 246).

S'il n'est pas possible d'adopter ce circuit dans la station d'essais, il est admis d'utiliser, avec l'accord du constructeur, deux tensions égales décalées de 120 degrés électriques, au lieu de 180°, à condition que la tension totale aux bornes du disjoncteur corresponde à celle indiquée au paragraphe 6.110.3 (voir figure 30, page 246).

La réalisation d'essais monophasés ou triphasés avec mise à la terre d'une borne du disjoncteur n'est admise qu'avec l'accord spécial du constructeur (voir figure 31, page 247, pour les essais monophasés).

Les essais triphasés, effectués en mettant à la terre les trois bornes d'un même côté du disjoncteur ou le point neutre du circuit d'alimentation, ne sont admis qu'avec l'accord spécial du constructeur, surtout en ce qui concerne les disjoncteurs destinés à fonctionner sur des réseaux autres qu'à neutre à la terre (voir figures 19a et 19b, page 236).

6.110.3 *Tensions d'essai*

Pour les essais monophasés, la tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle doivent, autant que possible, être égales, toutes les deux, à l'une des valeurs suivantes:

- $2,0/\sqrt{3}$ fois la tension assignée pour les disjoncteurs destinés à être utilisés dans des réseaux à neutre à la terre;
- $2,5/\sqrt{3}$ fois la tension assignée pour les disjoncteurs destinés à être utilisés dans des réseaux autres qu'à neutre à la terre.

Pour les essais triphasés, la tension de rétablissement à fréquence industrielle du premier pôle qui coupe doit avoir la valeur appropriée indiquée ci-dessus pour les essais monophasés.

La TTR doit être conforme aux indications du paragraphe 4.106.

6.110.4 *Séquences d'essais*

Le tableau XVIII indique les séquences d'essais à effectuer.

TABLEAU XVIII

Séquences d'essais à effectuer pour vérifier les caractéristiques assignées en discordance de phases

Séquence d'essais	Manœuvre ou cycle	Courant coupé en pour cent du pouvoir de coupure assigné en discordance de phases
1	O et O	20 à 40
2	O et CO	100 à 110

Dans le cas d'une tension de rétablissement à fréquence industrielle égale à $2,5/\sqrt{3}$ fois la tension assignée, comme indiqué au paragraphe 6.110.3, la séquence d'essai n° 2 peut être effectuée en variante avec deux manœuvres d'ouverture à $2,5/\sqrt{3}$ fois la tension assignée et une manœuvre de fermeture-ouverture à $2,0/\sqrt{3}$ fois la tension assignée.

L'intervalle de temps séparant les deux essais de chaque séquence doit être suffisant pour permettre au disjoncteur de revenir à son état initial.

6.110.2 Test circuit

The power factor of the test circuit shall not exceed 0.15.

For single-phase tests, the test circuit shall be so arranged that approximately one half of the applied voltage and of the recovery voltage is on each side of the circuit-breaker (see Figure 29, page 246).

If it is not practicable to use this circuit in the testing station, it is permissible with the agreement of the manufacturer to use two identical voltages separated in phase by 120 electrical degrees, instead of 180°, provided that the total voltage across the circuit-breaker is as stated in Sub-clause 6.110.3 (see Figure 30, page 246).

Tests, either single-phase or three-phase, with one terminal of the circuit-breaker earthed are permissible only with special agreement of the manufacturer (for single-phase tests, see Figure 31, page 247).

Three-phase tests with three terminals on one side of the circuit-breaker earthed or with the neutral of the supply earthed, are permissible only with special agreement of the manufacturer (see Figures 19a and b, page 236), especially for circuit-breakers intended to operate in systems other than earthed neutral systems.

6.110.3 Test voltages

For single-phase tests, both the applied voltage and the power frequency recovery voltage shall, as nearly as practicable, be equal to one of the following values:

- a) $2.0/\sqrt{3}$ times the rated voltage for circuit-breakers intended to be used in earthed neutral systems;
- b) $2.5/\sqrt{3}$ times the rated voltage for circuit-breakers intended to be used in systems other than earthed neutral systems.

For three-phase tests, the power frequency recovery voltage of the first pole to clear shall have the appropriate value stated above for single phase tests.

The transient recovery voltage shall be in accordance with Sub-clause 4.106.

6.110.4 Test-duties

The test-duties to be made are indicated in Table XVIII.

TABLE XVIII

Test duties to demonstrate the out-of-phase rating

Test-duty	Operation or duty cycle	Breaking current in percent of the rated out-of-phase breaking current
1	O and O	20 to 40
2	O and CO	100 to 110

In the case of a power frequency voltage of $2.5/\sqrt{3}$ times the rated voltage as stated in Sub-clause 6.110.3 Test-duty No. 2 can alternatively be performed with two opening operations at $2.5/\sqrt{3}$ times the rated voltage and one close-open operation at $2.0/\sqrt{3}$ times the rated voltage.

The time interval between the tests in each test-duty shall be sufficient to permit the circuit-breaker to return to its initial condition.

Au cours de la manœuvre d'ouverture de chaque séquence d'essais, la composante apériodique du courant coupé doit être inférieure à 20% de la composante périodique.

Pour le cycle fermeture-ouverture de la séquence d'essais n° 2, ni le courant établi ni la composante apériodique du pouvoir de coupure ne sont spécifiés.

Notes 1. — Pour les disjoncteurs équipés de résistances de fermeture, ces résistances peuvent être essayées séparément sous réserve d'un accord entre constructeur et utilisateur.

2. — La séquence d'essais n° 1 peut n'être pas effectuée sur les disjoncteurs dont les caractéristiques d'arc ne nécessitent pas les essais au courant critique du paragraphe 6.107.1.

6.111 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs

6.111.1 Cas d'application

Les essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs sont applicables à tous les disjoncteurs auxquels une ou plusieurs des caractéristiques suivantes ont été assignées:

- pouvoir de coupure assigné de lignes à vide;
- pouvoir de coupure assigné de câbles à vide;
- pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs;
- pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins;
- pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs à gradins.

On considère généralement comme non nécessaires, les essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure à 72,5 kV et les essais de coupure et d'établissement des courants de câbles à vide pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure ou égale à 24 kV.

Note. — La détermination des surtensions lors de l'encenchement de longues lignes à vide n'est pas couverte par cette norme.

6.111.2 Généralités

Les essais peuvent être effectués soit en réseau, soit en laboratoire. Pour les essais en réseau, des circuits réels sont utilisés avec un réseau d'alimentation sur le côté source et une ligne, un câble ou une batterie de condensateurs sur le côté charge.

Les résultats de tels essais sont valables seulement pour des disjoncteurs manœuvrant dans des conditions identiques à celles des essais. Pour les essais en laboratoire, les lignes et les câbles sont partiellement ou complètement remplacés par des circuits artificiels avec des éléments concentrés: condensateurs, réactances, résistances.

Les essais en laboratoire pour la vérification du pouvoir de coupure assigné de lignes ou de câbles à vide sont valables seulement si le disjoncteur est sans réamorçage.

Les essais monophasés d'un disjoncteur tripolaire sont valables seulement si le disjoncteur essayé est sans réamorçage et si les prescriptions du paragraphe 6.102.3.1 sont satisfaites.

Les essais par éléments séparés sont valables seulement lorsque les essais en laboratoire sont autorisés en monophasé avec des batteries de condensateurs et que sont remplies les prescriptions des paragraphes 6.102.3.1 et 6.102.3.2.

Si le disjoncteur n'est pas sans réamorçage, et si les installations d'essais empêchent l'exécution d'essais triphasés, des essais en monophasé ou sur des circuits en laboratoire peuvent être effectués après accord entre constructeur et utilisateur.

Pour les essais, la fréquence du circuit d'essai doit être conforme au paragraphe 6.103.2.

Notes 1. — Pour les disjoncteurs sans réamorçage, des essais effectués à 60 Hz peuvent servir de preuves pour les caractéristiques de coupure à 50 Hz.

2. — Pour les disjoncteurs sans réamorçage, des essais effectués à 50 Hz peuvent servir de preuves pour des caractéristiques à 60 Hz sous réserve que, pendant les premières 8,3 ms, la tension aux bornes du disjoncteur ne soit pas

For the opening operation of each test-duty, the d.c. component of the breaking current shall be less than 20% of the a.c. component.

For the close-open cycle of Test-duty No. 2, neither the making current nor the d.c. component of the breaking current is specified.

Notes 1. — For circuit-breakers fitted with closing resistors, the closing resistors may be tested separately subject to agreement between manufacturer and user.

2. — Test-duty No. 1 may be omitted for those circuit-breakers whose arcing characteristics are such that critical current tests according to Sub-clause 6.107.1 are not required.

6.111 *Capacitive current switching tests*

6.111.1 *Applicability*

Capacitive current switching tests are applicable to all circuit-breakers to which one or more of the following ratings have been assigned:

- rated line-charging breaking current;
- rated cable-charging breaking current;
- rated single-capacitor bank breaking current;
- rated back-to-back capacitor bank breaking current;
- rated capacitor bank inrush making current.

Line-charging current switching tests of circuit-breakers of rated voltages less than 72.5 kV and cable-charging current switching tests of circuit-breakers of rated voltages equal to or less than 24 kV are in general considered unnecessary.

Note. — The determination of overvoltages when closing onto unloaded long lines is not covered by this standard.

6.111.2 *General*

The tests can be made either as field tests or laboratory tests. For field tests, actual circuits are used with a supply system on the source side and a line, cable or capacitor bank on the load side.

The results of such tests, however, are only valid for circuit-breakers working in circuits identical to those during the tests. In laboratory tests the lines and cables are partly or fully replaced by artificial circuits with lumped elements of capacitors, reactors or resistors.

Laboratory tests for verification of the rated line or cable-charging breaking current are only valid if the circuit-breaker is restrike-free.

Single-phase tests of a three-pole circuit-breaker are only valid if the tested circuit-breaker is restrike-free and the requirements of Sub-clause 6.102.3.1 are fulfilled.

Unit tests are only valid where single-phase laboratory tests with capacitor banks are allowed and the requirements of Sub-clauses 6.102.3.1 and 6.102.3.2 are fulfilled.

If the circuit-breaker is not restrike-free and if limitations of the test plant preclude the use of three-phase tests, a single-phase test or laboratory circuits may be used upon agreement between manufacturer and user.

The test circuit frequency for tests shall be according to Sub-clause 6.103.2.

Notes 1. — For restrike-free circuit-breakers, tests at 60 Hz may be considered to prove the breaking characteristics at 50 Hz.

2. — For restrike-free circuit-breakers, tests at 50 Hz may be considered to prove the characteristics at 60 Hz provided that the voltage across the circuit-breaker is not less during the first 8.3 ms than it would be during a test at 60 Hz

inférieure à celle qui existerait dans un essai à 60 Hz à la tension spécifiée. Si des réamorçages surviennent après 8,3 ms, à une tension instantanée supérieure à celle qui apparaîtrait lors d'un essai à 60 Hz à la tension spécifiée, il convient que la série d'essais soit répétée à 50 Hz à une tension d'essai égale à celle qui est prescrite à 60 Hz et, si aucun réamorçage ne se produit, on considère que le disjoncteur a satisfait à l'essai.

3. — Lorsque des essais monophasés sont permis, en laboratoire, avec des batteries de condensateurs, la spécification du circuit d'essai peut être remplacée par une spécification de la tension de rétablissement.
4. — Les circuits d'essai en laboratoire représentant les lignes et les câbles ne sont pas utilisables pour déterminer l'amplitude d'une surtension éventuelle quand un réamorçage se produit. Ils sont seulement capables de montrer l'aptitude à l'établissement et à la coupure.
5. — Des procédures d'essais synthétiques pour l'établissement et la coupure des courants capacitifs sont à l'étude.

6.111.3 Caractéristiques des circuits d'alimentation

Un circuit d'alimentation triphasé doit être utilisé pour les essais monophasés et pour les essais en triphasé en réseau. Un circuit d'alimentation monophasé doit être utilisé pour les essais en monophasé en laboratoire.

Les essais de coupure de courant capacitif doivent être effectués en utilisant deux circuits d'alimentation différents, comme spécifié aux paragraphes 6.111.3.1 et 6.111.3.2.

6.111.3.1 Circuit d'alimentation A

Le circuit d'alimentation A est un circuit ayant une impédance telle que son courant de court-circuit n'excède pas 10% du pouvoir de coupure en court-circuit assigné du disjoncteur avec l'exception que, si cela est nécessaire, l'impédance est réduite à une valeur inférieure à celle qui est prescrite, de sorte que la variation de tension à fréquence industrielle, entraînée par l'établissement et la coupure du courant capacitif, n'excède pas 10%.

Pour les essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide, de câbles à vide ou de batterie unique de condensateurs, la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'alimentation doit être aussi près que possible de la tension transitoire de rétablissement spécifiée pour la séquence d'essais en court-circuit n° 2 au paragraphe 6.104.5.4, mais ne doit pas la dépasser. On peut ne pas tenir compte des prescriptions pour le retard.

Pour les essais en monophasé en laboratoire, les valeurs des paramètres de tension (u_c , u'), indiquées au paragraphe 6.104.5.4, doivent être multipliées par le facteur k/f_ϕ , où k est le coefficient indiqué aux points a) à e) du paragraphe 6.111.7 et f_ϕ le facteur de premier pôle indiqué au paragraphe 6.104.5.4.

Pour les essais de coupure de courants de batteries de condensateurs à gradins, la capacité du circuit d'alimentation et l'impédance entre les condensateurs du côté source et du côté charge sont telles qu'elles donnent le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs à gradins lors de l'essai à 100% du pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.

Note — L'impédance du circuit d'alimentation A pour la séquence d'essais n° 2 peut en conséquence différer de celui de la séquence d'essais n° 1.

6.111.3.2 Circuit d'alimentation B

Le circuit d'alimentation B est un circuit ayant une impédance aussi faible que possible, sans toutefois que son courant de court-circuit dépasse le pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur. Les caractéristiques du circuit d'essai doivent être telles que la variation de la tension à fréquence industrielle lors de la coupure soit aussi faible que possible et en tout cas inférieure à 5% pour la séquence d'essais n° 4.

Pour les essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide, de câbles à vide, ou de batterie unique de condensateurs, la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'alimentation doit être moins sévère que la tension transitoire de rétablissement spécifiée pour la séquence d'essais en court-circuit n° 4 au paragraphe 6.104.5.2.

Pour les essais en monophasé en laboratoire, les valeurs des paramètres de tension, indiquées au paragraphe 6.104.5.2 et au paragraphe 4.102.3 doivent être multipliées par le facteur k/f_ϕ , où k est le

with the specified voltage. If restrikes occur after 8.3 ms, due to the instantaneous voltage being higher than it would be during a test at 60 Hz with the specified voltage, the test-duty should be repeated at 50 Hz with a test voltage as prescribed for the 60 Hz test and if no restrikes occur the circuit-breaker is considered to have passed the test.

3. — Where single-phase laboratory tests with capacitor banks are permitted, the specification of the circuits may be replaced by a specification of the recovery voltage.
4. — The laboratory test circuits representing lines and cables are not applicable for determining the magnitude of possible over-voltage when a restrike occurs. They are adapted to demonstrate the switching performance only.
5. — Synthetic test procedures for capacitive current switching are under consideration.

6.111.3 Characteristics of supply circuits

A three-phase supply circuit shall be used for three-phase tests and for single-phase field tests. A single-phase supply circuit shall be used for single-phase laboratory tests.

The capacitive current breaking tests shall be performed using two different supply circuits as specified in Sub-clauses 6.111.3.1 and 6.111.3.2.

6.111.3.1 Supply circuit A

Supply circuit A is a circuit having an impedance such that its short-circuit current does not exceed 10% of the rated short-circuit current of the circuit-breaker except that, if necessary, the impedance shall be reduced below the value given by this requirement so that the power frequency voltage variation caused by switching the capacitive current does not exceed 10%.

For line-charging, cable-charging or single capacitor bank current switching tests the prospective transient recovery voltage of the supply circuit shall be as close as possible to the transient recovery voltage specified for short-circuit Test-duty No. 2 in Sub-clause 6.104.5.4 but shall not exceed it. The requirements for time delay need not be taken into account.

For single phase laboratory tests, the values of the voltage parameters u_c and u' , stated in Sub-clause 6.104.5.4, shall be multiplied by k/f_ϕ , where k is the factor stated in Items a) to e) of Sub-clause 6.111.7 and f_ϕ is the first-pole-to-clear factor quoted in Sub-clause 6.104.5.4.

For back-to-back capacitor bank breaking current tests, the capacitance of the supply circuit and the impedance between the capacitors on the supply and load sides shall be such as to give the rated capacitor bank inrush making current when testing with 100% of the rated back-to-back capacitor bank breaking current.

Note. — The impedance of supply circuit A for Test-duty No. 2 may accordingly differ from that for Test-duty No. 1.

6.111.3.2 Supply circuit B

Supply circuit B is a circuit having an impedance which is as low as possible, but not so low that its short-circuit current exceeds the rated short-circuit current of the circuit-breaker. The characteristics of the test circuit shall be such that the power frequency voltage variation when switching is as small as possible and is in any case less than 5% for Test-duty No. 4.

For line-charging, cable-charging or single capacitor bank current switching tests the prospective transient recovery voltage of the supply circuit shall be less severe than the transient recovery voltage specified for short-circuit Test-duty No. 4 in Sub-clause 6.104.5.2.

For single phase laboratory tests, the values of the voltage parameters stated in Sub-clauses 6.104.5.2 and 4.102.3 shall be multiplied by k/f_ϕ , where k is the factor stated in Items a) to e)

coefficient indiqué aux points a) à e) du paragraphe 6.111.7 et f_p le facteur de premier pôle indiqué au paragraphe 4.102.3.

Pour les essais de coupure de courants de batteries de condensateurs à gradins, la capacité du circuit d'alimentation et l'impédance entre les condensateurs du côté alimentation et du côté charge sont telles qu'elles donnent le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs à gradins lors de l'essai à 100% du pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.

Notes 1. — Si le disjoncteur est prévu pour être utilisé sur un réseau ayant une longueur appréciable de câbles du côté source d'alimentation, il convient d'utiliser un circuit d'alimentation comprenant des capacités additionnelles appropriées.

2. — Pour les essais au pouvoir de coupure et de fermeture de batteries de condensateurs à gradins avec des disjoncteurs sans réamorçage, où des essais séparés d'établissement sont exécutés, on peut, pour les essais de coupure, choisir un circuit d'alimentation avec une capacité plus faible. Il convient de ne pas choisir une capacité trop faible afin que la tension transitoire de rétablissement en amont ne dépasse pas celle qui est spécifiée pour la séquence d'essais en court-circuit n° 4 du paragraphe 6.104.5.2.

6.111.4 *Mise à la terre du circuit d'alimentation*

Pour les essais en monophasé en laboratoire, l'une ou l'autre des bornes du circuit d'alimentation peut être mise à la terre. Toutefois, quand il est nécessaire d'assurer une répartition correcte de la tension entre les éléments du disjoncteur, un autre point du circuit d'alimentation peut être mis à la terre.

Pour les essais en triphasé, la mise à la terre est indiquée ci-après:

- a) Pour les essais de coupure et d'établissement de courants de batteries de condensateurs, le point neutre du circuit d'alimentation est mis à la terre. L'impédance homopolaire doit être inférieure au triple de l'impédance directe du côté source.
- b) Pour les essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide et de câbles à vide, la mise à la terre du circuit d'alimentation correspond en principe aux conditions de mise à la terre des circuits sur lesquels le disjoncteur sera utilisé:
 - pour les essais en triphasé d'un disjoncteur prévu pour utilisation dans des réseaux à neutre à la terre, le point neutre du circuit d'alimentation est mis à la terre. L'impédance homopolaire doit être inférieure au triple de l'impédance directe de la source;
 - pour les essais en triphasé d'un disjoncteur prévu pour utilisation dans des réseaux à neutre isolé ou compensés par bobine d'extinction, le point neutre du circuit d'alimentation est isolé ou mis à la terre par une bobine d'extinction.

6.111.5 *Caractéristiques du circuit capacitif à couper et à établir*

Les caractéristiques du circuit capacitif sont telles qu'avec tous les dispositifs de mesurage nécessaires, y compris les diviseurs de tension, la chute de tension ne dépasse pas 10% à la fin d'un intervalle de temps de 100 ms après extinction définitive de l'arc. Cependant, dans les cas d'essais en réseau, la prescription ci-dessus n'est pas applicable.

Note. — Etant donné que des appareils tels que des transformateurs de tension reliés au circuit capacitif peuvent avoir beaucoup d'influence sur la chute de tension, il convient d'effectuer le mesurage avec des diviseurs de tension convenables.

6.111.5.1 *Essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide*

Pour les disjoncteurs sans réamorçage, il y a trois possibilités:

- a) Essais en triphasé, où il est possible d'utiliser des lignes en parallèle ou de remplacer partiellement ou complètement la ligne elle-même par une batterie de condensateurs. La capacité directe en résultant doit être approximativement égale à deux fois la capacité homopolaire.
- b) Essais en monophasé dans un circuit triphasé, avec deux phases du circuit capacitif reliées directement au circuit d'alimentation triphasé et une phase reliée au circuit d'alimentation par le pôle du disjoncteur en essai.

of Sub-clause 6.111.7 and f_{ϕ} is the first-pole-to-clear factor quoted in Sub-clause 4.102.3.

For back-to-back capacitor bank breaking current tests, the capacitance of the supply circuit and the impedance between the capacitors on the supply and load sides shall be such as to give the rated capacitor bank inrush making current when testing with 100% of the rated back-to-back capacitor bank breaking current.

Notes 1. — If a circuit-breaker is intended to be used in a system with appreciable lengths of cable on the supply side, a supply circuit incorporating appropriate additional capacitance should be used.

2. — For back-to-back capacitor bank switching current tests with restrike-free circuit-breakers and where separate making tests are performed, a lower capacitance of the supply circuit may be chosen for the breaking tests. The capacitance should, however, not be so low that the prospective transient recovery voltage of the supply side exceeds that specified for short-circuit Test-duty No. 4 in Sub-clause 6.104.5.2.

6.111.4 *Earthing of the supply circuit*

For single-phase laboratory tests, either terminal of the single-phase supply circuit can be earthed. However, when it is necessary to ensure the correct voltage distribution between the units of the circuit-breaker another point of the supply circuit can be connected to earth.

For three-phase tests the earthing shall be as follows:

- a) For capacitor bank current switching tests the neutral of the supply circuit shall be earthed. The zero sequence impedance shall be less than three times the positive sequence impedance of the supply side.
- b) For line-charging and cable-charging current switching tests the earthing of the supply circuit shall, in principle, correspond to the earthing conditions in circuits for which the circuit-breaker is to be used:
 - for three-phase tests of a circuit-breaker intended for use in earthed neutral systems, the neutral point of the supply circuit shall be earthed. The zero sequence impedance shall be less than three times the positive sequence impedance of the supply side;
 - for three-phase tests of a circuit-breaker intended for use in isolated neutral and resonant earthed systems, the neutral point of the supply side shall be isolated or connected to earth through an arc suppression coil.

6.111.5 *Characteristics of the capacitive circuit to be switched*

The characteristics of the capacitive circuit shall, with all necessary measuring devices such as voltage dividers included, be such that the voltage decay does not exceed 10% at the end of an interval of 100 ms after final arc extinction. However, in the case of field tests the above requirement does not apply.

Note. — Since the voltage decay may be very much influenced by apparatus such as voltage transformers connected to the capacitive circuit, the measurement shall preferably be made with suitable voltage dividers.

6.111.5.1 *Line-charging current switching tests*

For circuit-breakers which are restrike-free, there are three possibilities:

- a) Three-phase tests, where it is allowed to use parallel lines or to partly or fully replace the real three-phase line with concentrated capacitor banks. The resulting positive sequence capacitance shall be approximately twice the zero sequence capacitance.
- b) Single-phase tests in a three-phase test circuit with two phases of the capacitive circuit connected directly to the three-phase supply circuit and one phase connected to the supply circuit through the circuit-breaker pole to be tested.

- c) Essais de laboratoire en monophasé, où il est permis de remplacer partiellement ou complètement les lignes elles-mêmes par des batteries de condensateurs et d'utiliser tout couplage en parallèle des conducteurs de phases avec courant de retour par la terre ou par un conducteur.

Lorsqu'on utilise des condensateurs pour simuler les lignes aériennes, une résistance non inductive, dont la valeur n'est pas supérieure à 10% de l'impédance capacitive, peut être raccordée en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent influencer exagérément sur la tension de rétablissement. Si, la résistance étant connectée, la valeur de crête du courant d'appel est encore trop élevée, une autre impédance (par exemple du type LR) peut être utilisée à la place de la résistance, sous réserve que courant et tension à l'instant de la coupure, et la tension de rétablissement, ne diffèrent pas sensiblement des valeurs spécifiées (les caractéristiques de l'impédance de remplacement sont à l'étude).

Les essais sur des disjoncteurs qui ne sont pas sans réamorçage font en principe l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur (voir paragraphe 6.111.2). Des circuits d'essai convenables sont en cours d'étude.

Note. — Un câble de faible longueur peut être utilisé en série avec une ligne aérienne pour les essais à condition que le courant de câble à vide ne dépasse pas 20% du courant de ligne aérienne à vide.

6.111.5.2 Essais de coupure et d'établissement de courants de câbles à vide

Des condensateurs peuvent être utilisés pour simuler des câbles à champ radial et des câbles à ceinture. Pour des essais en triphasé représentant des câbles à ceinture à trois âmes, la capacité directe doit être approximativement le double de la capacité homopolaire.

Lorsqu'on utilise des condensateurs pour simuler les câbles, une résistance non inductive, dont la valeur n'est pas supérieure à 10% de l'impédance capacitive, peut être raccordée en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent influencer exagérément sur la tension de rétablissement. Si, la résistance étant connectée, la valeur de crête du courant d'appel est encore trop élevée, une autre impédance (par exemple du type LR) peut être utilisée à la place de la résistance, sous réserve que courant et tension à l'instant de la coupure, et la tension de rétablissement, ne diffèrent pas sensiblement des valeurs spécifiées (les caractéristiques de l'impédance de remplacement sont à l'étude).

Note. — Une courte ligne aérienne peut être utilisée en série avec un câble pour les essais à condition que le courant de ligne à vide ne dépasse pas 1% du courant de câble à vide.

6.111.5.3 Essais de coupure et d'établissement de courants de batteries de condensateurs

Le neutre des condensateurs doit être isolé sauf pour les tensions assignées supérieures à 72,5 kV; dans ce cas, les conditions de mise à la terre des condensateurs en essai doivent être les mêmes que lorsque les condensateurs sont en service si le disjoncteur est prévu pour être utilisé dans des réseaux à neutre à la terre.

6.111.6 Forme d'onde du courant

La forme d'onde du courant à couper est aussi voisine que possible d'une sinusoïde. Cette condition est considérée comme remplie si le rapport de la valeur efficace du courant à la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2.

Le courant à couper ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-période à fréquence industrielle.

6.111.7 Tension d'essai

Pour des essais en triphasé et pour des essais en monophasé avec le circuit capacitif à couper suivant la disposition du point b) du paragraphe 6.111.5.1, la tension d'essai mesurée entre phases au niveau du disjoncteur immédiatement avant une manœuvre d'ouverture doit être aussi voisine que possible de la tension assignée U du disjoncteur.

- c) Single-phase laboratory tests, where it is allowed to replace partly or fully the real lines by concentrated capacitor banks and to use any parallel connection of the conductors in the individual phases with current return through earth or through a conductor.

When capacitors are used to simulate overhead lines a non-inductive resistor of maximum 10% of the capacitive impedance may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage. If, with this resistor connected, the peak inrush current is still unacceptably high, then an alternative impedance (e.g. LR) may be used instead of the resistor provided that the current and voltage conditions at the instant of breaking and the recovery voltage do not differ significantly from the specified values. (The characteristics of the alternative impedance are under consideration.)

Tests on circuit-breakers which are not restrike-free should be the subject of agreement between manufacturer and user (see Sub-clause 6.111.2). Suitable test circuits are under consideration.

Note. — A short cable may be used in series with an overhead line for the tests provided the cable-charging current is less than 20% of the overhead line charging current.

6.111.5.2 *Cable-charging current switching tests*

Capacitors may be used to simulate screened and belted cables. For three-phase tests representing three-core belted cables the positive sequence capacitance shall be approximately twice the zero sequence capacitance.

When capacitors are used to simulate cables a non-inductive resistor of maximum 10% of the capacitive impedance may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage. If, with this resistor connected, the peak inrush current is still unacceptably high, then an alternative impedance (e.g. LR) may be used instead of the resistor provided that the current and voltage conditions at the instant of breaking and the recovery voltage do not differ significantly from the specified values. (The characteristics of the alternative impedance are under consideration.)

Note. — A short overhead line may be used in series with a cable for the tests provided the line charging current does not exceed 1% of the cable charging current.

6.111.5.3 *Capacitor bank current switching tests*

The neutral of the capacitor shall be isolated except that, for rated voltages exceeding 72.5 kV, the earthing conditions of the test capacitor shall be the same as for the capacitor when in service if the circuit-breaker is intended for use in earthed neutral systems.

6.111.6 *Waveform of the current*

The waveform of the current to be broken should, as nearly as possible, be sinusoidal. This condition is considered to be complied with if the ratio of the r.m.s. value of the current to the r.m.s. value of the fundamental component does not exceed 1.2.

The current to be broken shall not go through zero more than once per half cycle of power frequency.

6.111.7 *Test voltage*

For three-phase tests and for single-phase tests with the capacitive circuit to be switched according to the arrangement in Item b) of Sub-clause 6.111.5.1, the test voltage measured between the phases at the circuit-breaker location immediately prior to opening shall, as nearly as possible, be equal to the rated voltage U of the circuit-breaker.

Pour les essais en monophasé en laboratoire, la tension mesurée au niveau du disjoncteur immédiatement avant l'ouverture doit être aussi voisine que possible du produit de $U/\sqrt{3}$ par le facteur suivant:

- a) 1,0
pour les essais correspondant au service normal dans les réseaux à neutre à la terre sans influence mutuelle significative entre phases voisines du circuit capacitif, typiquement batteries de condensateurs à neutre mis à la terre et câbles à champ radial;
- b) 1,2
pour les essais sur les câbles à ceinture et pour les essais d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide suivant le point c) du paragraphe 6.111.5.1, correspondant aux conditions normales de service dans les réseaux à neutre à la terre;
- c) 1,4
pour les essais correspondant:
— à la coupure dans les conditions normales de service dans des réseaux autres qu'à neutre à la terre;
— à la coupure de courants de batteries de condensateurs à neutre isolé.
- d) 1,4
pour les essais correspondant à la coupure en présence de défauts monophasés ou biphasés à la terre dans un réseau à neutre à la terre;
- e) 1,7
pour les essais correspondant à la coupure dans les réseaux autres qu'à neutre à la terre en présence de défauts monophasés ou biphasés à la terre.

Pour les essais par éléments séparés, la tension d'essai doit être choisie de façon à correspondre à l'élément le plus contraint du pôle de disjoncteur.

La tension d'essai à fréquence industrielle et la tension continue résultant de la charge résiduelle sur le circuit capacitif doivent être maintenues pendant une durée de 0,3 s après la coupure.

Notes 1. — Des constantes de temps de décharge du circuit capacitif plus courtes que celles qui sont prescrites au paragraphe 6.111.5 peuvent être utilisées à condition que le comportement du disjoncteur sous tension continue soit vérifié par d'autres moyens.

2. — Quand la non-simultanéité de séparation des contacts entre les différents pôles du disjoncteur dépasse $1/6^e$ de période à la fréquence assignée, il est recommandé, par accord entre constructeur et utilisateur, d'accroître le facteur de tension ou d'effectuer seulement des essais en triphasé.

6.111.8 Séquences d'essais

6.111.8.1 Conditions d'essais correspondant aux conditions normales de service

Les essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs consistent en quatre séquences d'essais, spécifiées dans le tableau XIX.

TABLEAU XIX

Séquence d'essais	Circuit d'alimentation	Courant d'essai en pourcentage du pouvoir de coupure assigné de courant capacitif
1	A	20 à 40
2	A	Non inférieur à 100
3	B	20 à 40
4	B	Non inférieur à 100

Le nombre d'essais pour chaque séquence doit être de:

- 10 essais pour les essais en triphasé;
- 12 essais pour les essais en monophasé avec séparations des contacts réparties à intervalles d'environ 30 degrés électriques.

For single-phase laboratory tests, the test voltage measured at the circuit-breaker location immediately before the opening shall, as nearly as possible, be equal to the product of $U/\sqrt{3}$ and the following factor:

- a) 1.0
for tests corresponding to normal service in earthed neutral systems without significant mutual influence of adjacent phases of the capacitive circuit, typically capacitor banks with earthed neutral and screened cables;
- b) 1.2
for tests on belted cables and for line-charging current switching tests according to Item c) of Sub-clause 6.111.5.1 corresponding to normal service conditions in earthed neutral systems;
- c) 1.4
for tests corresponding to:
 - breaking during normal service conditions in systems other than earthed neutral systems;
 - breaking of capacitor banks with isolated neutral.
- d) 1.4
for tests corresponding to breaking in the presence of single or two-phase earth faults in earthed neutral systems;
- e) 1.7
for tests corresponding to breaking in systems other than earthed neutral systems in the presence of single or two-phase earth faults.

For unit tests the test voltage shall be chosen to correspond to the most stressed unit of the pole of the circuit-breaker.

The power frequency test voltage and the d.c. voltage resulting from the trapped charge on the capacitive circuit shall be maintained for a period of 0.3 s after breaking.

Notes 1. — Shorter discharge time constants of the capacitive circuit than stated in Sub-clause 6.111.5 may be used provided that the behaviour of the circuit-breaker under d.c. voltage is checked by alternative means.

- 2. — When the non-simultaneity of contact separation in the different poles of the circuit-breaker exceeds 1/6th of a cycle of the rated frequency, it is recommended according to agreement between the manufacturer and the user to raise further the voltage factor or to make only three-phase tests.

6.111.8 Test duties

6.111.8.1 Test conditions corresponding to normal service conditions

The capacitive current switching tests shall consist of four test-duties as specified in Table XIX.

TABLE XIX

Test-duty	Supply circuit	Test current as percentage of the rated capacitive breaking current
1	A	20 to 40
2	A	Not less than 100
3	B	20 to 40
4	B	Not less than 100

The number of tests for each test-duty shall be:

- 10 tests for three-phase tests;
- 12 tests for single-phase tests with the contact separation distributed at intervals of approximately 30 electrical degrees.

Pour les essais d'établissement et de coupure de courants de lignes et de câbles à vide, les deux derniers essais des séquences n^{os} 2 et 4 sont des cycles d'établissement-coupure.

Pour les essais d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs, tous les essais des séquences n^{os} 2 et 4 sont des cycles d'établissement-coupure. La fermeture doit survenir à moins de 15 degrés électriques de la valeur de crête de la tension appliquée (sur une phase pour les essais en triphasé). Le courant établi lors de la séquence d'essais n^o 4 doit être égal au pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs comme indiqué au paragraphe 4.111 pour les disjoncteurs avec pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.

Compte tenu de la limitation des possibilités de la station d'essai, il peut ne pas être possible de satisfaire aux prescriptions du courant d'appel au cours de la séquence d'essais n^o 4 pour les essais d'établissement et de coupure du courant de batteries de condensateurs à gradins. Pour les disjoncteurs sans réamorçage, il est alors permis d'utiliser une procédure d'essai en variante, où les prescriptions de la séquence d'essais n^o 4 sont satisfaites le mieux possible et où on effectue une série d'essais séparée comprenant en principe dix manœuvres d'établissement à un courant égal au pouvoir de fermeture assigné de batterie de condensateurs à gradins. La tension d'essai doit être la même que pour la séquence d'essais n^o 4 et la fermeture doit intervenir à moins de 15 degrés électriques de la valeur de crête (sur une phase lors de l'essai triphasé).

Pour les essais de coupure et d'établissement-coupure les contacts du disjoncteur ne doivent pas être séparés tant que subsistent des courants transitoires.

Aucune charge appréciable ne doit subsister sur les circuits capacitifs avant les manœuvres d'établissement.

Les essais de coupure peuvent, en variante, être exécutés avec une tension de rétablissement suivant le tableau XX et la figure 32, page 247.

TABEAU XX

Séquences d'essais	Valeurs de la tension de rétablissement de la figure 32 en fonction de la valeur de crête de la tension d'essai		Coordonnées de temps de la figure 32		
	U_c	U_1	t_1	t_2 (μs)	
				50 Hz	60 Hz
1 et 2	≥ 1,95	≤ 0,14	≥ t_1 ou t_3 du paragraphe 6.104.5.4	≤ 8,7	≤ 7,3
3 et 4	≥ 2,0	≤ 0,01	≥ t_1 ou t_3 du paragraphe 4.102.3	≤ 8,7	≤ 7,3

6.111.8.2 Conditions d'essais correspondant à la coupure en présence de défauts à la terre

a) Lignes aériennes et câbles

Il convient d'effectuer les essais correspondant à la coupure de lignes aériennes et de câbles à vide, en présence de défauts à la terre, suivant accord entre constructeur et utilisateur.

Les essais en monophasé en laboratoire doivent être effectués sous une tension d'essai comme indiqué au paragraphe 6.111.7 et à un courant capacitif égal à :

- 1,25 fois le pouvoir de coupure assigné de courant capacitif dans les réseaux à neutre à la terre;
- 1,7 fois le pouvoir de coupure assigné de courant capacitif dans les réseaux autres qu'à neutre à la terre.

For line- and cable-charging current switching tests the last two tests of Test-duties Nos. 2 and 4 shall be make-break tests.

For capacitor bank current switching tests all tests in Test-duties Nos. 2 and 4 shall be make-break tests. The closing shall occur within 15 electrical degrees of the peak value of applied voltage (on one phase for three-phase tests). The making current shall in Test-duty No. 4 be equal to the rated capacitor bank inrush making current as given in Sub-clause 4.111 for circuit breakers with a rated back-to-back capacitor bank breaking current.

Due to limitations of the test plant it may not be possible to comply with the requirements of the inrush current in Test-duty No. 4 for the back-to-back capacitor bank current switching tests. For restrike-free circuit-breakers it is then allowed to make an alternative test procedure where in Test-duty No. 4 the requirements are met as best as possible and where a separate making test series is performed. This test series should comprise ten making operations with a making current equal to the rated back-to-back capacitor bank inrush making current. The test voltage shall be the same as for Test-duty No. 4 and the closing shall occur within 15 electrical degrees of the peak value (on one phase for three-phase tests).

For the break and make-break tests the contacts of the circuit-breaker shall not be separated until the transient currents have subsided.

No appreciable charge shall remain on the capacitive circuits before the making operations.

Breaking tests may alternatively be performed with a recovery voltage, according to Table XX and Figure 32, page 247.

TABLE XX

Test duties	Recovery voltage value of Figure 32 in relation to the peak value of the test voltage		Time for Figure 32		
	U_c	U_1	t_1	t_2 (μs)	
				50 Hz	60 Hz
1 and 2	≥ 1.95	≤ 0.14	$\geq t_1$ or t_3 in Sub-clause 6.104.5.4	≤ 8.7	≤ 7.3
3 and 4	≥ 2.0	≤ 0.01	$\geq t_1$ or t_3 in Sub-clause 4.102.3	≤ 8.7	≤ 7.3

6.111.8.2 Test conditions corresponding to breaking in the presence of earth faults

a) Overhead lines and cables

Tests corresponding to breaking of overhead line and cable charging currents in the presence of earth faults should be made upon agreement between manufacturer and user.

Single-phase laboratory tests shall be made with a test voltage as given in Sub-clause 6.111.7 and a capacitive current equal to:

- 1.25 times the rated capacitive breaking current in earthed neutral systems;
- 1.7 times the rated capacitive breaking current in systems other than earthed neutral systems.

b) Batteries uniques de condensateurs

Les essais ne sont pas nécessaires pour les batteries de condensateurs dans les réseaux à neutre de la terre.

La manœuvre des batteries de condensateurs à neutre à la terre dans les réseaux autres qu'à neutre à la terre peut entraîner des contraintes plus élevées. Comme cela n'est pas une condition normale de réseau, ces essais sont soumis à l'accord entre constructeur et utilisateur.

6.111.9 Résultats d'essai

Les surtensions par rapport à la terre sont mesurées tant du côté source d'alimentation que du côté circuit capacitif.

Le disjoncteur a passé avec succès les essais si les conditions suivantes sont remplies:

- a) le comportement du disjoncteur pendant l'établissement et la coupure des courants capacitifs de toutes les séquences d'essais prescrites satisfait aux conditions données au paragraphe 6.102.7;
- b) aucun réamorçage ne se produit pendant les essais; ou, lorsque des essais en triphasé sont effectués sur des disjoncteurs susceptibles de réamorcer, les surtensions maximales mesurées lors des coupures de chaque séquence d'essais ne doivent pas dépasser les surtensions de manœuvres maximales admissibles spécifiées par le constructeur. Il ne doit pas se produire de contournement extérieur;
- c) l'état du disjoncteur après la série d'essais correspond à la condition du paragraphe 6.102.8.4.

6.112 Essais de coupure de faibles courants inductifs

6.112.1 Courant magnétisant de transformateur pour disjoncteurs de tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

L'expérience montre que lors de la coupure de courants magnétisants de transformateurs à vide en régime établi et à des tensions n'excédant pas leur tension assignée, les surtensions sont de faible amplitude. De ce fait, des essais ne sont pas spécifiés pour simuler ces conditions de manœuvre d'ouverture et de fermeture.

La coupure du courant d'appel magnétisant d'un transformateur à vide n'est pas une condition normale de service et aucun essai n'est spécifié.

6.112.2 Courant magnétisant de transformateur pour disjoncteurs de tensions assignées inférieures à 100 kV

En général des essais ne sont pas exigés, mais en cas de doute il convient d'effectuer les essais sur le réseau, dans les conditions réelles de service. Si ce n'est pas possible, des essais triphasés peuvent être exécutés dans un laboratoire utilisant le transformateur réel à manœuvrer en exploitation.

Dans l'un ou l'autre cas, il est recommandé pour le circuit d'alimentation d'avoir une capacité aussi basse que possible sous réserve que les TTR ne dépassent pas les valeurs assignées. Les dispositifs de limitation de tension utilisés en service peuvent être connectés pour les essais.

6.112.3 Transformateur à enroulement tertiaire chargé par des réactances

On considère que c'est un cas particulier, devant faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

6.112.4 Réactance shunt

Un circuit d'essai est à l'étude.

b) Single capacitor banks

Tests are not necessary for capacitor banks in earthed neutral systems.

Switching earthed neutral capacitor banks on systems other than earthed neutral systems can result in higher stresses. As this is not a normal system condition, the tests are subject to agreement between manufacturer and user.

6.111.9 Test results

The overvoltages to earth shall be measured on supply and capacitive circuit side.

The circuit-breakers shall have successfully passed the tests if the following conditions are fulfilled:

- a) the behaviour of the circuit-breaker during making and breaking the capacitive currents in all prescribed test-duties fulfills the conditions given in Sub-clause 6.102.7;
- b) no restrikes occur during the tests or, where three-phase tests on restriking circuit-breakers are made, the maximum measured breaking overvoltages for each test-duty shall not exceed the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. External flashover shall not occur;
- c) the condition of the circuit-breaker after the test series corresponds to the condition in Sub-clause 6.102.8.4.

6.112 Small inductive current switching tests

6.112.1 Transformer magnetizing current for circuit-breakers with rated voltages of 100 kV and above

Experience indicates that when interrupting magnetizing currents of unloaded transformers under steady state conditions and at voltages not exceeding their rated voltage the over-voltages are small. Tests are therefore not specified to simulate this switching condition.

Switching of the inrush magnetizing current of an unloaded transformer is not a normal service condition and no tests are specified.

6.112.2 Transformer magnetizing current for circuit-breakers with rated voltages below 100 kV

Generally tests are not required but in cases of doubt they should be made on the system under actual service conditions. If this is not possible, three-phase tests may be made in a laboratory using the actual transformer to be switched in service.

In either case, the source circuit should have as low a capacitance as possible subject to the rated TRV not being exceeded. Any means of voltage limiting to be used in service may be connected for the tests.

6.112.3 Transformer with a tertiary winding loaded with reactors

This shall be considered a special case and agreement reached between manufacturer and user.

6.112.4 Shunt reactors

A test circuit is under consideration.

6.112.5 Moteurs à haute tension

Un circuit d'essai est à l'étude.

7. Essais individuels

L'article 7 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Les essais individuels de série comprennent aussi des essais de fonctionnement mécanique conformément au paragraphe 7.101.

7.1 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle à sec du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant:

Pour des disjoncteurs construits par montage en série d'éléments identiques de coupure et de fermeture, la tension d'essai à appliquer aux bornes de chacun des éléments en position d'ouverture est la fraction la plus élevée de la tension de tenue totale résultant de la répartition réelle de la tension à fréquence industrielle déterminée sur le disjoncteur complètement ouvert et avec une borne mise à la terre.

En se référant à la figure 1 de la Publication 694 de la CEI qui représente un schéma de disjoncteur tripolaire, la tension d'essai doit être appliquée conformément au tableau XXI.

TABLEAU XXI

Condition d'essai n°	Disjoncteur en position de:	Tension appliquée à:	Terre reliée à:
1*	Fermeture	AaCc	BbF
2*	Fermeture	Bb	AaCcF
3	Ouverture	ABC	abcF
4	Ouverture	abc	ABCF

7.2 Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

7.101 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement mécanique comprennent:

- a) à la tension maximale spécifiée d'alimentation et à la pression maximale spécifiée d'alimentation (si cela est applicable):
 - 1) cinq manœuvres de fermeture,
 - 2) cinq manœuvres d'ouverture.
- b) à la tension minimale spécifiée d'alimentation et à la pression minimale spécifiée d'alimentation (si cela est applicable):
 - 1) cinq manœuvres de fermeture,
 - 2) cinq manœuvres d'ouverture.

* Si l'isolation entre pôles est constituée par de l'air à la pression atmosphérique, les conditions d'essais n°s 1 et 2 peuvent être combinées et la tension d'essai est appliquée entre, d'une part, tous les éléments du circuit principal reliés ensemble et, d'autre part, le châssis.

6.112.5 High voltage motors

A test circuit is under consideration.

7. Routine tests

Clause 7 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The routine tests also comprise mechanical operating tests in accordance with Sub-clause 7.101.

7.1 Power frequency voltage withstand dry tests on the main circuit

Sub-clause 7.1 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

In the case of circuit-breakers constructed by assembling identical breaking and making units in series, the test voltage to be applied across each single unit, when open, shall be the higher fraction of the total withstand voltage resulting from actual power-frequency voltage distribution with the circuit-breaker fully open and one terminal earthed.

With reference to Figure 1 of IEC Publication 694 which shows a diagram of a three-pole circuit-breaker, the test voltage shall be applied, according to Table XXI:

TABLE XXI

Test condition No.	Circuit-breaker	Voltage applied to	Earth connected to
1*	Closed	AaCc	BbF
2*	Closed	Bb	AaCcF
3	Open	ABC	abcF
4	Open	abc	ABCF

7.2 Voltage withstand tests on control and auxiliary circuits

Sub-clause 7.2 of IEC Publication 694 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Sub-clause 7.3 of IEC Publication 694 is applicable.

7.101 Mechanical operating tests

Mechanical operating tests shall include:

a) at specified maximum supply voltage and pressure (if applicable):

- 1) five closing operations,
- 2) five opening operations.

b) At specified minimum supply voltage and pressure (if applicable):

- 1) five closing operations,
- 2) five opening operations.

* If the insulation between poles is air at atmospheric pressure, test conditions Nos. 1 and 2 may be combined, the test voltage being applied between all parts of the main circuit connected together and the base.

c) à la tension assignée d'alimentation et à la pression assignée d'alimentation (si cela est applicable)

- 1) cinq cycles de manœuvres de fermeture-ouverture, le mécanisme de déclenchement étant commandé par la fermeture des contacts principaux,
- 2) de plus, pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide (voir paragraphe 4.104) cinq cycles d'ouverture-fermeture O—t—C où t est au plus égal à la durée spécifiée pour la séquence de manœuvres assignée.

Les essais de fonctionnement mécanique sont de préférence effectués sur le disjoncteur complet: cependant, lorsque les disjoncteurs sont assemblés et transportés en éléments séparés, les essais individuels de série peuvent être faits sur les composants conformément aux prescriptions du paragraphe 6.101.1.1. Le dispositif de manœuvre et l'armoire de commande sont soumis à l'essai en même temps que le disjoncteur ou en utilisant des charges fictives appropriées.

Les essais individuels de série sur le disjoncteur complet peuvent être effectués sur le site.

Lors de toutes les séquences de manœuvres prescrites, on effectue:

- le mesurage des durées de manœuvres;
- le mesurage de la consommation du fluide (si cela est applicable).

Si la conception du disjoncteur le permet, il convient d'enregistrer le diagramme espace-temps. Les équipements auxiliaires contraints mécaniquement doivent fonctionner correctement pendant et après les essais.

Après l'achèvement des séquences de manœuvres prescrites, les essais et inspections suivants sont exécutés (si cela est applicable):

- vérification des raccordements;
- les contacts auxiliaires ou de commande doivent indiquer de manière satisfaisante les positions d'ouverture ou de fermeture du disjoncteur;
- tous les équipements auxiliaires doivent fonctionner correctement aux limites des tensions d'alimentation et/ou des pressions des fluides de coupure ou de commande;

De plus, les essais et inspections suivants sont effectués (si cela est applicable):

- essais d'étanchéité;
- mesurage des résistances des dispositifs de chauffage (s'il en existe) et des bobines de commande;
- inspection de la filerie de commande, des circuits de chauffage et des équipements auxiliaires et contrôle du nombre des contacts auxiliaires, conformément à la spécification de commande;
- inspection de l'armoire de commande (système électrique, mécanique, pneumatique et hydraulique);
- mesurage du débit du compresseur;
- caractéristiques fonctionnelles de la soupape de sécurité;
- fonctionnement des verrouillages électriques, mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques et des dispositifs de signalisation;
- fonctionnement du dispositif d'anti-pompage;
- caractéristiques générales du matériel, dans les tolérances indiquées des tensions d'alimentation de commande;
- inspection des bornes de mise à la terre du disjoncteur.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, les déclencheurs doivent être réglés au repère minimal sur l'échelle de réglage du courant.

c) At rated supply voltage and pressure (if applicable):

- 1) five close-open operating cycles with the tripping mechanism energized by the closing of the main contacts,
- 2) moreover, for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing (see Sub-clause 4.104), five open-close sequences O—t—C where t shall be not more than the time interval specified for the rated operating sequence.

Mechanical operating tests should preferably be made on the complete circuit-breaker. However, when circuit-breakers are assembled and shipped as separate units, routine tests may be performed on components according to Sub-clause 6.101.1.1. Operating mechanisms and control cubicles shall be tested together with the circuit-breaker or with an appropriate dummy load.

Routine tests on the complete circuit-breaker may be made on site.

At all required operating sequences shall be performed:

- measurement of operating times;
- measurement of fluid consumption (if applicable).

If the design of the circuit-breaker permits such measurements, the time-travel diagram should be recorded. Mechanically stressed auxiliary equipment shall function correctly during and after the tests.

After completion of the required operating sequences the following tests and inspections shall be performed (if applicable):

- connections shall be checked;
- the control and/or auxiliary switches shall correctly indicate the open and closed positions of the circuit-breaker;
- all auxiliary equipment shall operate correctly at the limits of supply voltages and/or quenching and operating pressures.

Furthermore the following tests and inspections shall be made (if applicable):

- tightness tests;
- measurement of the resistance of heaters (if fitted) and of the control coils;
- inspections of the wiring of the control, heater and auxiliary equipment circuits and checking of the number of auxiliary contacts, in accordance with the order specification;
- inspection of control cubicle (electrical, mechanical, pneumatic and hydraulic systems);
- output capacity measurement for the compressor;
- functional performance of pressure relief valve;
- operation of electrical, mechanical, pneumatic or hydraulic interlocks and signalling devices;
- operation of anti-pumping device;
- general performance of equipment within the required tolerance of the supply voltage;
- inspection of earthing terminals of the circuit-breaker.

For circuit-breakers fitted with over-current releases, the releases shall be set at the minimum calibration mark on the scale of current settings.

Il doit être montré que les déclencheurs à maximum de courant provoquent correctement l'ouverture du disjoncteur pour un courant dans le circuit principal n'excédant pas 110% de la valeur de réglage figurant sur l'échelle de réglage du courant.

Pour ces essais, le courant traversant les déclencheurs à maximum de courant peut être fourni par une source à basse tension convenable.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs d'ouverture à minimum de tension, il doit être montré que le disjoncteur s'ouvre et peut être fermé lorsque des tensions comprises entre les limites spécifiées sont appliquées aux déclencheurs (voir paragraphe 5.7.4 de la Publication 694 de la CEI).

Si des réglages sont effectués pendant les essais de fonctionnement mécanique, la séquence complète des essais est effectuée à nouveau après les réglages.

7.102 Contrôles de conformité et contrôles visuels

Le disjoncteur doit être contrôlé afin de vérifier sa conformité avec la spécification de la commande.

En particulier, les points suivants doivent être contrôlés:

- langue et indications portées sur les plaques signalétiques;
- identification des équipements auxiliaires;
- couleur et qualité de la peinture et protection contre la corrosion des surfaces métalliques;
- valeurs des résistances et des condensateurs reliés au circuit principal (si cela est applicable).

8. Guide pour le choix des disjoncteurs selon le service

8.101 Généralités

Un disjoncteur convenable pour un certain emploi en service est choisi dans les meilleures conditions en considérant les valeurs assignées individuelles qu'exigent les conditions en charge normale et en cas de défaut.

Des valeurs coordonnées pour certaines caractéristiques assignées des disjoncteurs sont indiquées dans les tableaux XA à XC. Il est souhaitable que les valeurs assignées d'un disjoncteur soient choisies parmi celles qui sont indiquées dans ces tableaux, en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées.

La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'article 4. Les paragraphes dont la référence figure ci-dessous traitent des caractéristiques assignées individuelles suivantes:

- | | |
|---|--------------------|
| — tension assignée | paragraphe 8.102.1 |
| — niveau d'isolement assigné | paragraphe 8.102.2 |
| — fréquence assignée | paragraphe 8.102.3 |
| — courant assigné en service continu | paragraphe 8.102.4 |
| — pouvoir de coupure assigné en court-circuit | paragraphe 8.103.1 |
| — tension transitoire de rétablissement assignée dans le cas de défaut aux bornes | paragraphe 8.103.2 |
| — pouvoir de coupure assigné en discordance de phases | paragraphe 8.103.3 |
| — pouvoir de fermeture assigné en court-circuit | paragraphe 8.103.4 |
| — séquence de manœuvres assignée | paragraphe 8.103.5 |
| — durée de court-circuit assignée | paragraphe 8.103.6 |

It shall be shown that the over-current releases correctly initiate the opening of the circuit-breaker with the current through the main circuit not exceeding 110% of the value set on the scale of current settings.

The current through over-current releases may for these tests be supplied from a suitable low-voltage source.

For circuit-breakers fitted with under-voltage opening releases, it shall be shown that the circuit-breaker opens and can be closed when voltages within the specified limits are applied to the releases (see Sub-clause 5.7.4 of IEC Publication 694).

If adjustments are required during the mechanical operating tests, the complete test sequence shall be repeated following the adjustments.

7.102 *Design and visual checks*

The circuit-breaker shall be checked to verify its compliance with the order specification.

In particular, the following items shall be checked:

- the language and data on the nameplates;
- identification of any auxiliary equipment;
- the colour and quality of paint and corrosion protection of metallic surfaces;
- the values of the resistors and capacitors (if applicable) connected to the main circuit.

8. **Guide to the selection of circuit-breakers for service**

8.101 *General*

A circuit-breaker suitable for a given duty in service is best selected by considering the individual rated values required by load conditions and fault conditions.

Co-ordinated values of rated characteristics for circuit-breakers are given in Tables XA to XC. It is desirable that the rated values of a circuit-breaker are chosen from these tables according to the characteristics of the system as well as to its anticipated developments.

The complete list of rated characteristics is given in Clause 4. The following individual ratings are dealt with in this clause:

- rated voltage Sub-clause 8.102.1
- rated insulation level Sub-clause 8.102.2
- rated frequency Sub-clause 8.102.3
- rated normal current Sub-clause 8.102.4
- rated short-circuit breaking current Sub-clause 8.103.1
- rated transient recovery voltage for terminal faults Sub-clause 8.103.2
- rated out-of-phase breaking current Sub-clause 8.103.3
- rated short-circuit making current Sub-clause 8.103.4
- rated operating sequence Sub-clause 8.103.5
- rated duration of short-circuit Sub-clause 8.103.6

Pour les caractéristiques assignées qui ne sont pas traitées dans le présent article, on pourra se référer, s'il y a lieu, aux paragraphes suivants:

- courant de courte durée admissible assigné paragraphe 4.5
- valeur de crête du courant admissible assigné paragraphe 4.6
- tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires paragraphe 4.8
- fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires paragraphe 4.9
- pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure paragraphe 4.10
- caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne paragraphe 4.105
- pouvoir de coupure assigné de lignes à vide paragraphe 4.107
- pouvoir de coupure assigné de câbles à vide paragraphe 4.108
- pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs paragraphe 4.109
- pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins paragraphe 4.110
- pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs paragraphe 4.111
- pouvoir de coupure assigné de faibles courants inductifs paragraphe 4.112

D'autres paramètres à considérer lors du choix d'un disjoncteur sont, par exemple:

- les conditions atmosphériques et climatiques locales paragraphe 8.102.5
- l'emploi à altitudes élevées paragraphe 8.102.6
- la durée d'ouverture paragraphe 8.103.1
- la fréquence de manœuvre paragraphe 6.101.2.1

Il est recommandé de déterminer les contraintes imposées par les conditions en cas de défaut auxquelles un disjoncteur doit faire face, en calculant les courants de court-circuit au lieu où l'installation du disjoncteur est prévue dans le réseau, selon une méthode de calcul reconnue.

Lorsque l'on procède au choix d'un disjoncteur, il est recommandé de tenir compte du futur développement probable du réseau dans son ensemble, de telle sorte que le disjoncteur puisse convenir, non seulement pour les besoins immédiats, mais aussi pour les exigences futures.

Les disjoncteurs ayant satisfait aux essais de type correspondant à une combinaison de valeurs assignées (c'est-à-dire la tension, le courant en service continu, les pouvoirs de fermeture et de coupure) conviennent pour toutes valeurs assignées inférieures (à l'exception de la fréquence assignée) sans essais supplémentaires. Certaines conditions de manœuvre, telles que la commande des moteurs à haute tension, pour lesquelles aucun essai n'est encore spécifié, peuvent nécessiter une attention particulière en ce qui concerne les surtensions de manœuvre, si le disjoncteur est utilisé à une tension inférieure à celle sous laquelle les essais ont été effectués.

Note. — Certains types de défauts se présentant en service, tels que les défauts évolutifs et certaines conditions de service telles que la commande de fours à arc, ne sont pas pris en considération dans la présente norme et, de ce fait, il est recommandé de les considérer comme des conditions spéciales et de faire intervenir un accord entre constructeur et utilisateur.

Cela est également applicable aux disjoncteurs utilisés pour toutes manœuvres conduisant à l'apparition d'une tension de rétablissement à fréquence industrielle supérieure à celle qui correspond à la tension assignée du disjoncteur, ce qui peut être le cas en certains points du réseau, et, en particulier, à l'extrémité de longues lignes. Dans ce cas particulier, la valeur du courant qui doit être coupé à la tension la plus élevée susceptible d'apparaître aux bornes du disjoncteur lors de son ouverture, fait en principe l'objet d'un accord similaire.

8.102 Choix des valeurs assignées pour les conditions de service

For rated characteristics not dealt with in this clause reference should, if applicable, be made to Clause 4 as follows:

- rated short-time withstand current Sub-clause 4.5
- rated peak withstand current Sub-clause 4.6
- rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits Sub-clause 4.8
- rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits Sub-clause 4.9
- rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption Sub-clause 4.10
- rated characteristics for short-line faults Sub-clause 4.105
- rated line-charging breaking current Sub-clause 4.107
- rated cable-charging breaking current Sub-clause 4.108
- rated single capacitor bank breaking current Sub-clause 4.109
- rated back-to-back capacitor bank breaking current Sub-clause 4.110
- rated capacitor bank inrush making Sub-clause 4.111
- rated small inductive breaking current Sub-clause 4.112

Other parameters to be considered when selecting a circuit-breaker are for example:

- local atmospheric and climatic conditions Sub-clause 8.102.5
- use at high altitudes Sub-clause 8.102.6
- opening time Sub-clause 8.103.1
- frequency of operation Sub-clause 6.101.2.1

The duty imposed by the fault conditions with which a circuit-breaker is required to deal should be determined by calculating the fault currents at the place where the circuit-breaker is to be located in the system, in accordance with some recognized method of calculation.

When selecting a circuit-breaker, due allowance should be made for the likely future development of the system as a whole, so that the circuit-breaker may be suitable not merely for immediate needs but also for the requirements of the future.

Circuit-breakers which have satisfactorily completed type tests for a combination of rated values (i.e. voltage, normal current, making and/or breaking current) are suitable for any lower rated values (with the exception of rated frequency) without further testing. Some switching conditions, such as switching of high voltage motors, for which tests are not yet specified, may require caution to be exercised with regard to switching overvoltage if a circuit-breaker is used at a rated voltage lower than that at which the tests were made.

Note. — Some fault conditions such as evolving faults and some service conditions such as switching of arc furnaces, are not dealt with in this standard and should therefore be considered as special conditions for which agreement should be reached between manufacturer and user.

The same is applicable to circuit-breakers used for any operation leading to a power-frequency recovery voltage higher than that corresponding to the rated voltage of the circuit-breaker, which may be the case at certain points of the system and, in particular, at the end of long lines. In this particular case, the value of current to be interrupted at the highest voltage which may occur across the terminals of the circuit-breaker when opening should be subject to a similar agreement.

8.102 Selection of rated values for service conditions

8.102.1 *Choix de la tension assignée*

Il convient de choisir la tension assignée du disjoncteur au moins égale à la tension la plus élevée du réseau à l'endroit où le disjoncteur doit être installé.

Il convient de choisir la tension assignée d'un disjoncteur parmi les valeurs normales indiquées au paragraphe 4.1 de la Publication 694 de la CEI.

Pour le choix de la tension assignée, il est recommandé de tenir compte également des niveaux d'isolement correspondants, spécifiés au paragraphe 4.2 (voir également paragraphe 8.102.2).

Les combinaisons préférentielles des tensions assignées, des pouvoirs de coupure assignés en court-circuit et des courants assignés en service continu sont indiquées dans les tableaux XA, XB et XC.

8.102.2 *Coordination des isolements*

Il convient de choisir le niveau d'isolement assigné d'un disjoncteur suivant le paragraphe 4.2. Les valeurs de ces tableaux s'appliquent à la fois aux disjoncteurs pour l'intérieur et aux disjoncteurs pour l'extérieur. Il convient de spécifier dans l'appel d'offres si le disjoncteur doit être du type intérieur ou du type extérieur.

La coordination des isolements dans un réseau électrique a pour but de réduire les dommages causés aux équipements électriques par les surtensions et de tendre à localiser les amorçages (lorsque l'on ne peut pas, économiquement, les éviter) en des points où ils ne causeront aucun dégât.

Il convient de prendre des précautions pour limiter les surtensions sur les bornes des disjoncteurs à des valeurs fixées inférieures au niveau d'isolement. (Voir Publication 71-2 de la CEI: Coordination de l'isolement, Deuxième partie: Guide d'application.)

Lorsqu'un disjoncteur est prévu pour être placé dans un endroit nécessitant un niveau d'isolement supérieur, il convient de le spécifier dans l'appel d'offres (voir paragraphe 9.101).

Pour les disjoncteurs destinés à des manœuvres de synchronisation lorsque des surtensions de manœuvre importantes peuvent simultanément se produire, voir le paragraphe 4.2.3.

8.102.3 *Fréquence assignée*

Il convient de consulter le constructeur si un disjoncteur doit être utilisé à une fréquence autre que sa fréquence assignée (voir paragraphe 4.3 de la Publication 694 de la CEI).

8.102.4 *Choix du courant assigné en service continu*

Le courant assigné en service continu d'un disjoncteur est en principe choisi parmi les valeurs normales indiquées au paragraphe 4.4. Les combinaisons préférentielles des courants assignés en service continu, des tensions assignées et des pouvoirs de coupure assignés en court-circuit sont indiquées dans les tableaux XA, XB et XC.

Il convient de noter que les disjoncteurs n'ont aucune capacité de surintensité continue spécifiée. De ce fait, lorsqu'on choisit un disjoncteur, il est recommandé que son courant assigné en service continu convienne pour tous les courants de charge qui peuvent se produire en service. Lorsque des surintensités intermittentes, fréquentes et importantes sont prévisibles, il convient de consulter le constructeur.

Note. — Il est entendu que le courant assigné en service continu correspond au courant que peut supporter en permanence le disjoncteur, sauf pour des conditions d'emploi exceptionnelles. De telles conditions peuvent se rencontrer dans le cas des disjoncteurs de générateurs, susceptibles de rester en position de fermeture pendant très longtemps sous un courant voisin de leur courant assigné en service continu, sans manœuvres et avec une température de l'air ambiant élevée.

8.102.5 *Conditions atmosphériques et climatiques locales*

Les conditions atmosphériques et climatiques normales pour les disjoncteurs sont indiquées dans l'article 2.

8.102.1 *Selection of rated voltage*

The rated voltage of the circuit-breaker should be chosen so as to be at least equal to the highest voltage of the system at the point where the circuit-breaker is to be installed.

The rated voltage of a circuit-breaker should be selected from the standard values given in Sub-clause 4.1 of IEC Publication 694.

In selecting the rated voltage the corresponding insulation levels specified in Sub-clause 4.2 should also be taken into account (see also Sub-clause 8.102.2).

Preferred combinations of rated voltage, rated short-circuit current and rated normal current are given in Tables XA, XB and XC.

8.102.2 *Insulation co-ordination*

The rated insulation level of a circuit-breaker should be selected according to Sub-Clause 4.2. The values in these tables apply to both indoor and outdoor circuit-breakers. It should be specified in the enquiry whether the circuit-breaker is to be of indoor or outdoor type.

The insulation co-ordination in an electrical system serves to minimize damage to the electrical equipment due to overvoltages and tends to confine flashovers (when these cannot be economically avoided) to points where they will cause no damage.

Precautions should be taken to limit the overvoltages on the terminals of the circuit-breaker to stated values below the insulation level (see IEC Publication 71-2: Insulation Co-ordination, Part 2: Application Guide).

Where a circuit-breaker is required for a position necessitating a higher insulation level, this should be specified in the enquiry (see Sub-clause 9.101).

For circuit-breakers intended for use in synchronizing operation when a substantial switching surge may simultaneously occur, see Sub-clause 4.2.3.

8.102.3 *Rated frequency*

The manufacturer should be consulted if a circuit-breaker is to be used at any frequency other than its rated frequency (see Sub-clause 4.3 of IEC Publication 694).

8.102.4 *Selection of rated normal current*

The rated normal current of a circuit-breaker should be selected from the standard values given in Sub-clause 4.4. Preferred combinations of rated normal current, rated voltage and short-circuit current are given in Tables XA, XB and XC.

It should be noted that circuit-breakers have no specified continuous over-current capability. When selecting a circuit-breaker therefore, the rated normal current should be such as to make it suitable for any load current that may occur in service. Where intermittent over-currents are expected to be frequent and severe, the manufacturer should be consulted.

Note. — It is understood that the rated normal current is the current that a circuit-breaker can carry continuously except for uncommon conditions of use. Such conditions may be met for generator circuit-breakers which may be in the closed position for a very long time at a current near the rated normal current without being operated, and in a high ambient temperature.

8.102.5 *Local atmospheric and climatic conditions*

The normal atmospheric and climatic conditions for circuit-breakers are given in Clause 2.

On fait une distinction entre les disjoncteurs des classes «moins 5 intérieur», «moins 25 intérieur», «moins 25 extérieur» et «moins 40 extérieur», qui correspondent à différentes températures minimales de l'air ambiant. Lorsqu'on a besoin de la classe «moins 25 intérieur» ou «moins 40 extérieur», il est nécessaire de le préciser clairement. Il convient de consulter le constructeur si le disjoncteur est destiné à être installé dans un endroit où la température de l'air ambiant peut descendre au-dessous de -25°C pour un disjoncteur pour l'intérieur ou au-dessous de -40°C pour un disjoncteur pour l'extérieur, ou dans des endroits où la température de l'air ambiant peut dépasser 40°C (ou si la valeur moyenne sur une période de 24 h dépasse 35°C).

Pour les disjoncteurs pour l'extérieur, les conditions atmosphériques dans certaines zones sont défavorables du fait de la fumée, des vapeurs chimiques, des projections salines ou d'autres conditions analogues. Lorsque l'existence de telles conditions défavorables est connue, il convient d'apporter une attention particulière à la réalisation des parties du disjoncteur, particulièrement des isolateurs, qui sont normalement exposées à l'atmosphère.

Le comportement d'un isolateur dans de telles atmosphères dépend aussi de la fréquence des opérations de lavage ou de nettoyage et de la fréquence du lavage naturel par la pluie. Comme la qualité d'un isolateur, dans de telles conditions, dépend de nombreux facteurs, il n'est pas possible de donner des définitions précises des atmosphères normalement et fortement polluées. L'expérience dans la zone où l'isolateur doit être employé constitue le meilleur guide.

Si un disjoncteur doit être placé à un endroit où la pression due au vent excède 700 Pa, il convient de consulter le constructeur.

Trois classes différentes de disjoncteurs sont spécifiées en ce qui concerne la couche de glace. Ces classes correspondent à une couche de glace n'excédant pas 1 mm, 10 mm et 20 mm respectivement. Si un disjoncteur doit être placé dans un endroit où des couches de glace dépassant 20 mm sont prévisibles, il convient qu'un accord intervienne entre constructeur et utilisateur en ce qui concerne la possibilité pour le disjoncteur de fonctionner correctement dans de telles conditions.

En principe, un accord intervient également entre constructeur et utilisateur dans le cas où des tremblements de terre sont prévisibles.

Pour les installations intérieures, les conditions d'humidité à prévoir sont à l'étude, mais des directives sont données au paragraphe 2.1.1 de la Publication 694 de la CEI.

Pour les disjoncteurs pour l'intérieur, il convient de consulter le constructeur pour toutes conditions spéciales de service, par exemple lors de la présence de vapeurs chimiques, d'une atmosphère agressive, de projections salines, etc.

8.102.6 *Emploi à des altitudes élevées*

Les conditions normales de service spécifiées dans l'article 2 de la Publication 694 de la CEI se rapportent à des disjoncteurs prévus pour être utilisés à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m.

Pour des installations à des altitudes supérieures à 1 000 m, il convient de consulter le constructeur.

8.103 *Choix des valeurs assignées pour les conditions de fonctionnement sur défaut*

8.103.1 *Choix du pouvoir de coupure assigné en court-circuit*

Comme il est indiqué au paragraphe 4.101, le pouvoir de coupure assigné en court-circuit s'exprime par deux valeurs:

- a) la valeur efficace de sa composante périodique;
- b) le pourcentage de sa composante apériodique.

Le pourcentage de la composante apériodique varie en fonction du temps à partir du début du court-circuit. Lorsque le disjoncteur est conforme aux prescriptions normales indiquées au paragraphe 4.101.2, le pourcentage de la composante apériodique que peut supporter le disjoncteur n'est pas inférieur à la valeur prévue par la figure 9, page 99, pour l'intervalle de temps correspondant à la plus petite durée d'ouverture possible du disjoncteur, à laquelle s'ajoute, pour un disjoncteur dont

A distinction is made between classes “minus 5 indoor”, “minus 25 indoor”, “minus 25 outdoor” and “minus 40 outdoor” circuit-breakers, these being suitable for differing minimum ambient air temperatures. Where “minus 25 indoor” or “minus 40 outdoor” class is required, it is necessary to state it clearly. The manufacturer should be consulted if a circuit-breaker is to be located where the ambient air temperature may fall below -25°C for an indoor circuit-breaker, and below -40°C for an outdoor circuit-breaker, or where the temperature may exceed 40°C (or if the 24-hour average value exceeds 35°C).

For outdoor circuit-breakers, the atmospheric conditions in certain areas are unfavourable on account of smoke, chemical fumes, salt-laden spray and the like. Where such adverse conditions are known to exist, special consideration should be given to the design of those parts of the circuit-breaker, especially the insulators, normally exposed to the atmosphere.

The performance of an insulator in such atmospheres also depends on the frequency of washing or cleaning operations and on the frequency of natural washing by rain. Since the performance of an insulator under such conditions is dependent on so many factors, it is not possible to give precise definitions of normal and heavily polluted atmospheres. Experience in the area where the insulator is to be used is the best guide.

The manufacturer should be consulted when the circuit-breaker is to be located where the wind pressure exceeds 700 Pa.

Three different classes of circuit-breakers are specified with regard to ice-coating. These classes correspond to an ice-coating not exceeding 1 mm, 10 mm and 20 mm. If a circuit-breaker is to be located where an ice-coating exceeding 20 mm is expected, agreement should be reached between manufacturer and user as to the ability of the circuit-breaker to perform correctly under such conditions.

Agreement should also be reached between manufacturer and user in cases where earth tremors can be expected.

For indoor installation, the humidity conditions are under consideration, but guide-lines are given in Sub-clause 2.1.1 of IEC Publication 694.

For indoor circuit-breakers the manufacturer should be consulted for any special service conditions, for example when chemical fumes, aggressive atmosphere, salt laden spray, etc., are present.

8.102.6 *Use at high altitudes*

The normal service conditions specified in Clause 2 of IEC Publication 694 provide for circuit-breakers intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m.

For installation at altitudes above 1 000 m the manufacturer should be consulted.

8.103 *Selection of rated values for fault conditions*

8.103.1 *Selection of rated short-circuit breaking current*

As stated in Sub-clause 4.101, the rated short-circuit breaking current is expressed by two values:

- a) the r.m.s. value of its a.c. component;
- b) its percentage d.c. component.

The percentage d.c. component varies with time from the incidence of the short-circuit. When the circuit-breaker meets the standard requirements stated in Sub-clause 4.101.2, the percentage d.c. component the circuit-breaker can deal with is not less than the value given in Figure 9, page 99, at the end of the time interval corresponding to the shortest possible opening time of the circuit-breaker plus, for a circuit-breaker to be tripped solely by a form of auxiliary power, a minimum

l'ouverture est provoquée uniquement par une énergie auxiliaire, une durée minimale de fonctionnement du relais d'une demi-période de la fréquence assignée. La figure 9, page 99, correspond à une composante périodique constante et à un facteur de puissance en court-circuit de 0,07 pour 50 Hz.

Lorsque le point d'utilisation est électriquement suffisamment éloigné des machines tournantes, la diminution de la composante périodique est négligeable et il est seulement nécessaire de vérifier que le facteur de puissance en court-circuit n'est pas inférieur à 0,07 et que le retard minimal de l'équipement de protection n'est pas inférieur à une demi-période de la fréquence assignée. Dans ces conditions, il suffit que le pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur choisi ne soit pas inférieur à la valeur efficace du courant de court-circuit à l'endroit où le disjoncteur doit être installé.

Les séquences d'essais de court-circuit fondamentales, voir le paragraphe 6.106, avec les essais au courant critique, voir le paragraphe 6.107, et s'il y a lieu, les essais de défaut proche en ligne, voir le paragraphe 6.109, ont été choisis pour démontrer que le disjoncteur est capable de couper toutes les valeurs du courant jusqu'au pouvoir de coupure assigné en court-circuit. Par conséquent, dans les cas où le courant de court-circuit présumé est inférieur, il n'est pas nécessaire d'effectuer une série d'essais de court-circuit basée sur un pouvoir de coupure assigné en court-circuit inférieur.

Dans certains cas, le pourcentage de la composante apériodique peut être supérieur aux valeurs normales indiquées à la figure 9. Par exemple, lorsque les disjoncteurs sont à proximité de générateurs, la composante périodique peut décroître plus rapidement qu'elle ne décroît dans le cas normal. Le courant de court-circuit peut ainsi ne pas passer par zéro pendant un certain nombre de périodes. Dans ce cas, la contrainte du disjoncteur peut être réduite, par exemple en retardant son ouverture, ou en insérant par l'intermédiaire d'un autre disjoncteur un dispositif d'amortissement supplémentaire et en ouvrant les disjoncteurs successivement. Si on ne peut pas adopter les valeurs normales du pourcentage de la composante apériodique, il convient de spécifier le pourcentage désiré dans l'appel d'offres et les essais font, en principe, l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur; dans ce cas, l'attention est attirée sur le point *b)* du paragraphe 8.103.2.

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est en principe choisi parmi les valeurs normales indiquées au paragraphe 4.101.1. Les combinaisons préférentielles des pouvoirs de coupure assignés en court-circuit, des tensions assignées et des courants assignés en service continu sont indiquées dans les tableaux XA, XB et XC.

8.103.2 *Choix de la tension transitoire de rétablissement (TTR) assignée dans le cas de défaut aux bornes, du facteur de premier pôle et des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne*

Il est recommandé que la tension transitoire de rétablissement (TTR) présumée du réseau ne dépasse pas le tracé de référence représentant la tension transitoire de rétablissement assignée, spécifiée pour le disjoncteur; il est recommandé que cette onde traverse le segment de droite spécifié, définissant le retard, au voisinage du zéro de la tension, mais ne le retransverse pas ensuite (voir paragraphe 4.102.2). Des valeurs normales correspondant au pouvoir de coupure assigné en court-circuit sont indiquées au paragraphe 4.102.3, et des valeurs normales correspondant à des courants de court-circuit coupés inférieurs au pouvoir de coupure assigné en court-circuit sont spécifiées au paragraphe 6.104.5.

Note. — Les tensions transitoires de rétablissement qui apparaissent lors de la coupure des courants de court-circuit les plus élevés ne sont pas forcément plus sévères que celles qui peuvent apparaître dans d'autres cas. Par exemple, la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement peut être plus élevée lors de la coupure de courants de court-circuit plus faibles.

Les valeurs normales indiquées pour les tensions assignées inférieures à 100 kV sont applicables à un facteur de premier pôle de 1,5. Pour les tensions assignées de 100 kV à 170 kV, on peut choisir entre les facteurs de premier pôle 1,3 et 1,5. Pour les tensions assignées supérieures à 170 kV, les valeurs normales sont applicables à un facteur de premier pôle de 1,3 (voir également note du paragraphe 6.104.5.4.).

Le facteur 1,3 correspond à un réseau à neutre à la terre où des défauts triphasés isolés de la terre sont considérés comme fortement improbables. Il est recommandé d'utiliser le facteur de premier

relay time of one half cycle of rated frequency. Figure 9, page 99, is based on a constant a.c. component and on a short-circuit power factor of 0.07 for 50 Hz.

When the location of the installation is sufficiently remote electrically from rotating machines, the decrement of the a.c. component is negligible and it is only necessary to verify that the short-circuit power factor is not less than 0.07 and the minimum time delay of the protective equipment is not less than one half cycle of rated frequency. In these conditions it is sufficient that the selected circuit-breaker has a rated short-circuit breaking current not less than the r.m.s. value of the short-circuit current at the point where the circuit-breaker is to be installed.

The basic short-circuit test duties, see Sub-clause 6.106, together with the critical current tests, see Sub-clause 6.107, and where applicable, short-line fault tests, see Sub-Clause 6.109, have been chosen to prove the circuit-breaker for all values of current up to the rated short-circuit breaking current. Therefore, for situations where the prospective short-circuit current is lower, it is not necessary to perform a short-circuit test series based on a lower rated short-circuit breaking current.

In some cases the percentage d.c. component may be higher than the standard values given in Figure 9. For instance, when circuit-breakers are in the vicinity of centres of generation, the a.c. component may decrease more quickly than in the normal case. The short-circuit current may then not have a current zero for a number of cycles. In such circumstances the duty of the circuit-breaker can be eased, for example, by delaying its opening, or by connecting an additional damping device with another circuit-breaker and opening the circuit-breakers in sequence. If the standard values of percentage d.c. component cannot be adhered to, the required percentage should be specified in the enquiry and testing should be subject to agreement between manufacturer and user; in this relation attention is drawn to Item *b*) of Sub-clause 8.103.2.

The rated short-circuit breaking current should be selected from the standard values given in Sub-clause 4.101.1. Preferred combinations of rated short-circuit current, rated voltage and rated normal current are given in Tables XA, XB and XC.

8.103.2 *Selection of rated transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, first-pole-to-clear factor and rated characteristics for short-line faults*

The prospective transient recovery voltage (TRV), of the system should not exceed the reference line representing the rated transient recovery voltage specified for the circuit-breaker; it should cross the specified delay line close to zero voltage but should not recross it later (see Sub-clause 4.102.2). Standard values relating to the rated short-circuit breaking current are given in Sub-clause 4.102.3, and standard values relating to short-circuit breaking currents below the rated short-circuit breaking current are specified in Sub-clause 6.104.5.

Note. — The transient recovery voltages which appear when breaking the highest short-circuit currents are not necessarily more severe than those which appear in other cases. For example, the rate-of-rise of transient recovery voltage may be higher when breaking smaller short-circuit currents.

The standard values given for rated voltages below 100 kV are applicable to a first-pole-to-clear factor 1.5. For rated voltages 100 kV to 170 kV a choice between first-pole-to-clear factors 1.3 and 1.5 is provided. For rated voltages above 170 kV the standard values are applicable to a first-pole-to-clear factor 1.3 (see also the note in Sub-clause 6.104.5.4).

The factor 1.3 is based on a system with earthed neutral where three-phase faults not involving earth are considered highly improbable. For applications in isolated neutral and resonant earthed

pôle 1,5 pour les applications à des réseaux à neutre isolé et à des réseaux compensés par bobine d'extinction. Un facteur de premier pôle de 1,5 peut être nécessaire pour les applications à des réseaux à neutre à la terre lorsqu'on ne peut pas négliger la probabilité de défauts triphasés isolés de la terre et pour les applications à des réseaux autres qu'à neutre à la terre.

Il ne sera généralement pas nécessaire de prendre en considération d'autres tensions transitoires de rétablissement, étant donné que les valeurs normales spécifiées couvrent la majorité des cas pratiques.

Toutefois, des conditions plus sévères peuvent se produire dans certains cas, par exemple:

- a) Dans le cas d'un court-circuit situé à proximité immédiate d'un transformateur sans aucune capacité additionnelle appréciable entre le transformateur et le disjoncteur, la valeur de crête ainsi que la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement peuvent dépasser les valeurs spécifiées dans la présente norme.

Note. — Il est également recommandé de prêter attention au choix d'un disjoncteur installé au primaire d'un transformateur et pouvant avoir à couper le courant correspondant à un court-circuit au secondaire.

- b) Dans le cas d'un court-circuit intéressant les disjoncteurs situés à proximité des générateurs, la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement peut dépasser les valeurs spécifiées dans la présente norme.

Dans ces cas, il peut être nécessaire de prévoir un accord entre constructeur et utilisateur sur des caractéristiques spéciales de la tension transitoire de rétablissement.

Lorsque les disjoncteurs sont prévus pour des installations dans lesquelles il est nécessaire de spécifier des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne, l'impédance d'onde et le facteur de crête de la ligne sur laquelle ils seront utilisés ne sont en principe pas supérieurs aux valeurs normales des caractéristiques assignées de la ligne indiquées au tableau V. De même, le retard n'est en principe pas inférieur à la valeur correspondante indiquée au même tableau. Cependant, si tel n'est pas le cas, il est encore possible qu'un disjoncteur normal convienne, spécialement si le courant de court-circuit du réseau est inférieur au pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur. Cette possibilité peut être confirmée en calculant la TTR présumée pour les défauts proches en ligne à partir des caractéristiques assignées, par la méthode indiquée dans l'annexe AA et en la comparant à la TTR présumée déduite des caractéristiques réelles du réseau.

Si l'on prévoit des caractéristiques spéciales pour le défaut proche en ligne, celles-ci font en principe l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

8.103.3 *Choix des caractéristiques en cas de discordance de phases*

Les exigences de la présente norme couvrent la grande majorité des applications des disjoncteurs destinés à effectuer des manœuvres sous courant lors de discordances de phases. Pour faire apparaître des conditions plus sévères que celles qui sont couvertes par les essais de cette norme, il faudrait réunir simultanément plusieurs circonstances défavorables et, comme les manœuvres sous courant lors de discordances de phases sont rares, il ne serait pas économique de concevoir les disjoncteurs pour les conditions les plus extrêmes.

Les caractéristiques réelles de réseau sont à considérer lorsqu'on prévoit de fréquentes manœuvres en discordance de phases ou lorsque des contraintes sévères sont probables comme c'est le cas, par exemple, pour des disjoncteurs d'alternateurs.

Il peut parfois être nécessaire d'utiliser un disjoncteur spécial ou un disjoncteur de tension assignée supérieure. En variante, on peut réduire, dans divers réseaux, la sévérité des contraintes dues aux manœuvres en discordance de phases en utilisant des relais possédant des éléments coordonnés sensibles à l'impédance pour déterminer l'instant de déclenchement, de façon que la coupure survienne soit notablement après, soit notablement avant l'instant où l'angle de phase atteint 180°.

Une vitesse d'accroissement plus élevée peut être obtenue si une borne du disjoncteur est reliée à un transformateur. Les disjoncteurs essayés conformément à cette norme sont considérés comme

systems, the first-pole-to-clear factor 1.5 should be used. For applications in systems with earthed neutral in cases where the probability of three-phase faults not involving earth cannot be disregarded, and for applications in systems other than earthed neutral systems, a first-pole-to-clear factor of 1.5 may be necessary.

Generally it will not be necessary to consider alternative transient recovery voltages as the standard values specified cover the majority of practical cases.

More severe conditions may occur in some cases, for instance:

- a) In the case of a short-circuit immediately after a transformer without any appreciable additional capacitance between the transformer and the circuit-breaker, both the peak voltage and rate-of-rise of transient recovery voltage may exceed the values specified in this standard.

Note. — Care should also be taken when selecting a circuit-breaker for the primary side for a transformer which may have to interrupt a short-circuit on the secondary side.

- b) In the case of a short-circuit on circuit-breakers in the vicinity of centres of generation, the rate-of-rise of transient recovery voltage may exceed the values specified in this standard.

In such cases it may be necessary for special TRV characteristics to be agreed between manufacturer and user.

When circuit-breakers are required for installations necessitating the assignment of rated characteristics for short-line faults, the line on which they are to be used should have a surge impedance and peak-factor not greater than and a time delay not less than the standard values of rated line characteristic given in Table V. However, if this should not be the case, it is still possible that a standard circuit-breaker is suitable, especially if the short-circuit current of the system is less than the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker. This can be established by calculating the prospective TRV for short-line faults from the rated characteristics by the method given in appendix AA and comparison with the prospective TRV derived from the actual characteristics of the system.

If special characteristics for short-line faults are required, they should be agreed between manufacturer and user.

8.103.3 *Selection of out-of-phase characteristics*

The requirements of this standard cater for the great majority of applications of circuit-breakers intended for switching during out-of-phase conditions. Several circumstances would have to be combined to produce a severity in excess of those covered by the tests of the standard and, as switching during out-of-phase conditions is rare, it would be uneconomical to design circuit-breakers for the most extreme conditions.

The actual system conditions should be considered when frequent out-of-phase switching is expected or where excessive stresses are probable, which could be the case for generator circuit-breakers, for example.

A special circuit-breaker, or one rated at a higher voltage, may sometimes be required. As an alternative solution, the severity of out-of-phase switching duty is reduced in several systems by using relays with coordinated impedance sensitive elements to control the tripping instant, so that interruption will occur either substantially after or substantially before the instant the phase angle reaches 180°.

A higher rate of rise may occur when one circuit-breaker terminal is transformer-connected. Circuit-breakers tested in accordance with this standard are considered to comply with this higher

répondant à cette exigence de vitesse d'accroissement plus élevée à condition qu'ils aient subi avec succès les essais de la séquence n° 2 des séries d'essai en court-circuit fondamentales.

8.103.4 *Choix du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit*

Comme indiqué au paragraphe 4.103, le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit d'un disjoncteur correspond à sa tension assignée et, sauf spécification contraire, est égal à 2,5 fois (c'est-à-dire, approximativement à $1,8 \sqrt{2}$ fois) la composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Il est recommandé que le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit du disjoncteur choisi ne soit pas inférieur à la plus grande valeur de crête du courant de court-circuit prévu au point d'application.

Dans certains cas, par exemple, lorsqu'il se trouve des moteurs d'induction électriquement proches, la valeur maximale de crête du courant de défaut peut être supérieure à 2,5 fois la composante périodique du courant de court-circuit. Dans de tels cas, il est recommandé d'éviter une construction spéciale et de choisir un disjoncteur normal possédant un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit convenable.

8.103.5 *Séquence de manœuvres en service*

La séquence de manœuvres assignée d'un disjoncteur est en principe l'une des séquences de manœuvres indiquées au paragraphe 4.104. Sauf spécification contraire, les valeurs des intervalles de temps indiquées au paragraphe 4.104 sont applicables et les séquences de manœuvres assignées à prévoir sont:

- a) O—3 min—CO—3 min—CO;
- b) CO—15 s—CO;
- c) O—0,3 s—CO—3 min—CO (pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide.)

Note. — Au lieu de 3 min, d'autres durées de 15 s (pour les tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV) et 1 min sont aussi utilisées pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide. La durée à choisir dépend en principe d'exigences du réseau telles que la continuité de service.

Si le pouvoir de coupure en court-circuit du disjoncteur au cours d'une séquence de refermeture automatique est inférieur au pouvoir de coupure assigné en court-circuit, cela est en principe spécifié par le constructeur.

Lorsque la séquence de manœuvres en service est plus sévère que celle qui est prévue par la présente norme, cette séquence est en principe spécifiée par l'utilisateur dans son appel d'offres et/ou dans sa commande, de telle sorte que le constructeur puisse modifier d'une manière appropriée les caractéristiques assignées du disjoncteur. Comme exemples de disjoncteurs pour des séquences spéciales, on peut citer ceux pour la commande des fours à arc, des chaudières à électrodes et, dans certains cas, d'installations de redresseurs. Le fonctionnement unipolaire d'un disjoncteur multipolaire, par exemple en vue d'une fermeture et d'une ouverture en monophasé, constitue aussi un emploi spécial.

8.103.6 *Choix de la durée de court-circuit assignée (pour les disjoncteurs qui ne sont pas munis de déclencheurs directs à maximum de courant)*

La valeur normale de la durée de court-circuit assignée (paragraphe 4.7 de la Publication 694 de la CEI) est égale à 1 s.

Si, toutefois, une durée supérieure est nécessaire, il est recommandé de choisir la valeur de 3 s comme valeur assignée.

Pour les durées de court-circuit supérieures à la durée assignée, la relation entre le courant et le temps est, sauf indication contraire du constructeur, donnée par la formule:

$$I^2 t = \text{constante}$$

rate-of-rise requirement provided they have satisfied Test-duty No. 2 of the basic short-circuit test series.

8.103.4 *Selection of rated short-circuit making current*

As stated in Sub-clause 4.103, the rated short-circuit making current shall correspond to the rated voltage and shall be, unless otherwise stated, 2.5 times (i.e. approximately $1.8\sqrt{2}$ times) the a.c. component of the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker.

The selected circuit-breaker should have a rated short-circuit making current not less than the highest peak value of the short-circuit currents expected at the application point.

In some cases, for example when induction motors are electrically close, the maximum peak value of the fault current may be more than 2.5 times the a.c. component of the short-circuit current. In such cases, a special design should be avoided and a standard circuit-breaker having a suitable rated short-circuit making current should be selected.

8.103.5 *Operating sequence in service*

The rated operating sequence of a circuit-breaker should be one of the operating sequences given in Sub-clause 4.104. Unless otherwise specified, the values of the time intervals given in Sub-clause 4.104 apply and the rated operating sequences provided for are:

- a) O—3 min—CO—3 min—CO;
- b) CO—15 s—CO;
- c) O—0.3 s—CO—3 min—CO (for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing).

Note. — Instead of 3 min, other time intervals, namely 15 s (for rated voltages less than or equal to 52 kV) and 1 min are also used for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing. The interval to be chosen depends in principle upon system requirements such as continuity of service.

If the short-circuit current the circuit-breaker is capable of breaking on auto-reclosing is less than the rated short-circuit breaking current, this should be specified by the manufacturer.

When the operating sequence in service is more severe than is provided for in this standard, this should be specified by the user in his enquiry and/or order, so that the manufacturer may modify the rating of the circuit-breaker appropriately. Examples of circuit-breakers for special duty are those used for controlling arc furnaces, electrode boilers and, in certain cases, rectifier plants. Single-pole operation of a multi-pole circuit-breaker, for example with a view to single-phase making and breaking, is also a special duty.

8.103.6 *Selection of rated duration of short-circuit (for circuit-breakers not fitted with direct over-current releases)*

The standard value of rated duration of short-circuit (Sub-clause 4.7 of IEC Publication 694) is 1 s.

If, however, a higher duration is necessary, the value of 3 s should be selected as rated value.

For short-circuit durations greater than the rated duration, the relation between current and time, unless otherwise stated by the manufacturer, is in accordance with the formula:

$$I^2t = \text{constant.}$$

9. Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

9.101 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes

En faisant un appel d'offres ou en passant commande d'un disjoncteur, il est recommandé à l'utilisateur de fournir les renseignements suivants:

- (A) Caractéristiques propres au réseau, c'est-à-dire: tensions nominale et la plus élevée, fréquence, nombre de phases, et modalités de mise à la terre du neutre.
- (B) Conditions en service comprenant les températures minimale et maximale de l'air ambiant; cette dernière, si elle est supérieure à la valeur normale; l'altitude, si elle est supérieure à 1 000 m; et toutes conditions spéciales susceptibles d'exister ou de se produire, par exemple l'exposition inhabituelle à la vapeur d'eau, à l'humidité, aux vapeurs chimiques, aux atmosphères explosives, à une poussière excessive ou à l'air salin (voir paragraphes 8.102.5 et 8.102.6).
- (C) Caractéristiques du disjoncteur.

Il est recommandé de donner les renseignements suivants:

- a) le nombre de pôles;
- b) la classe: pour l'intérieur ou pour l'extérieur;
- c) la tension assignée paragraphe 8.102.1
- d) le niveau d'isolement assigné s'il existe un choix entre différents niveaux d'isolement correspondant à une tension assignée donnée, ou, s'il est différent du niveau normal, le niveau d'isolement demandé paragraphe 8.102.2
- e) la fréquence assignée paragraphe 8.102.3
- f) le courant assigné en service continu paragraphe 8.102.4
- g) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné de lignes à vide paragraphe 4.107
- h) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide paragraphe 4.108
- i) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs paragraphe 4.109
- j) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins paragraphe 4.110
- k) s'il y a lieu, le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs paragraphe 4.111
- l) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné des faibles courants inductifs paragraphe 4.112
- m) le pouvoir de coupure assigné en court-circuit paragraphe 8.103.1
- n) le facteur de premier pôle paragraphe 8.103.2
- o) si elle diffère de la valeur normale, la tension transitoire de rétablissement demandée pour les défauts aux bornes paragraphe 8.103.2
- p) si elles diffèrent des valeurs normales, les caractéristiques demandées pour les défauts en ligne paragraphe 8.103.2
- q) s'il diffère de la valeur normale, le pouvoir de fermeture demandé en court-circuit paragraphe 8.103.4
- r) la séquence de manœuvres assignée paragraphe 8.103.5
- s) si elle diffère de la valeur normale, la durée admissible du courant de court-circuit désirée paragraphe 8.103.6
- t) s'il y a lieu, le pouvoir de coupure assigné en discordance de phases .. paragraphe 4.106
- u) la durée de coupure paragraphe 4.113.1

9. Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.101 Information to be given with enquiries and orders

When enquiring for or ordering a circuit-breaker, the following particulars should be supplied by the enquirer:

- (A) Particulars of systems, i.e. nominal and highest voltages, frequency, number of phases, and details of neutral earthing.
- (B) Service conditions including minimum and maximum ambient air temperatures, the latter, if greater than the normal value; altitude if over 1 000 m; and any special conditions likely to exist or arise, for example unusual exposure to water vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust, or salt air (see Sub-clauses 8.102.5 and 8.102.6).

(C) Characteristics of circuit-breaker.

The following information should be given:

- a) number of poles;
- b) class: indoor or outdoor;
- c) rated voltage Sub-clause 8.102.1
- d) rated insulation level where a choice exists between different insulation levels corresponding to a given rated voltage, or, if other than standard, the desired insulation level Sub-clause 8.102.2
- e) rated frequency Sub-clause 8.102.3
- f) rated normal current Sub-clause 8.102.4
- g) if applicable, rated line-charging breaking current Sub-clause 4.107
- h) if applicable, rated cable-charging breaking current Sub-clause 4.108
- i) if applicable, rated single capacitor bank breaking current Sub-clause 4.109
- j) if applicable, rated back-to-back capacitor bank breaking current Sub-clause 4.110
- k) if applicable, rated capacitor bank inrush making current Sub-clause 4.111
- l) if applicable, rated small inductive breaking current Sub-clause 4.112
- m) rated short-circuit breaking current Sub-clause 8.103.1
- n) first-pole-to-clear factor Sub-clause 8.103.2
- o) if other than standard, desired transient recovery voltage for terminal faults Sub-clause 8.103.2
- p) if other than standard, desired characteristics for short-line faults Sub-clause 8.103.2
- q) if other than standard, desired short-circuit making current Sub-clause 8.103.4
- r) rated operating sequence Sub-clause 8.103.5
- s) if other than standard, desired duration of short-circuit Sub-clause 8.103.6
- t) if applicable, rated out-of-phase breaking current Sub-clause 4.106
- u) break-time Sub-clause 4.113.1

- v) les essais de type spécifiés sur demande spéciale (pollution artificielle et perturbations radioélectriques) paragraphes 6.1.8 et 6.2
- w) s'il y a lieu, la fréquence de manœuvre paragraphe 6.101.2.1
- (D) Caractéristiques du mécanisme de commande du disjoncteur et de l'équipement associé, en particulier:
 - a) le mode de commande, manuel ou par une source d'énergie;
 - b) le nombre et le type des contacts auxiliaires de réserve;
 - c) la tension assignée d'alimentation et la fréquence assignée d'alimentation.
- (E) Prescriptions relatives à l'utilisation de l'air comprimé et prescriptions relatives à la construction et aux essais des réservoirs de pression.

Note. — Il est recommandé au demandeur de donner des renseignements sur toutes les conditions spéciales, non énumérées précédemment, qui pourraient avoir une influence sur la soumission ou la commande (voir aussi note du paragraphe 8.101).

9.102 Renseignements à donner avec les soumissions

Lorsque le demandeur désire connaître les caractéristiques techniques d'un disjoncteur, il est recommandé au constructeur de donner les renseignements suivants (ceux qui sont applicables) avec les notices descriptives et les plans:

(A) Valeurs assignées et caractéristiques:

- a) le nombre de pôles;
- b) la classe: pour l'intérieur ou pour l'extérieur, température, couche de glace paragraphe 8.102.5
- c) la tension assignée paragraphe 8.102.1
- d) le niveau d'isolement assigné paragraphe 8.102.2
- e) la fréquence assignée paragraphe 8.102.3
- f) le courant assigné en service continu paragraphe 8.102.4
- g) le pouvoir de coupure assigné de lignes à vide paragraphe 4.107
- h) le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide paragraphe 4.108
- i) le pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs paragraphe 4.109
- j) le pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins paragraphe 4.110
- k) le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs paragraphe 4.111
- l) le pouvoir de coupure assigné de faibles courants inductifs paragraphe 4.112
- m) le pouvoir de coupure assigné en court-circuit paragraphe 8.103.1
- n) le facteur de premier pôle paragraphe 8.103.2
- o) la tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes paragraphe 8.103.2
- p) les caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne paragraphe 8.103.2
- q) le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit paragraphe 8.103.4
- r) la séquence de manœuvres assignée paragraphe 8.103.5
- s) la durée de court-circuit assignée paragraphe 8.103.6
- t) le pouvoir de coupure assigné en discordance de phases paragraphe 4.106
- u) la durée d'ouverture, la durée de coupure, et la durée de fermeture assignées paragraphe 4.113
- v) les essais de type spécifiés sur demande spéciale (pollution artificielle et perturbations radioélectriques) paragraphes 6.1.8 et 6.2

- v) the type tests specified under special request (artificial pollution and radio interference) Sub-clauses 6.1.8 and 6.2
- w) the frequency of operation Sub-clause 6.101.2.1
- (D) Characteristics of the operating mechanism of circuit-breaker and associated equipment, in particular:
 - a) method of operation, whether manual or power;
 - b) number and type of spare auxiliary switches;
 - c) rated supply voltage and rated supply frequency.
- (E) Requirements concerning the use of compressed air and requirements for design and tests of pressure vessels.

Note. — The enquirer should give information of any special conditions not included above that might influence the tender or order (see also the note in Sub-clause 8.101).

9.102 Information to be given with tenders

When the enquirer requests technical particulars of a circuit-breaker, the following information (those which are applicable) should be given by the manufacturer, with the descriptive matter and drawings:

(A) *Rated values and characteristics:*

- a) number of poles;
- b) class: indoor or outdoor, temperature, ice-coating Sub-clause 8.102.5
- c) rated voltage Sub-clause 8.102.1
- d) rated insulation level Sub-clause 8.102.2
- e) rated frequency Sub-clause 8.102.3
- f) rated normal current Sub-clause 8.102.4
- g) rated line-charging breaking current Sub-clause 4.107
- h) rated cable-charging breaking current Sub-clause 4.108
- i) rated single capacitor bank breaking current Sub-clause 4.109
- j) rated back-to-back capacitor bank breaking current Sub-clause 4.110
- k) rated capacitor bank inrush making current Sub-clause 4.111
- l) rated small inductive breaking current Sub-clause 4.112
- m) rated short-circuit breaking current Sub-clause 8.103.1
- n) first-pole-to-clear factor Sub-clause 8.103.2
- o) rated transient recovery voltage for terminal faults Sub-clause 8.103.2
- p) rated characteristics for short-line faults Sub-clause 8.103.2
- q) rated short-circuit making current Sub-clause 8.103.4
- r) rated operating sequence Sub-clause 8.103.5
- s) rated duration of short-circuit Sub-clause 8.103.6
- t) rated out-of-phase breaking current Sub-clause 4.106
- u) rated opening time, rated break time and rated closing time Sub-clause 4.113
- v) the type tests specified under special request (artificial pollution and radio interference) Sub-clauses 6.1.8 and 6.2

(B) *Essais de type*

Certificat ou compte rendu sur demande.

(C) *Détails constructifs*

- a) Pour les disjoncteurs à huile: masse du disjoncteur complet sans huile, masse de l'huile, recommandations concernant la qualité de l'huile, nombre de bacs.
- b) Pour les disjoncteurs à air comprimé: masse du disjoncteur complet, pression assignée d'alimentation de l'air pour la coupure et limites de la pression de l'air entre lesquelles le disjoncteur fonctionne correctement, capacité du réservoir du disjoncteur, quantité d'air ramené à la pression atmosphérique pour une manœuvre d'ouverture et une manœuvre de fermeture suivie immédiatement d'une manœuvre d'ouverture. Pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide, la quantité d'air ramené à la pression atmosphérique est en principe également donnée pour une manœuvre d'ouverture suivie d'une manœuvre de fermeture et immédiatement suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Pour les autres disjoncteurs à gaz: masse du disjoncteur complet, pression assignée d'alimentation du gaz pour la coupure et limites de la pression du gaz entre lesquelles le disjoncteur fonctionne correctement; volume total de gaz par pôle à une pression de 0,1 MPa (1 bar) caractéristiques d'étanchéité du disjoncteur.

- c) Nombre d'éléments de coupure en série par pôle.
- d) Distances minimales dans l'air:
 - entre pôles;
 - à la terre;
 - limites du périmètre de sécurité pendant une manœuvre de coupure pour les disjoncteurs munis d'un dispositif d'évacuation à l'extérieur des gaz ionisés ou des flammes.
- e) toute autre disposition spéciale pour assurer le maintien des caractéristiques assignées du disjoncteur aux températures extrêmes de l'air ambiant prescrites (chauffage, refroidissement).

(D) *Mécanisme de commande d'un disjoncteur et équipement associé:*

- a) type du dispositif de fermeture;
- b) si le disjoncteur convient pour la manœuvre à déclenchement libre ou à déclenchement conditionné et s'il est prévu avec un dispositif de verrouillage à fermeture empêchée;
- c) tension assignée d'alimentation et, éventuellement, pression assignée du fluide de commande du mécanisme de fermeture, avec ses limites si elles diffèrent des valeurs normales;
- d) courant requis à la tension assignée d'alimentation pour fermer le disjoncteur;
- e) quantité d'air, ramenée à la pression atmosphérique, requise pour fermer le disjoncteur à la tension assignée d'alimentation;
- f) tension assignée d'alimentation du déclencheur shunt d'ouverture;
- g) courant requis à la tension assignée d'alimentation pour le déclencheur shunt d'ouverture;
- h) nombre et type des contacts auxiliaires de réserve;
- i) courant requis à la tension assignée d'alimentation par les autres auxiliaires.
- j) réglage des dispositifs de verrouillage à haute et à basse pression.

(E) *Encombrement maximal et autres renseignements*

Il est recommandé au constructeur de donner les renseignements nécessaires concernant l'encombrement maximal du disjoncteur et les renseignements détaillés nécessaires à l'établissement de la fondation.

Il est recommandé de donner des renseignements généraux concernant la maintenance du disjoncteur et de ses raccordements.

(B) *Type tests*

Certificate or report on request.

(C) *Constructional features:*

- a) For oil circuit-breakers: mass of complete circuit-breaker without oil; mass of oil; recommendations regarding oil quality; number of tanks.
- b) For air-blast circuit-breakers: mass of complete circuit-breaker; rated supply pressure of air for interruption and limits between which the circuit-breaker operates correctly; the capacity of the local air receiver; quantity of free air for one opening operation and for one closing operation followed immediately by one opening operation. For circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing, the quantity of free air should be given also for one opening operation followed by one closing operation and immediately followed by one opening operation.

For other gas circuit-breakers: mass of complete circuit-breaker; rated supply pressure of gas for interruption and limits between which the circuit-breaker operates correctly, the total volume of the gas per pole at a pressure of 0.1 MPa (1 bar); tightness characteristics of the circuit-breaker.

- c) Number of units in series per pole.
- d) Minimum clearances in air:
 - between poles;
 - to earth;
 - the safety boundaries during a breaking operation, for circuit-breakers with an external exhaust for ionised gases or flame.
- e) Any special arrangements (heating and cooling) to maintain the rated characteristics of the circuit-breaker at the required extreme temperatures of the ambient air.

(D) *Operating mechanism of circuit-breaker and associated equipment:*

- a) type of closing mechanism;
- b) whether the circuit-breaker is suitable for trip-free or fixed trip operation and whether it is provided with a lock-out device preventing closing;
- c) rated supply voltage and/or pressure of closing mechanism, pressure limits if different from the standard values;
- d) current required at rated supply voltage to close the circuit-breaker;
- e) quantity of free air required to close the circuit-breaker at rated supply pressure;
- f) rated supply voltage of shunt opening release;
- g) current required at rated supply voltage for shunt opening release;
- h) number and type of spare auxiliary switches;
- i) current required at rated supply voltage by other auxiliaries;
- j) setting of high and low pressure interlocking devices.

(E) *Overall dimensions and other information*

The manufacturer should give the necessary information as regards the overall dimensions of the circuit-breaker and details necessary for the design of the foundation.

General information regarding maintenance of the circuit-breaker and its connections should be given.

10. Règles pour le transport, le stockage, l'installation et la maintenance

L'article 10 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 10.1 de la Publication 694 de la CEI est applicable.

10.2 Installation

Les paragraphes 10.2.1 à 10.2.4 de la Publication 694 de la CEI sont applicables avec le complément suivant:

10.2.101 Guide pour les essais de mise en service

Après installation du disjoncteur et achèvement de tous les raccordements, il convient d'effectuer les essais de mise en service. L'objet de tels essais est de contrôler que le transport et le stockage n'ont pas endommagé le disjoncteur. De plus, quand une grande partie de l'assemblage et/ou du réglage sont exécutés sur le site, les essais permettent de contrôler la qualité du travail et les caractéristiques fonctionnelles dépendant de ce travail.

Il convient d'éviter la répétition d'essais déjà effectués en usine.

Suivant la part relative de l'assemblage sur le site et suivant accord entre constructeur et utilisateur, les essais de mise en service peuvent être:

- exécutés par le constructeur,
- exécutés par l'utilisateur conformément aux instructions du constructeur (types d'essais à effectuer et limites acceptables pour les résultats).

Il convient d'enregistrer les résultats des essais dans un compte rendu d'essai.

Suivant le type de disjoncteur, le type d'organe de manœuvre, les conditions de service, le volume des renseignements désirés et des aspects techniques et économiques, le constructeur et l'utilisateur choisissent les essais à effectuer.

Un exemple de programme d'essais de mise en service est donné dans l'annexe HH.

Note. — Quand, pour une raison quelconque, tout ou partie des essais individuels de série n'ont pas été effectués en usine, il convient de les effectuer sur le site (voir Publication 694 de la CEI, article 7). Un tel programme d'essais individuels de série est en principe combiné avec le programme d'essais de mise en service.

10.3 Maintenance

Le paragraphe 10.3 de la Publication 694 de la CEI est applicable avec le complément suivant.

De plus, il est recommandé au constructeur de donner des renseignements concernant la révision des disjoncteurs à la suite:

- a) des manœuvres sur court-circuit;
- b) des manœuvres en service normal.

Il est recommandé de comprendre, dans cette information, le nombre de manœuvres selon les points a) et b) au bout duquel il y a lieu de réviser le disjoncteur.

Les paragraphes 10.3.1 à 10.3.11 de la Publication 694 de la CEI sont applicables.

10.3.101 Résistance et condensateurs

Vérification des résistances et des condensateurs. Il est recommandé d'indiquer les tolérances permises sur les valeurs.

10. Rules for transport, storage, erection and maintenance

Clause 10 of IEC Publication 694 is applicable.

10.1 *Conditions during transport, storage and erection*

Sub-clause 10.1 of IEC Publication 694 is applicable.

10.2 *Erection*

Sub-clauses 10.2.1 to 10.2.4 of IEC Publication 694 are applicable, with the following addition:

10.2.101 *Guide for commissioning tests*

After a circuit-breaker has been erected and all connections have been completed, commissioning tests should be performed. The purpose of such tests is to check that transport and storage have not damaged the circuit-breaker. In addition, when a large part of the assembly and/or of the adjustment is performed on site, the tests allow checking of the quality of the work and of functional characteristics depending on it.

Repetition of tests already performed in the factory should be avoided.

Depending on the relative amount of site assembly and on agreement between manufacturer and user, the commissioning tests can be:

- performed by the manufacturer;
- performed by the user, in accordance with the manufacturer's instructions (types of tests to perform and acceptable limits for the results).

The results of the tests should be recorded in a test report.

Depending on the type of the circuit-breaker, the type of the control device, the service conditions, the amount of information desired and technical and economic aspects, the manufacturer and the user should choose the tests to be performed.

An example of a commissioning test programme is given in Appendix HH.

Note. — When for any reason all or parts of the routine tests are not performed in the factory they should be performed on site (see IEC Publication 694, Clause 7). Such a routine test programme should be combined with the commissioning test programme.

10.3 *Maintenance*

Sub-clause 10.3 of IEC Publication 694 is applicable with the following addition:

The manufacturer should, further, give information regarding the overhaul of circuit-breakers following:

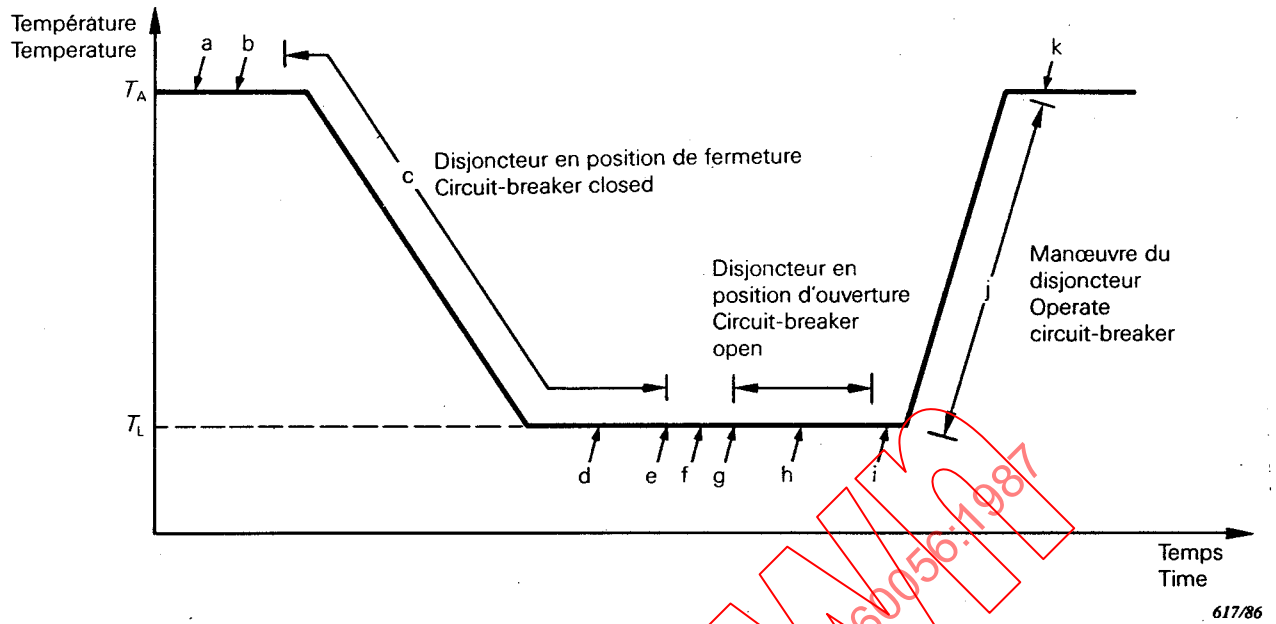
- a) short-circuit operations;
- b) operations in normal service.

This information should include the number of operations according to Items a) and b) after which the circuit-breaker is to be overhauled.

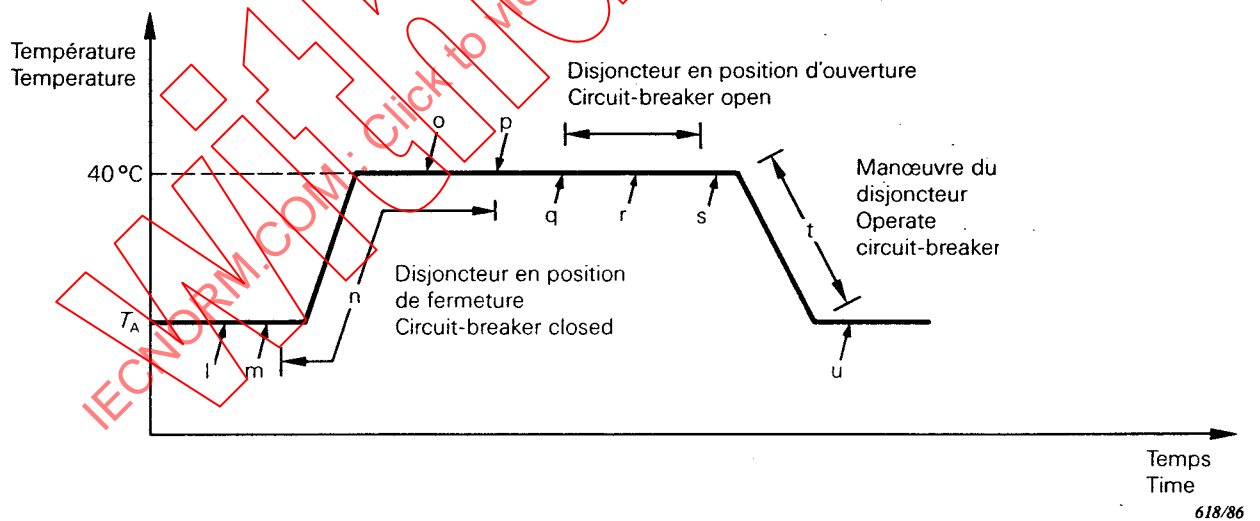
Sub-clauses 10.3.1 to 10.3.11 of IEC Publication 694 are applicable.

10.3.101 *Resistors and capacitors*

Checking of resistors and capacitors. Allowed variations of the values should be given.



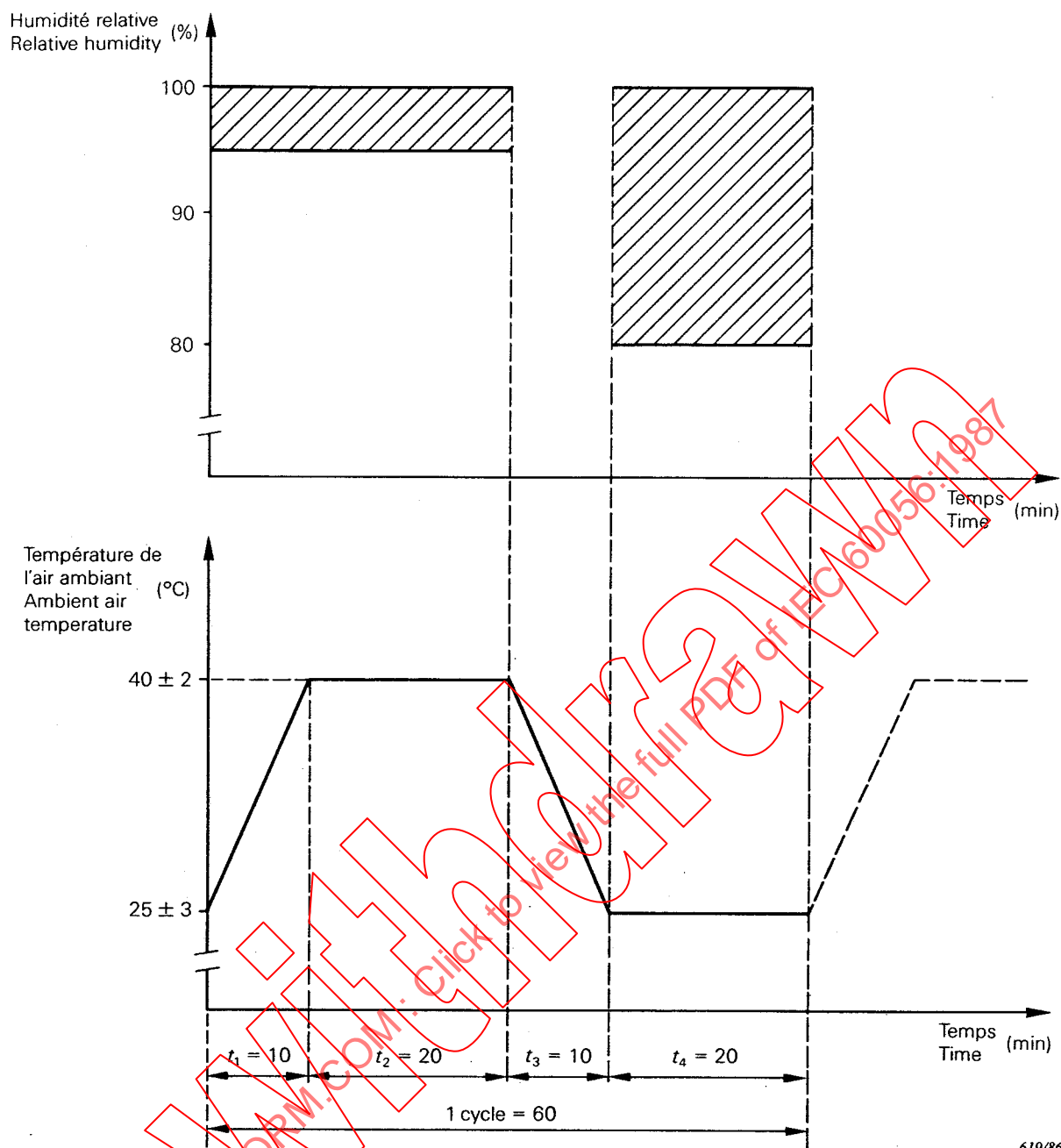
a) Essai à basse température
Low temperature test



b) Essai à haute température
High temperature test

Note. — Les lettres a à u repèrent les points d'application des essais spécifiés aux paragraphes 6.101.3.3 et 6.101.3.4.
Letters a to u identify application points of tests specified in Sub-clauses 6.101.3.3 and 6.101.3.4.

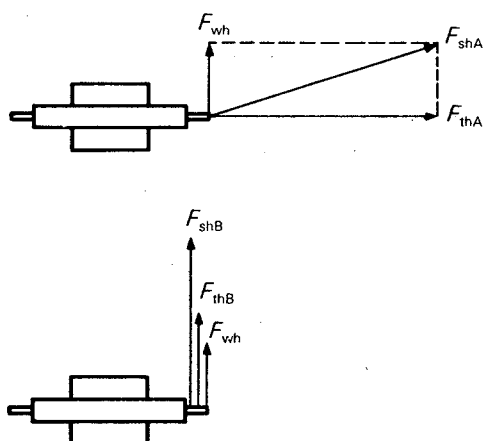
FIG. 15. — Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute température.
Test sequences for low and high temperature tests.



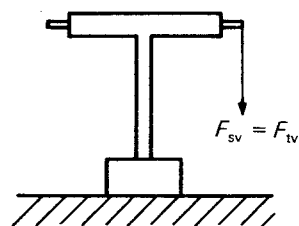
619/86

FIG. 16. — Essai à l'humidité.
Humidity test.

Efforts horizontaux



Efforts verticaux



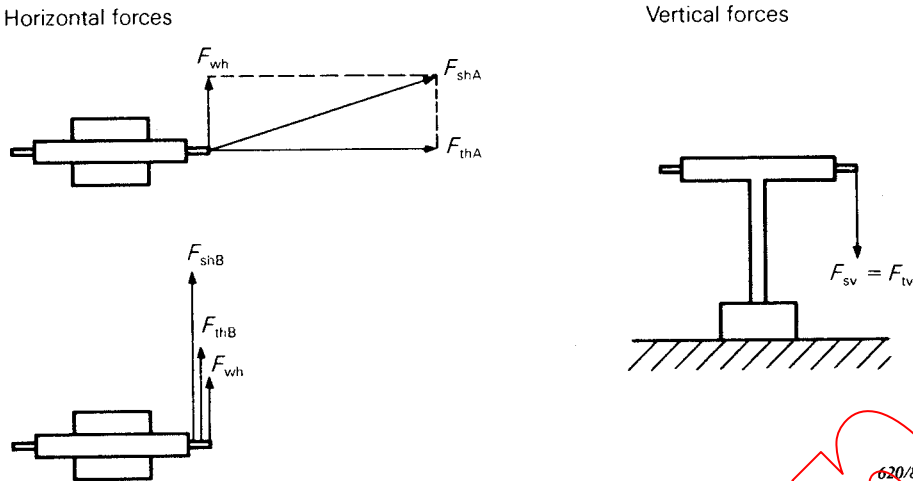
620/86

- F_{thA} = effort horizontal de traction dû aux conducteurs raccordés (direction A)
 F_{thB} = effort horizontal de traction dû aux conducteurs raccordés (direction B)
 F_{tv} = effort vertical de traction dû aux conducteurs raccordés (direction C)
 F_{vh} = effort horizontal sur le disjoncteur, dû à la pression du vent sur ce disjoncteur revêtu de glace
 F_{shA} , F_{shB} , F_{sv} = efforts statiques assignés sur borne (efforts résultants)

Note. — Voir la figure 18, page 234, pour les directions A, B et C.

FIG. 17. — Efforts statiques sur les bornes.

	Horizontal	Vertical	Remarques
Efforts dus au poids mort, au vent et à la glace sur le conducteur raccordé	F_{thA} , F_{thB}	F_{tv}	Selon tableau XIII
Force due au vent et à la glace sur le disjoncteur*	F_{vh}	O	Calculé par le constructeur
Effort résultant	F_{shA} , F_{shB}	F_{sv}	
* L'effort horizontal sur le disjoncteur, dû au vent, peut être déplacé depuis le centre de poussée vers la borne et son amplitude réduite proportionnellement à l'augmentation du bras de levier. (Le moment de flexion sur la partie la plus basse du disjoncteur est en principe le même.)			



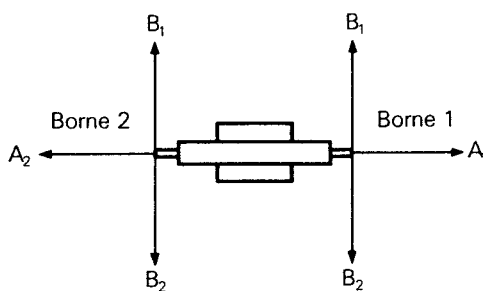
F_{thA} = tensile horizontal force due to connected conductors (direction A)
 F_{thB} = tensile horizontal force due to connected conductors (direction B)
 F_{tv} = tensile vertical force due to connected conductors (direction C)
 F_{wh} = horizontal force on circuit-breaker due to wind pressure on ice-coated circuit-breaker
 F_{shA} , F_{shB} , F_{sv} = rated static terminal load (resultant forces)

Note. — Refer to Figure 18, page 235, for directions A, B and C.

FIG. 17. — Static terminal load forces.

	Horizontal	Vertical	Remark
Forces due to dead weight, wind and ice on connected conductor	F_{thA} , F_{thB}	F_{tv}	According to Table XIII
Forces due to wind and ice on circuit-breaker*	F_{wh}	0	Calculated by manufacturer
Resultant force	F_{shA} , F_{shB}	F_{sv}	
* The horizontal force on the circuit-breaker, due to wind, may be moved from the centre of pressure to the terminal and reduced in magnitude in proportion to the longer lever arm. (The bending moment at the lowest part of the circuit-breaker should be the same.)			

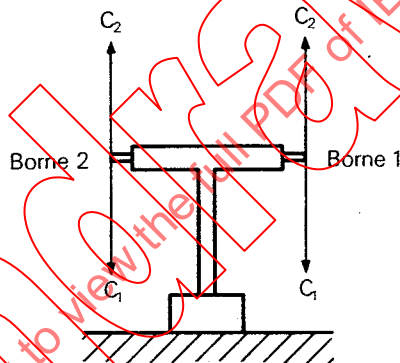
Efforts horizontaux



621/86

Direction des efforts: A_1 , B_1 , B_2 pour la borne 1
 Direction des efforts: A_2 , B_1 , B_2 pour la borne 2
 Efforts horizontaux d'essais: F_{shA} et F_{shB} (voir figure 17, page 232)

Efforts verticaux

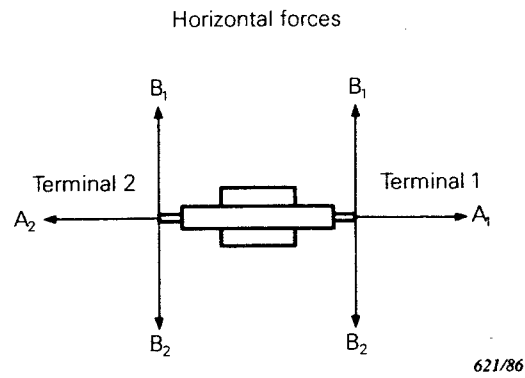


622/86

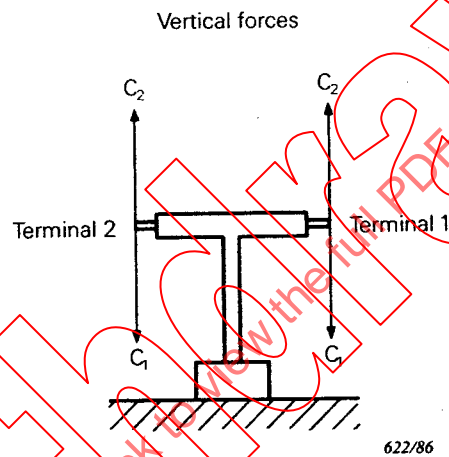
Direction des efforts: C_1 , C_2 sur la borne 1
 Direction des efforts: C_1 , C_2 sur la borne 2
 Efforts verticaux d'essais (dans les deux directions): F_{sv} (voir figure 17)

Note. — Il suffit d'essayer un seul côté des disjoncteurs qui sont symétriques par rapport à l'axe vertical central du pôle.

FIG. 18. — Directions pour les essais d'efforts statiques sur les bornes.



Force directions: A_1, B_1, B_2 for Terminal 1
 Force directions: A_2, B_1, B_2 for Terminal 2
 Horizontal test forces: F_{shA} and F_{shB} (see Figure 17, page 233)



Force directions: C_1, C_2 for Terminal 1
 Force directions: C_1, C_2 for Terminal 2
 Vertical test force (both directions): F_{sv} (see Figure 17)

Note. — For circuit-breakers which are symmetrical about the pole unit vertical centreline, only one terminal needs to be tested.

FIG. 18. — Directions for static terminal load tests.

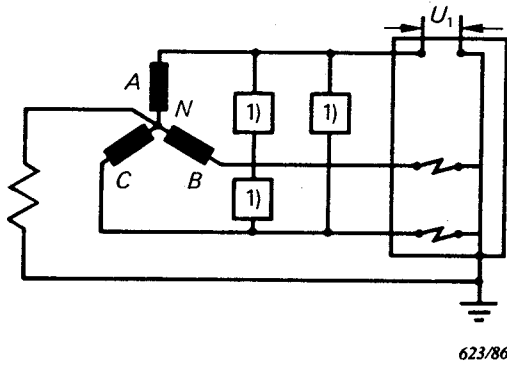


FIG. 19a. — Circuit préféré.
Preferred circuit.

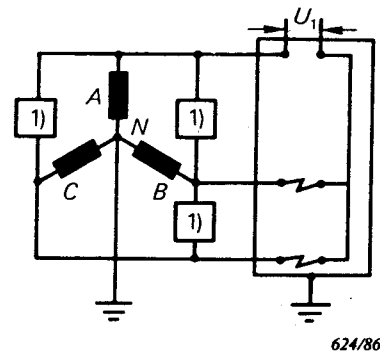


FIG. 19b. — Circuit utilisé en variante.
Alternative circuit.

- ¹⁾ Les carrés représentent des combinaisons de capacités et de résistances.
¹⁾ The squares represent combinations of capacitances and resistances.

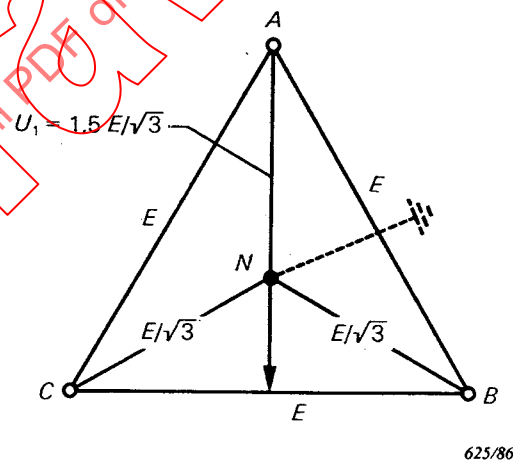
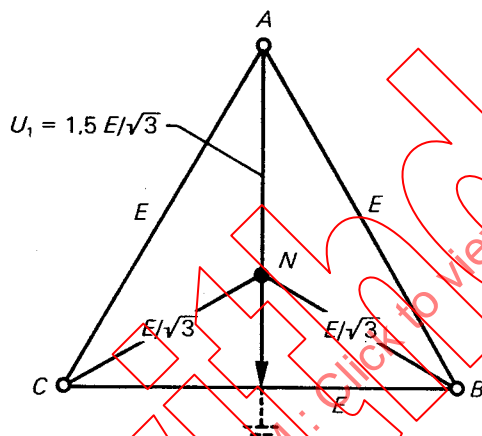


FIG. 19. — Mise à la terre des circuits d'essai pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.
Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1.5.

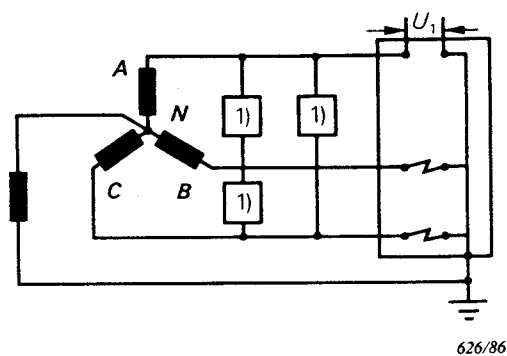


FIG. 20a. — Circuit préféré.
Preferred circuit.

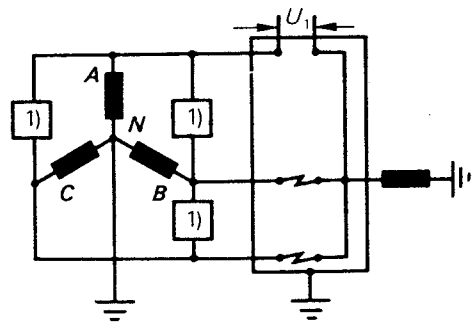


FIG. 20b. — Circuit utilisé en variante.
Alternative circuit.

- ¹⁾ Les carrés représentent des combinaisons de capacités et de résistances.
¹⁾ The squares represent combinations of capacitances and resistances.

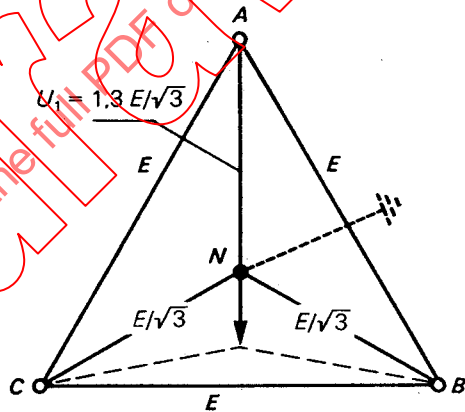
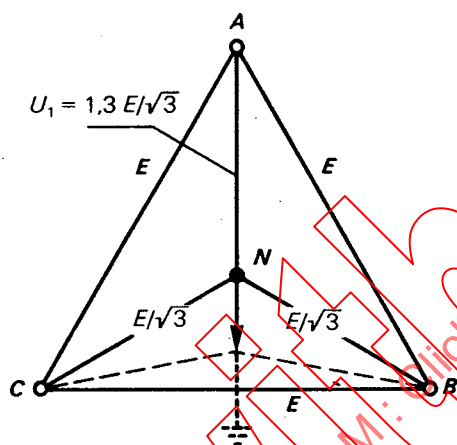
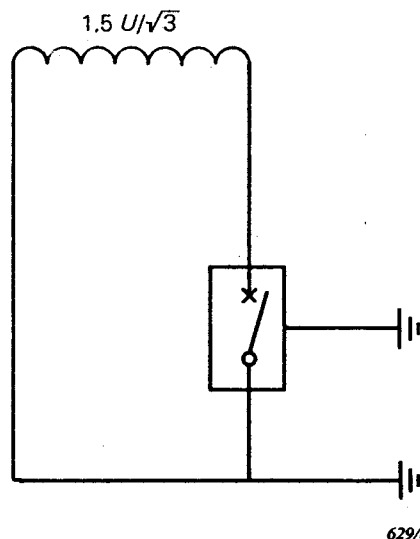


FIG. 20. — Mise à la terre des circuits d'essai pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.
Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1.3.

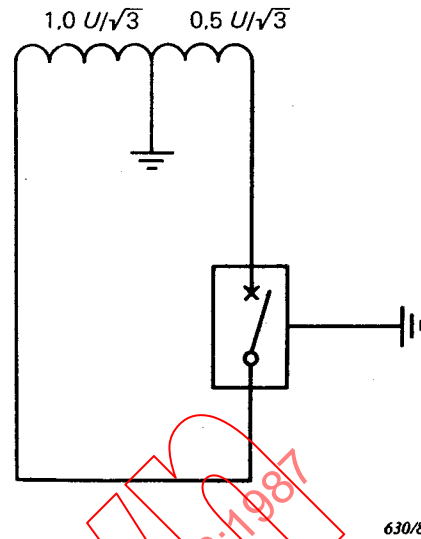


629/86

FIGURE 21a

Circuit préféré pour un disjoncteur destiné à une utilisation générale, quelles que soient les conditions de mise à la terre du neutre du réseau; circuit d'essai utilisé en variante pour un disjoncteur destiné à être utilisé sur des réseaux à neutre à la terre (dépend de l'accord du constructeur).

Preferred circuit for circuit-breaker intended for universal use irrespective of the earthing condition of the system neutral; alternative test circuit for circuit-breaker intended for use in earthed neutral systems (subject to agreement of the manufacturer).



630/86

FIGURE 21b

Circuit préféré pour un disjoncteur destiné à être utilisé sur des réseaux à neutre à la terre; circuit utilisé en variante pour un disjoncteur destiné à une utilisation générale, quelles que soient les conditions de mise à la terre du neutre du réseau (dépend de l'accord de l'utilisateur).

Preferred circuit for circuit-breaker intended for use in earthed neutral systems; alternative circuit for circuit-breaker intended for universal use irrespective of the earthing condition of the system neutral (subject to agreement of the user).

FIG. 21. — Mise à la terre des circuits d'essai pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.

Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1.5.

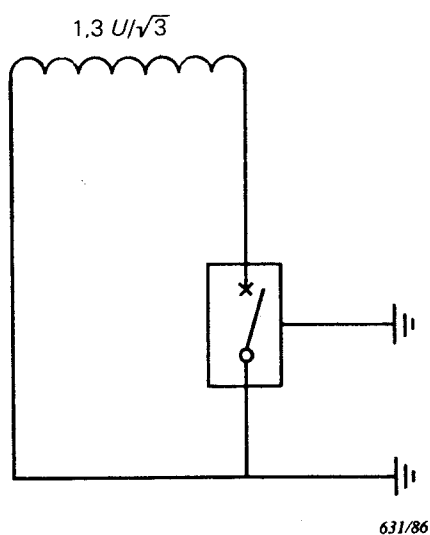


FIG. 22a. — Circuit préféré.
Preferred circuit.

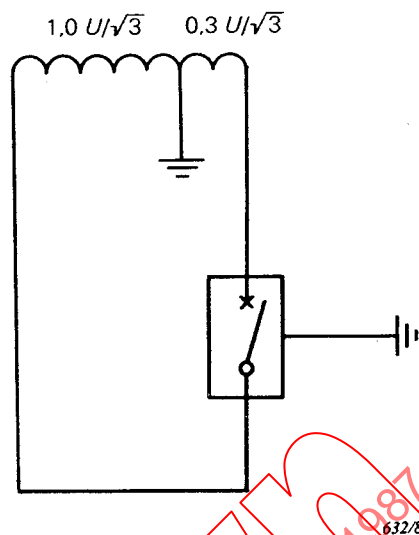


FIG. 22b. — Circuit utilisé en variante
(dépend de l'accord de l'utilisateur).
Alternative circuit
(Subject to agreement of the user).

FIG. 22. — Mise à la terre des circuits d'essai pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.
Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1.3.

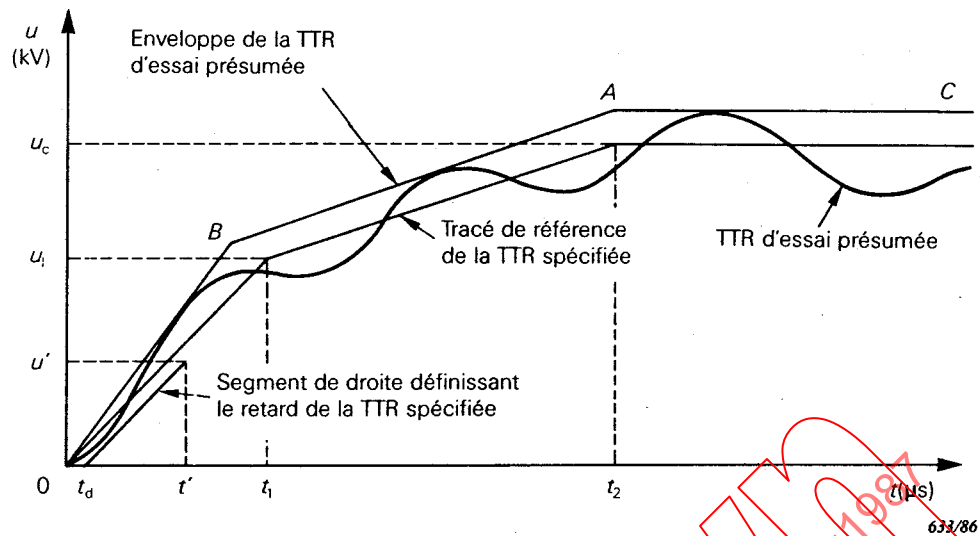


FIG. 23. — Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres.

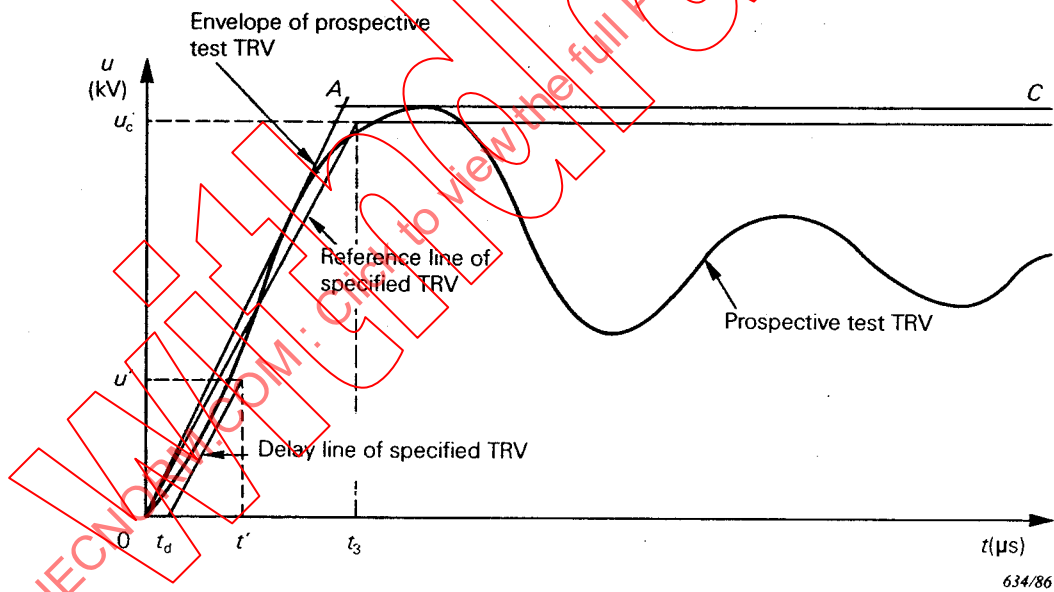


FIG. 24. — Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres.

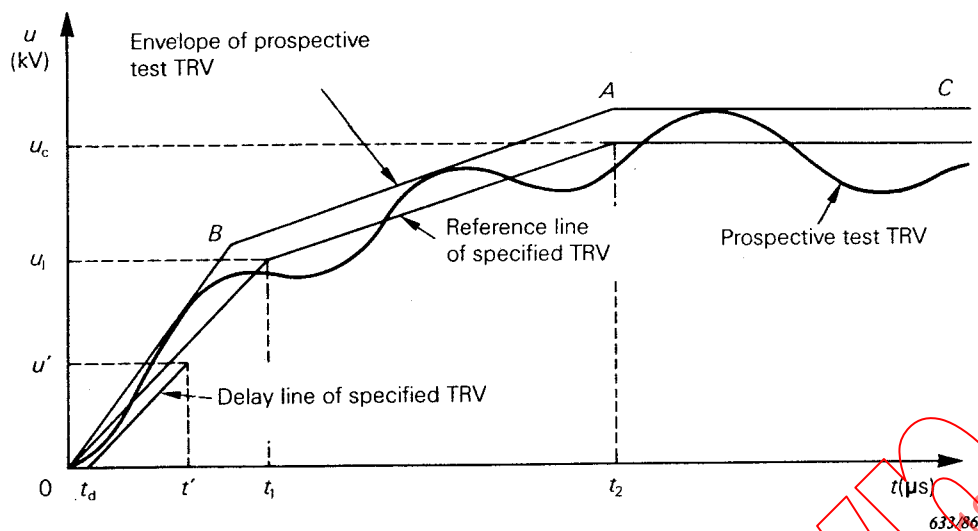


FIG. 23. — Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with four-parameter reference line.

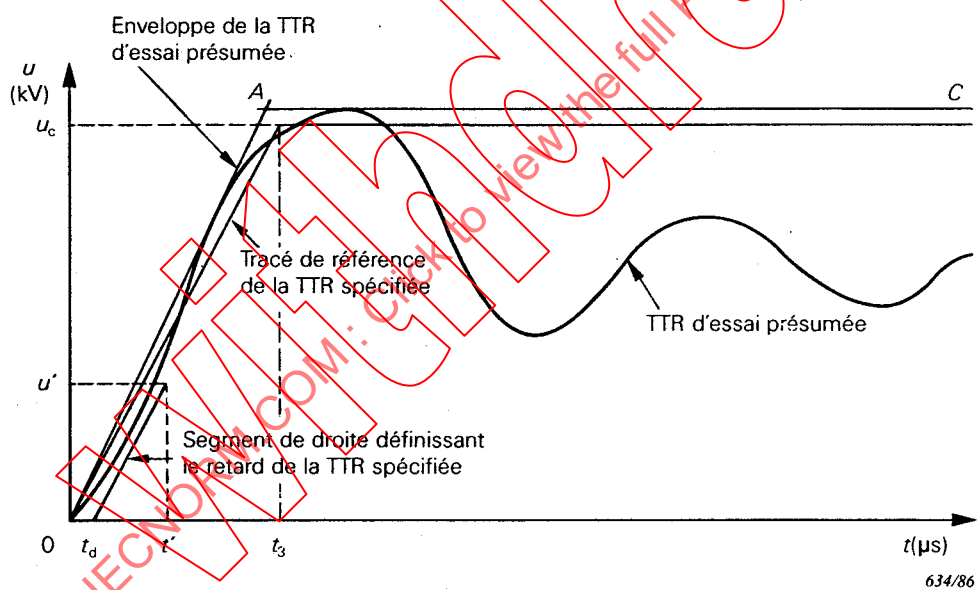


FIG. 24. — Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with two-parameter reference line.

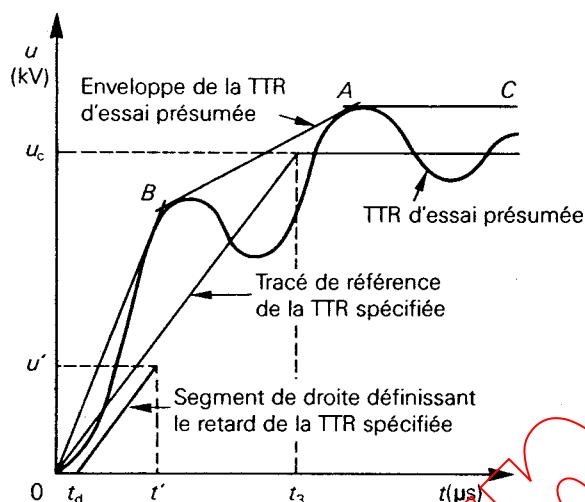


FIG. 25. — Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres.

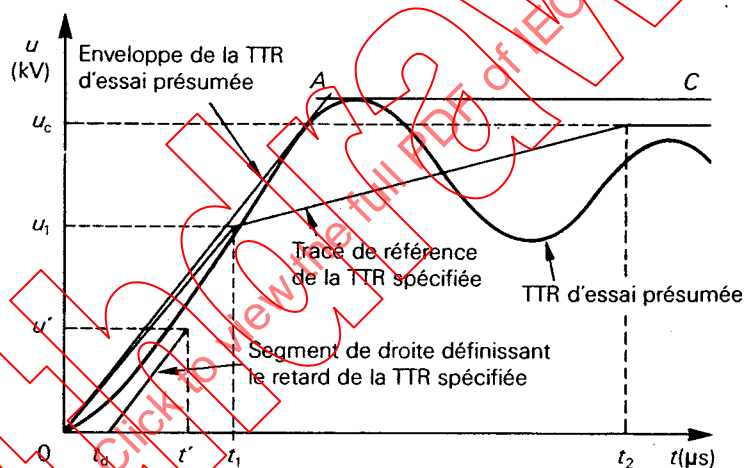


FIG. 26. — Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres.

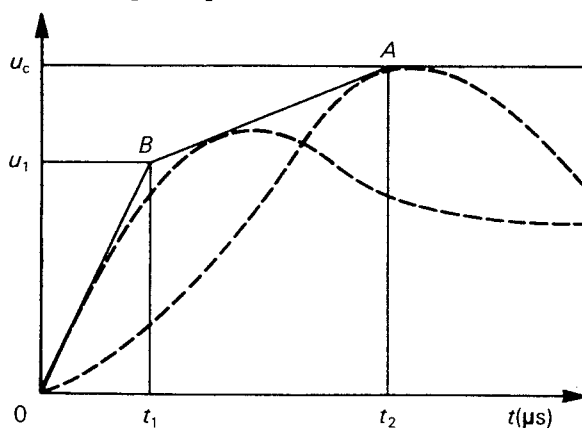


FIG. 27. — Exemple de deux ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties.

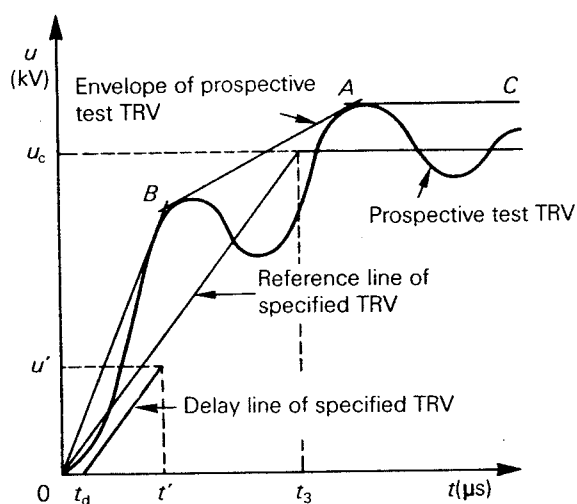


FIG. 25. — Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with two-parameter reference line.

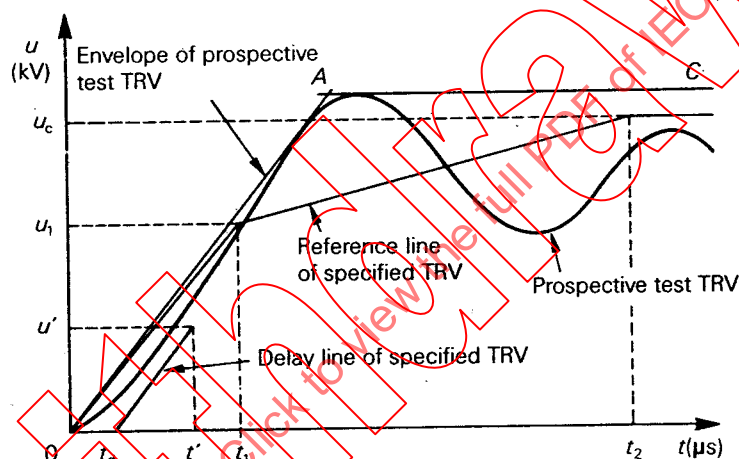


FIG. 26. — Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with four-parameter reference line.

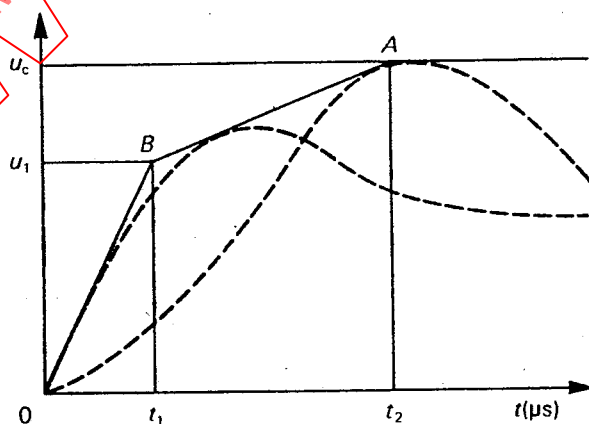
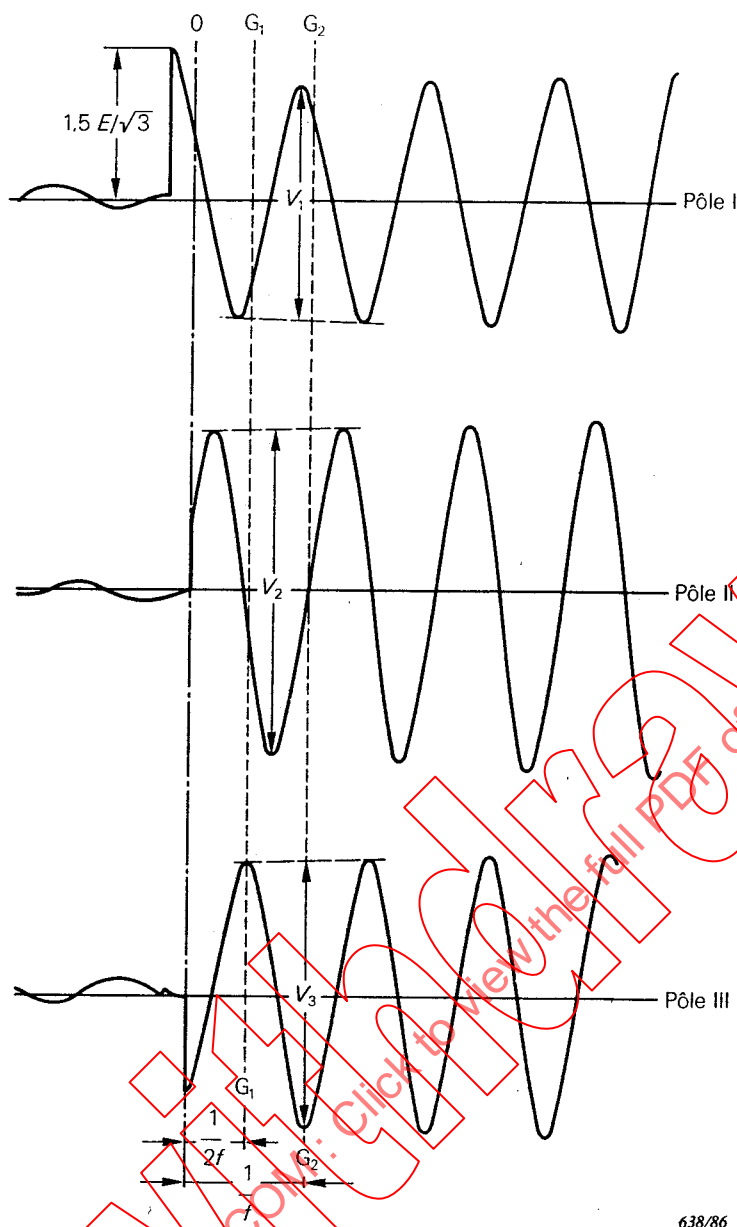


FIG. 27. — Example of two prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part tests.



- Pôle I = premier pôle qui coupe
 OO = instant de l'extinction finale de l'arc sur toutes les phases
 G_1G_1 = instant $\frac{1}{2f}$ depuis OO
 G_2G_2 = instant $\frac{1}{f}$ depuis OO
 f = fréquence de l'essai
 $\frac{V_1}{2\sqrt{2}}$ = valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle du pôle I
 $\frac{V_2}{2\sqrt{2}}$ = valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle du pôle II
 $\frac{V_3}{2\sqrt{2}}$ = valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle du pôle III

Sur le pôle III, une crête de tension se produit exactement à l'instant G_1G_1 . Dans un tel cas, on effectue la mesure à l'instant G_2G_2 qui suit.

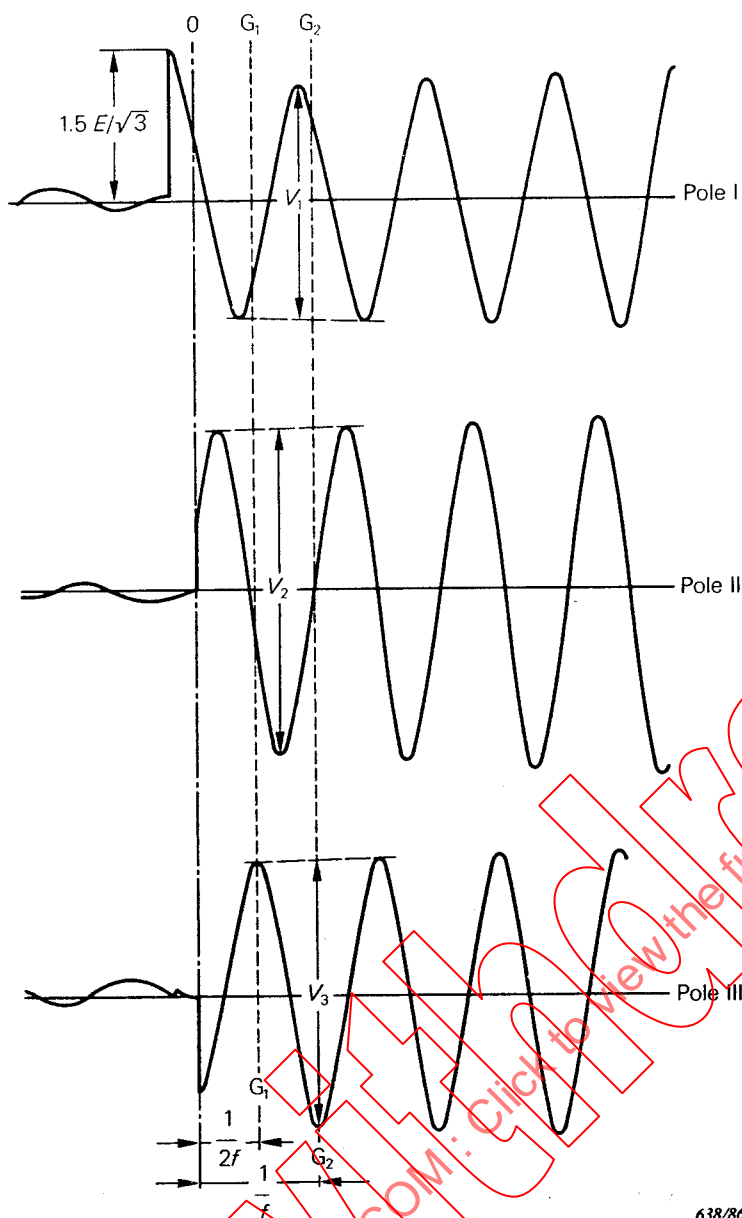
638/86

Valeur moyenne des tensions de rétablissement à fréquence industrielle des pôles I, II et III

$$= \frac{\frac{V_1}{2\sqrt{2}} + \frac{V_2}{2\sqrt{2}} + \frac{V_3}{2\sqrt{2}}}{3}$$

L'exemple montre les trois tensions obtenues pendant un essai sur un disjoncteur tripolaire dans un circuit d'essai triphasé ayant un de ses points neutres isolé (voir figure 19a ou 19b, et par conséquent produisant sur le premier pôle qui coupe un accroissement momentané de 50% de la tension de rétablissement, comme cela est indiqué sur le pôle I.

FIG. 28. — Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.



Pole I = first pole to clear
 OO = instant of final arc-extinction on all phases

G_1G_1 = instant $\frac{1}{2f}$ from OO

G_2G_2 = instant $\frac{1}{f}$ from OO

f = test frequency

$\frac{V_1}{2\sqrt{2}}$ = value of power frequency recovery voltage of Pole I

$\frac{V_2}{2\sqrt{2}}$ = value of power frequency recovery voltage of Pole II

$\frac{V_3}{2\sqrt{2}}$ = value of power frequency recovery voltage of Pole III

In Pole III a voltage peak occurs exactly at instant G_1G_1 . In such event measurement is made at later instant G_2G_2 .

638/86

Average value of the power frequency recovery voltages of Poles I, II and III

$$= \frac{\frac{V_1}{2\sqrt{2}} + \frac{V_2}{2\sqrt{2}} + \frac{V_3}{2\sqrt{2}}}{3}$$

The example illustrates three voltages obtained during a test upon a three-pole circuit breaker in a three-phase test circuit having one of its neutral points insulated, see Figure 19a or 19b, thus producing momentarily in the first pole to clear a 50% increase in the recovery voltage, as shown in Pole I.

FIG. 28. — Determination of power frequency recovery voltage.

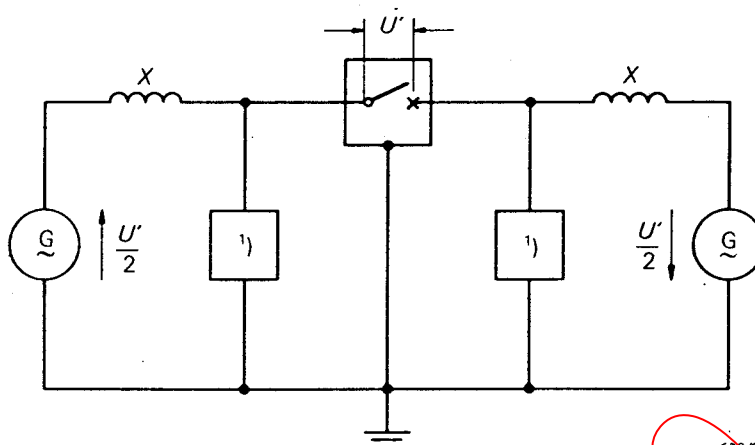


FIG. 29. — Circuit d'essai pour les essais monophasés en discordance de phases.
Test circuit for single-phase out-of-phase tests.

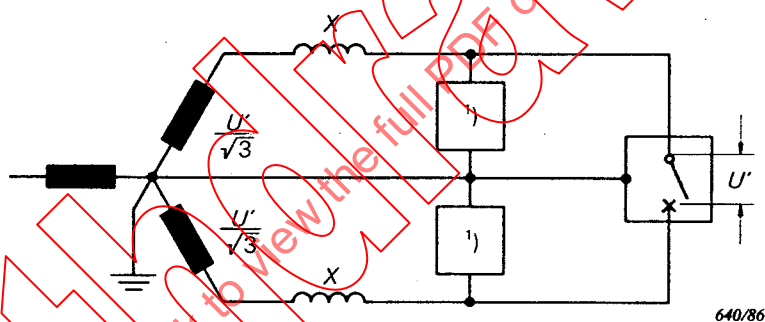


FIG. 30. — Circuit d'essai avec deux tensions décalées de 120 degrés électriques pour les essais en discordance de phases.
Test circuit for out-of-phase tests using two voltages separated by 120 electrical degrees.

¹⁾ Les carrés représentent des combinaisons de capacités et de résistances.

¹⁾ The squares represent combinations of capacitances and resistances.

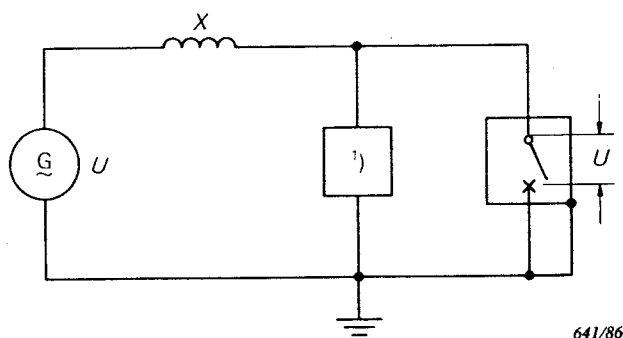


FIG. 31. — Circuit d'essai avec une borne du disjoncteur à la terre pour les essais en discordance de phases (sous réserve de l'accord du constructeur).
Test circuit for out-of-phase tests with one terminal of the circuit-breaker earthed (subject to agreement of the manufacturer).

¹⁾ Le carré représente des combinaisons de capacités et de résistances.

¹⁾ The square represents combinations of capacitances and resistances.

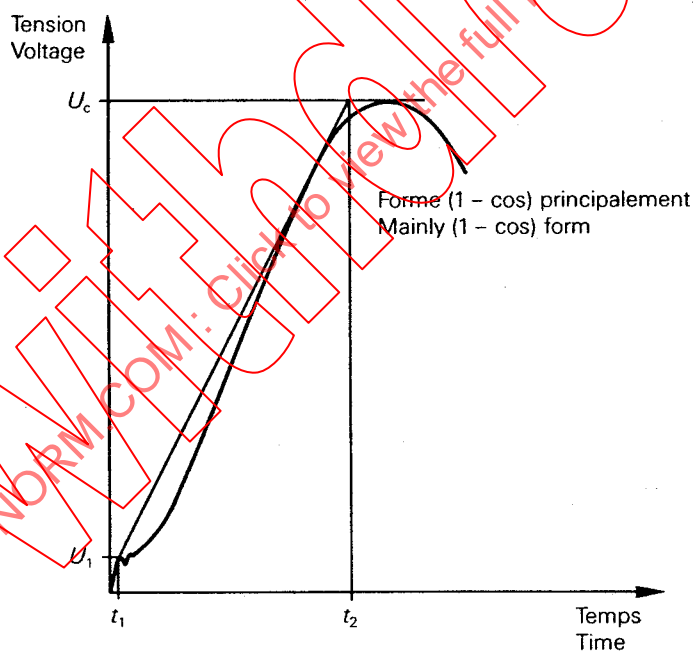


FIG. 32. — Tension de rétablissement présumée pour des essais de coupure de courant capacitif.
Prospective recovery voltage for capacitive current breaking tests.

CHAPITRE III: ANNEXES

ANNEXE AA

CALCUL DES TENSIONS TRANSITOIRES DE RÉTABLISSEMENT POUR LES DÉFAUTS PROCHES EN LIGNE À PARTIR DES CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

AA1. Introduction

Pour les caractéristiques assignées et les essais de défauts proches en ligne, il a été décidé de considérer seulement le cas des défauts monophasés à la terre sur un réseau à neutre à la terre, ce cas correspondant à une sévérité suffisante pour couvrir d'autres cas, à l'exception de cas particuliers où les paramètres du réseau peuvent être plus sévères que les valeurs normales.

Le circuit monophasé simplifié peut alors être représenté comme l'indique la figure 13, page 102.

Pendant le court-circuit, la tension est:

$$U_p = U/\sqrt{3} \quad (1)$$

U est la tension assignée du disjoncteur.

Elle engendre un courant I_L dans un circuit comprenant les réactances X_s et X_L en série. La valeur efficace de la chute de tension côté alimentation est:

$$U_s = I_L X_s \quad (2)$$

et le long de la ligne:

$$U_L = I_L X_L \quad (3)$$

A l'instant où l'arc s'éteint dans le disjoncteur, la valeur instantanée de la tension phase-terre sur les bornes aval du disjoncteur est égale à la tension initiale:

$$u_o = U_L \sqrt{2} \quad (4)$$

Cette tension initiale revient à zéro par l'intermédiaire d'un régime transitoire comportant des ondes mobiles qui se propagent le long de la ligne entre le disjoncteur et le défaut et se réfléchissent aux extrémités, produisant ainsi une tension transitoire côté ligne ayant la forme d'une oscillation amortie en dents de scie*, représentée par u_L , comme l'indique la figure AA1, page 256. La valeur de la tension phase-terre sur les bornes amont du disjoncteur est aussi égale à u_o à l'instant de la coupure. Elle croît jusqu'à une valeur de crête u_m qui dépend des caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement du circuit amont comme indiqué par u_s sur la figure AA1. La valeur de crête U_m de la tension à fréquence industrielle entre phase et terre du côté amont (après la fin du phénomène transitoire) devient:

$$U_m = U_p \sqrt{2} = U \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

La tension transitoire de rétablissement spécifiée pour défauts proches en ligne résultante apparaissant aux bornes du disjoncteur est la différence entre les tensions transitoires amont et aval comme indiqué par $u_s - u_L$ sur la figure AA1.

* En pratique, la forme d'onde en dents de scie est modifiée jusqu'à un certain point par un retard dû aux capacités concentrées existant aux bornes du disjoncteur (capacités des transformateurs de tension, transformateurs de courant, etc.); de plus, la partie supérieure de l'oscillation est légèrement arrondie.

CHAPTER III: APPENDICES

APPENDIX AA

CALCULATION OF TRANSIENT RECOVERY VOLTAGES FOR
SHORT-LINE FAULTS FROM RATED CHARACTERISTICS

AA1. Basic approach

For rating and testing purposes, it has been decided to consider only a short-line fault occurring from one phase to earth in a system having the neutral earthed, the severity of this being sufficient to cover other cases, except in special circumstances where the system parameters may be more severe than the standard values.

The simplified single-phase circuit can be represented as in Figure 13, page 102.

During the short-circuit, the voltage will be:

$$U_p = U/\sqrt{3} \quad (1)$$

U is the rated voltage of the circuit-breaker.

This voltage drives the current I_L through the circuit consisting of reactances X_s and X_L in series. The r.m.s. value of the voltage drop on the source side will be:

$$U_s = I_L X_s \quad (2)$$

and along the line

$$U_L = I_L X_L \quad (3)$$

When the current is broken the instantaneous voltage to earth on the line side terminal of the circuit-breaker will be the initial voltage:

$$u_o = U_L \sqrt{2} \quad (4)$$

This initial voltage will return to zero by a series of travelling waves reflected back and forth along the line between the circuit-breaker and the fault, producing a transient voltage on the line side in the form of a damped saw-tooth oscillation* as shown by u_L in Figure AA1, page 256. The voltage to earth on the source side terminal of the circuit-breaker will also be u_o at the instant of breaking. It will rise to a peak value u_m depending upon the transient recovery voltage on the source side as shown by u_s in figure AA1, the crest value U_m of the power frequency voltage to earth on the source side (after the ending of transient phenomena) becoming:

$$U_m = U_p \sqrt{2} = U \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

The resulting specified transient recovery voltage for short-line faults appearing across the circuit-breaker is the difference between the source and the line side transient voltages as shown by $u_s - u_L$ in Figure AA1.

* In practice the saw-tooth waveform is in some degree modified by a time delay due to lumped capacitances present at the terminals of the circuit-breaker (capacitances of voltage transformers, current transformers, etc.); also the top of the oscillation is slightly rounded.

AA2. Tension initiale entre phase et terre

Le rapport entre la tension u_0 à l'instant de la coupure et la valeur de crête U_m de la tension amont phase-terre dépend seulement de la réduction du courant due à la réactance de la ligne; ce rapport est indépendant de la tension assignée, du pouvoir de coupure assigné en court-circuit et des constantes de la ligne. Ce rapport vaut:

$$u_0/U_m = 1 - I_L/I \quad (6)$$

où:

I = pouvoir de coupure assigné en court-circuit

I_L = courant coupé en défaut proche en ligne.

Le tableau AA1 correspond à cette équation pour les valeurs normales des rapports de courants pour les défauts proches en ligne; pour d'autres rapports, cette équation peut être déduite de la figure AA2, page 257.

TABLEAU AA1

Tension initiale entre phase et terre et valeur de crête de la tension transitoire de rétablissement pour défauts proches en ligne

I_L/I	u_0/U_m	u_m/U_m
0,90	0,10	1,36
0,75	0,25	1,30

AA3. Tension transitoire côté ligne

Les caractéristiques de la ligne ont été normalisées comme l'indique le tableau V.

La variation u_L^* de tension transitoire de la ligne u_L à partir de la valeur initiale u_0 est obtenue en multipliant la valeur u_0 par le facteur de crête approprié k :

$$u_L^* = k u_0 \quad (7)$$

Le temps t_L qui s'écoule jusqu'à la première crête de la tension u_L^* est obtenu à partir de la vitesse d'accroissement du_L/dt de la tension transitoire u_L de la ligne lors de la coupure de courant $i = I_L \sqrt{2} \sin(2\pi ft)$ au passage à zéro du courant par:

$$t_L = u_L^*/sI_L \quad (8)$$

où:

$$-sI_L = du_L/dt = -2\pi f Z I_L \sqrt{2} \quad (9)$$

s = facteur de VATR

Z = impédance d'onde de la ligne

f = fréquence assignée.

Les caractéristiques assignées de la ligne Z , k et s sont données dans le Tableau V.

La tension se rapprochera de zéro au moyen d'une oscillation amortie en dents de scie, dont la forme exacte dépend des caractéristiques de la ligne réelle. La forme de ces oscillations n'étant pas spécifiée, celles-ci ne sont représentées qu'à titre d'exemple par les lignes en tirets de la figure AA1, page 256.

Note. — On peut obtenir la longueur approximative de la ligne, correspondant à un défaut en ligne donné, par la formule:

$$L = \frac{ct_L}{2} \quad (10)$$

où c est la vitesse de propagation des ondes mobiles supposée égale à:

$$c = 0,3 \text{ km}/\mu\text{s} \quad (11)$$

AA2. Initial voltage to earth

The ratio between the voltage u_o at the instant of breaking and the crest value U_m of the driving voltage is dependent only on the reduction in current due to the reactance of the line, and is independent of rated voltage, rated short-circuit breaking current and the line constants, hence:

$$u_o/U_m = 1 - I_L/I \quad (6)$$

where:

I = rated short-circuit breaking current

I_L = short-line fault breaking current

This relation is shown in Table AA1 for the standard ratios of short-line fault currents; for other ratios it can be taken from Figure AA2, page 257.

TABLE AA1

Initial voltage to earth and peak value of transient recovery voltage for short-line faults

I_L/I	u_o/U_m	u_m/U_m
0.90	0.10	1.36
0.75	0.25	1.30

AA3. Transient voltage on line side

The line-side characteristics have been standardized as shown in Table V.

The excursion u_L^* of the line-side transient voltage u_L from the initial value u_o is obtained by multiplying the value u_o by the appropriate peak factor k :

$$u_L^* = k u_o \quad (7)$$

The time t_L to the first peak value u_L^* is obtained from the rate-of-rise du_L/dt of transient voltage u_L on the line-side after breaking the line current $i = I_L \sqrt{2} \sin(2\pi ft)$ at current zero by:

$$t_L = u_L^*/sI_L \quad (8)$$

where:

$$-sI_L = du_L/dt = -2\pi f Z I_L \sqrt{2} \quad (9)$$

s = RRRV factor

Z = surge impedance of the line

f = rated frequency

The rated line characteristics Z , k and s are given in Table V.

The transient voltage will fall to zero by a damped saw-tooth oscillation the exact waveform of which depends upon the characteristics of the actual line. This is shown as an example by the dotted lines in Figure AA1, page 256.

Note. — The approximate length of line corresponding to a given short-line fault can be obtained by the formula:

$$L = \frac{ct_L}{2} \quad (10)$$

where c is the speed of the travelling wave propagation assumed to be equal to:

$$c = 0.3 \text{ km}/\mu\text{s} \quad (11)$$

AA4. Tension transitoire côté alimentation

La courbe de la tension transitoire côté alimentation peut être tracée depuis la valeur initiale u_0 jusqu'à la valeur de crête u_m à partir des tableaux IV. On utilise directement les temps t_1 , t_2 , t_3 et t_d . La tension u_1 du tableau IVc, qui est égale à la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle U_m n'est pas modifiée, mais la valeur de crête u_c de la TTR doit être réduite à la valeur u_m de telle façon que:

$$u_m/U_m = 1 + 0,4 I_L/I \quad (12)$$

comme l'indiquent le tableau AA1 et la figure AA2, page 257.

Les valeurs indiquées dans les tableaux IV correspondent au cas limite de $I_L/I = 1,0$:

$$u_c/U_m = 1,4 \quad (13)$$

La valeur de crête u_m de la tension transitoire du côté alimentation est également celle de la tension transitoire de rétablissement résultante, correspondant au défaut proche en ligne, à condition que l'oscillation de la tension de la ligne ait disparu au temps t_2 (ou t_3), ce qui est généralement le cas.

En service, la croissance initiale de la tension transitoire du côté alimentation correspondra à une courbe limitée par le segment de droite définissant le retard (voir paragraphe 4.102.2). La partie la plus importante de la tension transitoire de rétablissement résultante, lors d'un défaut proche en ligne, s'observe jusqu'à la première crête u_1^* de la tension transitoire côté ligne, qui est atteinte à l'instant t_L . Dans le calcul de la contribution u_s^* de la tension du côté alimentation à l'instant t_L , on ne commet qu'une erreur négligeable en ne tenant pas compte de la courbure et en supposant que la tension correspond au segment de droite passant par le retard t_d et parallèle au tracé de référence: voir les figures 10 et 11, pages 99 et 100.

AA5. Exemple de calcul

Caractéristiques assignées du disjoncteur:

$$U = 245 \text{ kV}; I = 31,5 \text{ kA}; f = 50 \text{ Hz}$$

Courant de défaut proche en ligne considéré:

$$I_L = 0,75 I = 23,6 \text{ kA}$$

Valeur de crête de la tension à fréquence industrielle à la terre (déduite de l'équation (5) ou de u_1 du tableau IVc):

$$U_m = 245 \sqrt{\frac{2}{3}} = 200 \text{ kV}$$

Tension initiale entre phase et terre u_0 (déduite de l'équation (6) ou de u_0/U_m du tableau AA1):

$$u_0 = 0,25 \cdot 200 = 50 \text{ kV}$$

Première crête de l'oscillation de la tension transitoire du côté ligne (déduite de l'équation (7) et du tableau V):

$$u_L^* = 1,6 \cdot 50 = 80 \text{ kV}$$

Temps t_L s'écoulant jusqu'à la première crête de la tension transitoire du côté ligne (déduit de l'équation (8) et du tableau V):

$$t_L = \frac{80}{0,2 \cdot 23,6} = \frac{80}{4,72} = 16,95 \text{ } \mu\text{s}$$

Longueur L de la ligne jusqu'au défaut (déduite de l'équation (10)):

$$L = \frac{0,3 \cdot 16,95}{2} = 2,54 \text{ km}$$

AA4. Transient voltage on source side

The course of the source-side transient voltage from the initial value u_o to the peak value u_m can be derived from Tables IV. The times t_1 , t_2 , t_3 and t_d given there can be used directly. The voltage u_1 in Table IVc equalling the power-frequency crest voltage U_m is not affected, but the TRV peak value u_c must be scaled down to the value u_m such that

$$u_m/U_m = 1 + 0.4 I_L/I \quad (12)$$

as given in Table AA1 and Figure AA2, page 257.

The values given in Tables IV correspond to the limit case of $I_L/I = 1.0$:

$$u_c/U_m = 1.4 \quad (13)$$

The peak value u_m of the source-side transient voltage is also that of the resulting transient recovery voltage for short-line faults provided the voltage oscillation on the line has fallen to zero by the time t_2 (or t_3), as is generally the case.

In service, the source-side transient voltage will commence to rise as a curve having as a boundary the delay line (see Sub-clause 4.102.2). The most important part of the resulting transient recovery voltage for short-line faults is up to the first peak value u_L^* of the transient voltage on the line side which is reached by the time t_L . For the calculation of the source-side contribution u_s^* at the time t_L , negligible error is introduced by ignoring the curvature, the voltage being deemed to follow the straight delay line running parallel to the reference line with time delay t_d , compare Figures 10 and 11, pages 99 and 100.

AA5. Example of calculation

Circuit-breaker ratings:

$$U = 245 \text{ kV}; I = 31.5 \text{ kA}; f = 50 \text{ Hz}$$

Short-line fault current considered:

$$I_L = 0.75 I = 23.6 \text{ kA}$$

Power-frequency crest voltage to earth (from equation (5) or u_1 in Table IVc):

$$U_m = 245 \sqrt{\frac{2}{3}} = 200 \text{ kV}$$

Initial voltage u_o to earth (from equation (6) or u_o/U_m in Table AA1):

$$u_o = 0.25 \cdot 200 = 50 \text{ kV}$$

First excursion of line-side transient voltage (from equation (7) and Table V):

$$u_L^* = 1.6 \cdot 50 = 80 \text{ kV}$$

Time t_L to the first peak value of the transient voltage on the line side (from equation (8) and Table V):

$$t_L = \frac{80}{0.2 \cdot 23.6} = \frac{80}{4.72} = 16.95 \text{ } \mu\text{s}$$

Length L of line to fault (from equation (10)):

$$L = \frac{0.3 \cdot 16.95}{2} = 2.54 \text{ km}$$

D'après les données ci-dessus et avec $t_{dL} = 0,5 \mu s$ (voir tableau V), on peut construire la tension transitoire initiale du côté ligne. Le temps jusqu'à la première crête est de $t_L + t_{dL}$ (voir figure AA1).

On tire du tableau IVc les temps t_1 , t_2 et t_d correspondant à la tension transitoire du côté alimentation:

$$t_1 = 100 \mu s; \quad t_2 = 300 \mu s; \quad t_d = 2 \mu s$$

Vitesse d'accroissement de la tension transitoire du côté alimentation:

$$\frac{200 - 50}{100} = 1,5 \text{ kV}/\mu s$$

Contribution de la tension du côté alimentation à l'instant $t_L + t_{dL}$:

$$u_s^* = (t_L + t_{dL} - t_d) 1,5 = (16,95 + 0,5 - 2) 1,5 = 23,2 \text{ kV}$$

(si $t_L < t_d$ on admet que la contribution de la tension du côté alimentation est constituée uniquement par la TTRI).

Contribution de la TTRI du côté alimentation (d'après le tableau III):

$$t_i = 0,6 \mu s; \quad u_i = 0,069 \cdot 23,6 = 1,63 \text{ kV}$$

La valeur de la crête de la tension transitoire du côté alimentation u_m est déduite de l'équation (12) ou du tableau AA1:

$$u_m = 1,30 \cdot 200 = 260 \text{ kV}$$

D'après les données ci-dessus, on peut construire la tension transitoire du côté alimentation et par conséquent déterminer, comme l'indique la figure AA1, la tension transitoire de rétablissement résultante présumée $u_s - u_L$ apparaissant aux bornes du disjoncteur. La valeur de u_T à l'instant $t_L + t_{dL}$ est:

$$u_T = u_L^* + u_s^* = 103,2 \text{ kV}$$

From the above data, and with $t_{dL} = 0.5 \mu s$ (see Table V), the initial line-side transient voltage can be constructed. The time to the first peak is $t_L + t_{dL}$. See Figure AA1.

The times t_1 , t_2 and t_d for the source-side transient voltage can be obtained from Table IVc:

$$t_1 = 100 \mu s; \quad t_2 = 300 \mu s; \quad t_d = 2 \mu s$$

Rate-of-rise of source-side transient voltage:

$$\frac{200 - 50}{100} = 1.5 \text{ kV}/\mu s$$

Voltage contribution from the source-side at time $t_L + t_{dL}$:

$$u_s^* = (t_L + t_{dL} - t_d) 1.5 = (16.95 + 0.5 - 2) 1.5 = 23.2 \text{ kV}$$

(if $t_L < t_d$ the source-side contribution is only ITRV).

ITRV contribution of the source-side (from Table III):

$$t_i = 0.6 \mu s; \quad u_i = 0.069 \cdot 23.6 = 1.63 \text{ kV}$$

Peak value u_m of the source-side transient voltage (from equation (12) or Table AA1):

$$u_m = 1.30 \cdot 200 = 260 \text{ kV}$$

From the above data, the source-side transient voltage can be constructed and thus the resulting prospective transient recovery voltage $u_s - u_L$ appearing across the circuit-breaker terminals can be evaluated as shown in Figure AA1. The value u_T at the time $t_L + t_{dL}$ is:

$$u_T = u_L^* + u_s^* = 103.2 \text{ kV}$$

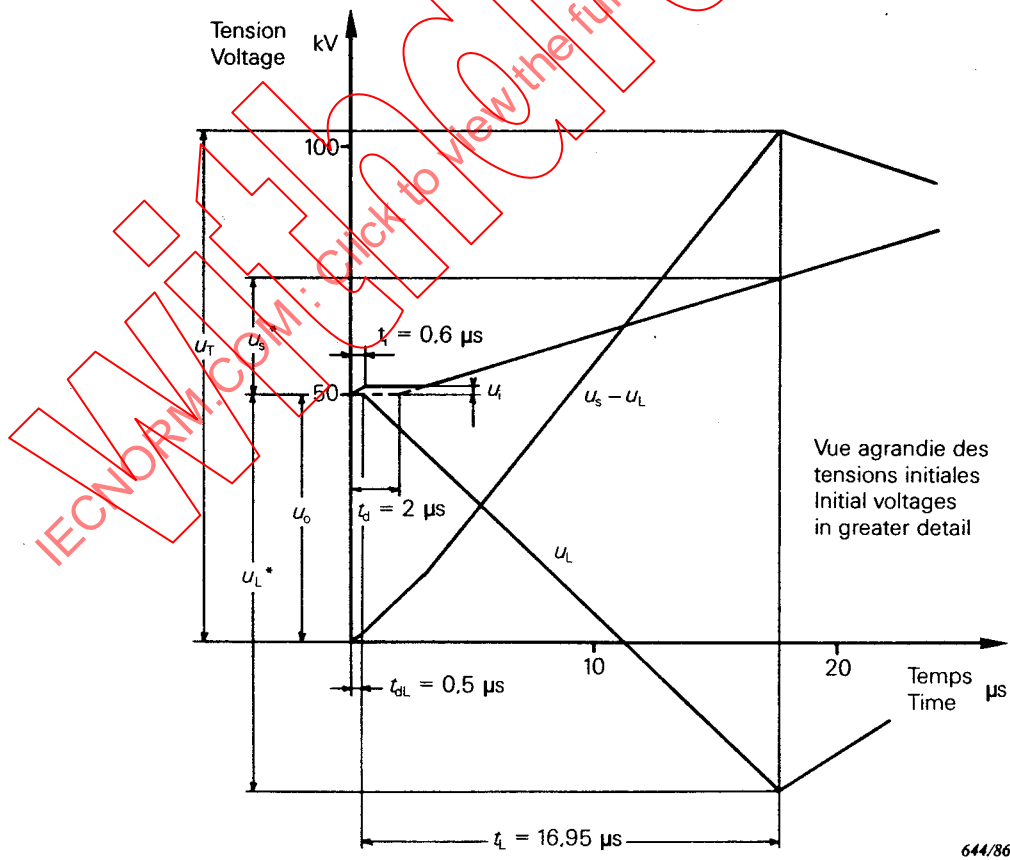
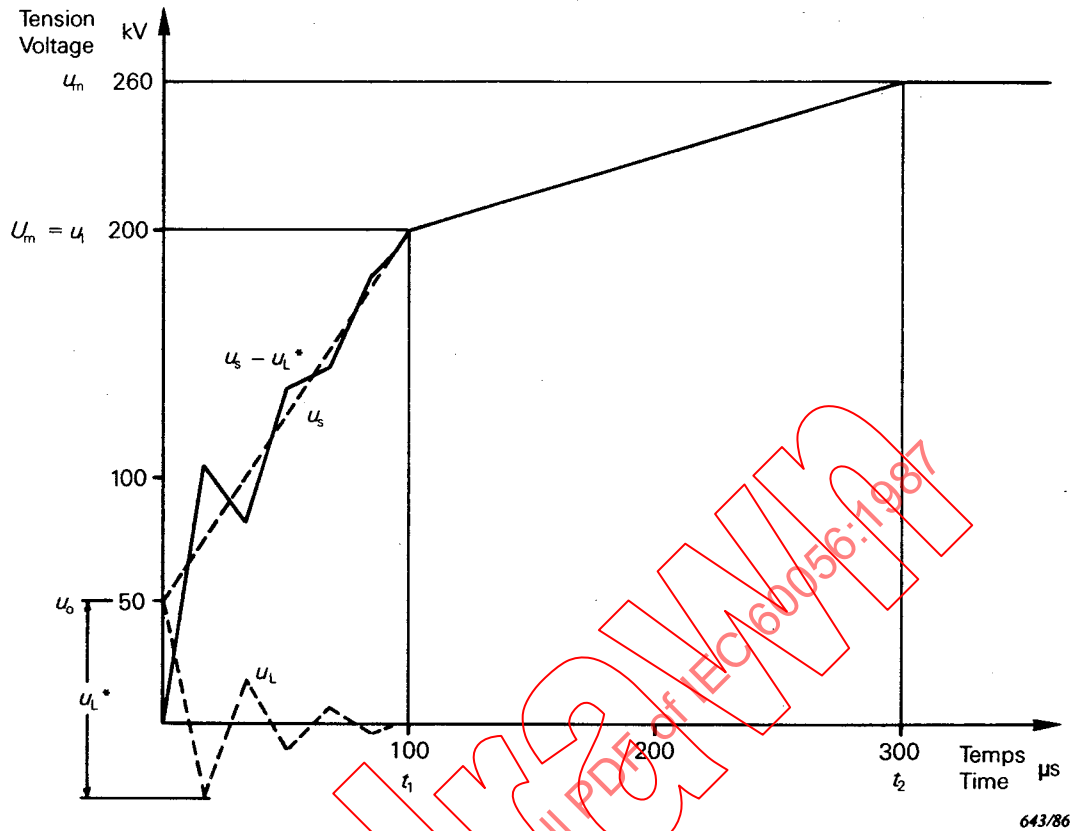
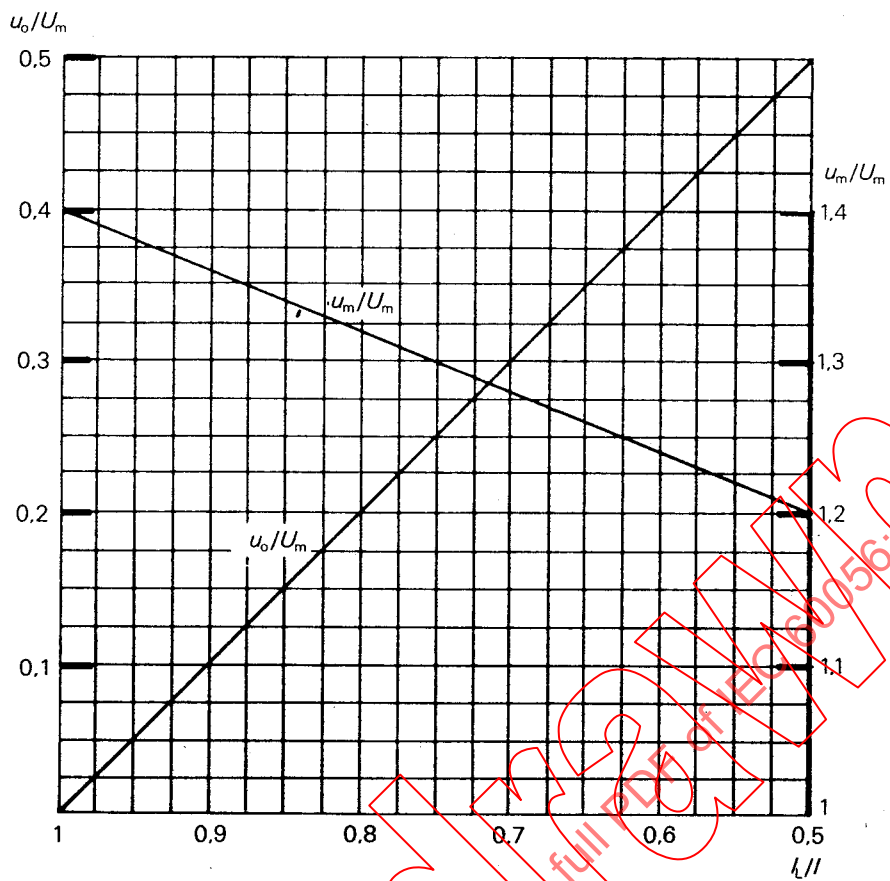


FIG. AA1. — Construction d'une TTR pour défaut proche en ligne.
Construction of TRV for short-line fault.



645/86

FIG. AA2. — Rapports u_o/U_m et u_m/U_m en fonction de I_L/I .
 Relation of u_o/U_m and u_m/U_m as a function of I_L/I .

ANNEXE BB

COURANTS D'APPEL DES BATTERIES DE CONDENSATEURS

La mise sous tension d'une batterie de condensateurs par fermeture d'un disjoncteur produit un courant d'appel qui est fonction de la tension appliquée, de la capacité du circuit, de la valeur et de l'implantation des inductances dans le circuit, de la charge des condensateurs à l'instant de la fermeture du circuit et de l'amortissement des phénomènes transitoires de manœuvre. Les calculs de courant d'appel sont faits habituellement avec l'hypothèse que la batterie de condensateurs n'a aucune charge initiale et que le circuit est fermé à l'instant qui entraîne le courant d'appel maximal.

Lors de l'enclenchement d'une batterie de condensateurs préchargée, le courant d'appel peut être plus élevé que lors de l'enclenchement d'une batterie non chargée. Une estimation du facteur d'accroissement du courant peut être obtenue par le rapport suivant:

$$\frac{\text{variation de tension sur une batterie préchargée lors de la mise sous tension}}{\text{variation de tension sur une batterie non chargée lors de la mise sous tension.}}$$

Il convient de noter que des disjoncteurs qui réamorcent peuvent aussi imposer des contraintes sévères sur les condensateurs.

Le courant d'appel peut être calculé en connaissant les impédances du réseau. La figure BB1, page 260, montre les trois différents cas de couplage d'une batterie de condensateurs quand zéro, un et n gradins respectivement sont déjà connectés au jeu de barres.

Normalement, les calculs simplifiés des figures BB1b) et c) sont acceptables.

Quand deux ou plusieurs batteries de condensateurs sont connectées très près les unes des autres, et que les inductances de liaison sont faibles, il peut être nécessaire, tant pour le condensateur que pour le disjoncteur, de réduire l'amplitude du courant d'appel en insérant des impédances en série avec les condensateurs.

APPENDIX BB

CAPACITOR BANK INRUSH CURRENTS

The energizing of a capacitor bank by closing a circuit-breaker produces an inrush current which is a function of the applied voltage, the capacitances of the circuit, the values and location of the inductances in the circuit, the charges on the capacitors at the time the circuit is closed and the damping of the switching transients. Calculations of inrush current are usually made on the assumption that the capacitor bank has no initial charge and that the circuit is closed at a time which produces the maximum inrush current.

When closing onto a pre-charged capacitor bank, the inrush current can be higher than when closing onto an uncharged capacitor bank. An estimate of the factor by which the current may be increased can be obtained from:

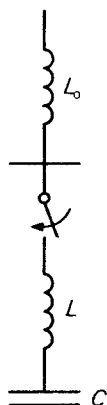
$$\frac{\text{Voltage change on pre-charged bank while being energized}}{\text{Voltage change on uncharged bank while being energized.}}$$

It should be noted that restriking circuit-breakers can also impose hazardous stresses on capacitors.

The inrush current can be calculated knowing the network impedances. Figure BB1, page 261, shows the three different cases of connection of a capacitor bank when zero, one and n banks respectively are already connected to the busbar.

Normally the simplified calculations in Figures BB1b) and c) are acceptable.

When two or more capacitor banks are connected close to each other and the inductances between them are small, it may be necessary both from capacitor and circuit-breaker point of view to reduce the inrush current by inserting impedances in series with the capacitors.



a) Couplage d'une batterie unique

$$i = U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C}{L_0 + L}} \approx U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C}{L_0}}$$

$$L_0 \gg L$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C(L_0 + L)}} \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{C L_0}}$$

b) Couplage quand une batterie est déjà connectée

$$i = U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C_1 C}{(C_1 + C)} \cdot \frac{1}{(L_1 + L)}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{C_1 C}{(C_1 + C)} \cdot (L_1 + L)}}$$

$$S = \frac{U}{L_1 + L} \sqrt{\frac{2}{3}}$$

c) Couplage quand n gradins de batteries sont déjà connectés

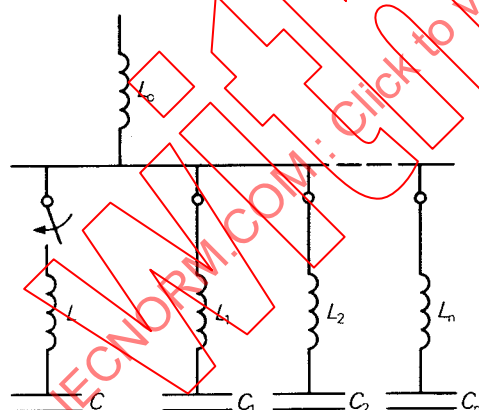
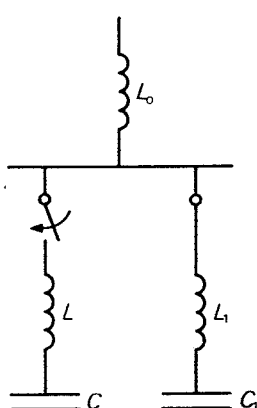
$$L' = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

$$C' = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

L' et C' remplacent L_1 et C_1 de la figure BB1b).

Le calcul est correct seulement si

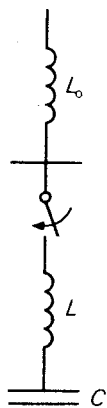
$L_1 C_1 = L_2 C_2 = \dots = L_n C_n$ et n'est qu'une approximation dans les autres cas.



U = tension du réseau
 i = valeur de crête du courant d'appel
 f = fréquence du courant d'appel
 S = vitesse d'accroissement du courant d'appel

L_0 = inductance de la source
 L = inductance en série avec le gradin de la batterie de condensateurs mis sous tension
 C = capacité du gradin de la batterie de condensateurs mis sous tension (équivalence en couplage étoile)
 $L_1, L_2 \dots L_n$ = inductances en série avec les batteries de condensateurs (gradins) sur le côté source
 $C_1, C_2 \dots C_n$ = capacités des batteries (équivalence en couplage étoile) sur le côté source

FIG. BB1. — Courants d'appel des batteries de condensateurs.

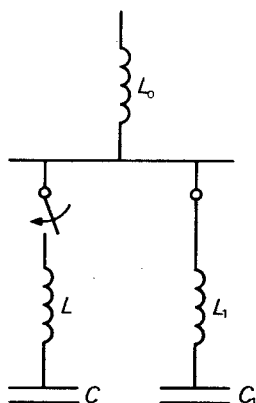


a) Connection of a single bank

$$i = U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C}{L_0 + L}} \approx U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C}{L_0}}$$

$$L_0 \gg L$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C(L_0 + L)}} \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{C L_0}}$$



b) Connection when one bank is already connected

$$i = U \sqrt{\frac{2}{3} \frac{C_1 C}{(C_1 + C)} \cdot \frac{1}{(L_1 + L)}}$$

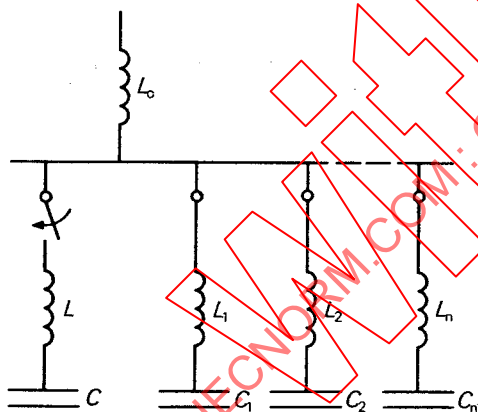
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{C_1 C}{(C_1 + C)} \cdot (L_1 + L)}}$$

$$S = \frac{U}{L_1 + L} \sqrt{\frac{2}{3}}$$

c) Connection when n banks are already connected

$$L' = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

$$C' = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



L' and C' substitute L_1 and C_1 in Figure BB1b. The calculation is correct if $L_1 C_1 = L_2 C_2 = \dots = L_n C_n$ and is an approximation in other cases.

646/86

U = system voltage
 i = inrush current peak
 f = inrush current frequency
 S = inrush current rate-of-rise

L_0 = source inductance
 L = inductance in series with switched capacitor bank

C = capacitance of switched capacitor bank (equivalent star value)

$L_1, L_2 \dots L_n$ = inductances in series with capacitor banks on source side

$C_1, C_2 \dots C_n$ = bank capacitances (equivalent star values) on source side

FIG. BB1. — Capacitor bank inrush currents.

ANNEXE CC

ENREGISTREMENT ET COMPTES RENDUS DES ESSAIS DE TYPE CONCERNANT LE FONCTIONNEMENT EN FERMETURE, COUPURE ET PASSAGE DE COURANT DE COURTE DURÉE

CC1. Renseignements et résultats à mentionner

Tous renseignements utiles et résultats concernant les essais de fermeture, de coupure et de passage de courant de courte durée doivent être contenus dans le compte rendu d'essais de type.

Des enregistrements oscillographiques, conformément aux prescriptions de l'article CC2, doivent être faits pour toutes les manœuvres en court-circuit et doivent être inclus dans le compte rendu d'essais de type.

Pour chaque mesurage au moyen d'un oscillographe et des dispositifs associés, la précision sur les grandeurs qui définissent les caractéristiques assignées (par exemple courant en court-circuit, tension appliquée et tension de rétablissement) doit être comprise entre $\pm 5\%$.

Des photographies sont prises pour illustrer l'état du disjoncteur avant et après les séries d'essais.

Le compte rendu d'essais de type doit préciser comment s'est comporté le disjoncteur pendant chaque séquence d'essais, l'état du disjoncteur après chaque séquence d'essais, dans la mesure où un examen est effectué à ce stade, et à la fin des séries de séquences d'essais. Ce relevé doit comprendre les points suivants:

- a) état du disjoncteur donnant le détail de tous les remplacements et réglages faits, ainsi que l'état des contacts, des dispositifs de contrôle d'arc, de l'huile (y compris la quantité perdue) et l'indication de toutes détériorations aux pare-flammes, enveloppes, supports isolants et traversées;
- b) description du fonctionnement durant la séquence d'essais y compris les remarques concernant l'émission d'huile, de gaz ou de flammes.

CC2. Renseignements à fournir dans les comptes rendus

CC2.1 Généralités

- a) date des essais;
- b) référence ou numéro du compte rendu;
- c) numéros des essais;
- d) numéros des oscillogrammes.

CC2.2 Appareils essayés

- a) type ou numéro de série;
- b) description (par le constructeur), y compris le nombre de pôles;
- c) constructeur;
- d) numéros des photographies;
- e) numéros des dessins.

APPENDIX CC

RECORDS AND REPORTS OF TYPE TESTS FOR MAKING, BREAKING
AND SHORT-TIME CURRENT PERFORMANCE**CC1. Information and results to be recorded**

All relevant information and results of making, breaking and short-time current tests shall be included in the type-test report.

Oscillographic records in accordance with Clause CC2 shall be made of all short-circuit operations and included in the type-test report.

The accuracy of each measurement by oscillograph, including associated equipment, of the quantities which determine the ratings (e.g. short-circuit current, applied voltage and recovery voltage) shall be within $\pm 5\%$.

Photographs should be taken to illustrate the condition of the circuit-breaker before and after the series of tests.

The type-test report shall include a statement of the performance of the circuit-breaker during each test-duty and of the condition of the circuit-breaker after each test-duty, in so far as an examination is made, and at the end of the series of test-duties. The statement shall include the following particulars:

- a) condition of circuit-breaker giving details of any replacements or adjustments made and condition of contacts, arc control devices, oil (including any quantity lost), statement of any damage to arc shields, enclosures, insulators and bushings;
- b) description of performance during test-duty, including observations regarding emission of oil, gas or flame.

CC2. Information to be included in reports**CC2.1 General**

- a) date of tests;
- b) reference of report number;
- c) test numbers;
- d) oscillogram numbers.

CC2.2 Apparatus tested

- a) type or list number;
- b) description (by the manufacturer), including number of poles;
- c) manufacturer;
- d) photograph numbers;
- e) drawing numbers.

CC2.3 *Caractéristiques assignées par le constructeur*

- a) tension, en kilovolts;
- b) courant en service continu, en ampères;
- c) fréquence, en hertz;
- d) pouvoir de coupure en court-circuit:
 - i) valeur efficace de la composante périodique du courant, en kiloampères,
 - ii) pourcentage de composante apériodique;
- e) durée minimale d'ouverture, en millisecondes;
- f) tension transitoire de rétablissement: valeur de crête, en kilovolts, et vitesse d'accroissement, en kilovolts par microseconde;
- g) impédance d'onde, en ohms, pour le défaut en ligne et facteur de crête;
- h) pouvoir de fermeture en court-circuit (valeur de crête), en kiloampères;
- i) pouvoir de coupure en discordance de phases, en kiloampères;
- j) durée de court-circuit, en secondes;
- k) séquence de manœuvres;
- l) pouvoir de coupure de lignes à vide, en ampères;
- m) pouvoir de coupure de câbles à vide, en ampères;
- n) pouvoir de coupure et de fermeture de batteries de condensateurs, en ampères;
- o) pouvoir de coupure de faibles courants inductifs, en ampères;
- p) tensions d'alimentation, en volts:
 - i) dispositif de fermeture,
 - ii) dispositif d'ouverture;
- q) limites de fonctionnement pour alimentation en gaz comprimé, en mégapascals (ou bars).

CC2.4 *Conditions de l'essai (pour chaque série d'essais)*

- a) nombre de pôles;
- b) facteur de puissance;
- c) fréquence, en hertz;
- d) neutre du générateur (mis à la terre ou isolé);
- e) neutre du transformateur (mis à la terre ou isolé);
- f) point où est fait le court-circuit ou neutre du côté charge (mis à la terre ou isolé);
- g) schéma du circuit d'essai y compris la ou les liaisons à la terre.

CC2.5 *Essais de coupure et d'établissement en court-circuit*

- a) séquence d'opérations et intervalles de temps;
- b) tension appliquée, en kilovolts;
- c) courant établi (valeur de crête), en kiloampères;
- d) courant coupé:
 - i) valeur efficace de la composante périodique, en kiloampères, pour chaque phase et moyenne,
 - ii) pourcentage de composante apériodique;
- e) tension de rétablissement à fréquence industrielle, en kilovolts;
- f) tension transitoire de rétablissement présumée:
 - i) conforme à la prescription a) du paragraphe 6.104.5.1; les tensions et les temps peuvent être indiqués;

CC2.3 Rating assigned by manufacturer

- a) voltage, in kilovolts;
- b) normal current, in amperes;
- c) frequency, in hertz;
- d) short-circuit breaking current:
 - i) r.m.s. value of the a.c. component of current, in kiloamperes,
 - ii) percentage d.c. component;
- e) minimum opening time, in milliseconds;
- f) transient recovery voltage: peak value, in kilovolts, and rate-of-rise, in kilovolts per micro-second;
- g) short-line fault surge impedance, in ohms, and peak factor;
- h) short-circuit (peak) making current, in kiloamperes;
- i) out-of-phase breaking-current, in kiloamperes;
- j) duration of short-circuit, in seconds;
- k) operating sequence;
- l) line-charging breaking current, in amperes;
- m) cable-charging breaking current, in amperes;
- n) capacitor bank breaking (and making) current, in amperes;
- o) small inductive breaking current, in amperes;
- p) supply voltages, in volts:
 - i) closing device
 - ii) opening device
- q) operating gas pressure range, in megapascals (or bars).

CC2.4 Test conditions (for each series of tests)

- a) number of poles;
- b) power factor;
- c) frequency, in hertz;
- d) generator neutral (earthed or isolated);
- e) transformer neutral (earthed or isolated);
- f) short-circuit point or load side neutral (earthed or isolated);
- g) diagram of test circuit including connection(s) to earth.

CC2.5 Short-circuit breaking and making tests

- a) operating sequence and time intervals;
- b) applied voltage, in kilovolts;
- c) making current (peak value), in kiloamperes;
- d) breaking current:
 - i) r.m.s. value of a.c. component in kiloamperes for each phase and average,
 - ii) percentage d.c. component;
- e) power frequency recovery voltage, in kilovolts;
- f) prospective transient recovery voltage;
 - i) compliance with requirement a) of Sub-clause 6.104.5.1; voltage and time co-ordinates may be quoted;