

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 56-2

Troisième édition — Third edition

1971

Modifiée selon :

Modification N° 1, 1972

Modification N° 2, 1975

Modification N° 3, 1977

Amended in accordance with :

Amendment No. 1, 1972

Amendment No. 2, 1975

Amendment No. 3, 1977

Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension

Deuxième partie : Caractéristiques nominales

High-voltage alternating-current circuit-breakers

Part 2: Rating



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

ECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60056-2:1971+AMD1:1972+AMD2:1975+AMD3:1977 C9

Withdwn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 56-2

Troisième édition — Third edition

1971

Modifiée selon :

Modification N° 1, 1972

Modification N° 2, 1975

Modification N° 3, 1977

Amended in accordance with :

Amendment No. 1, 1972

Amendment No. 2, 1975

Amendment No. 3, 1977

Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension

Deuxième partie : Caractéristiques nominales

High-voltage alternating-current circuit-breakers

Part 2: Rating



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Caractéristiques nominales	8
2. Tension nominale	10
3. Niveau d'isolement nominal	10
4. Fréquence nominale	16
5. Courant nominal en service continu	18
6. Pouvoir de coupure nominal en court-circuit	18
7. Tension transitoire de rétablissement nominale pour les défauts aux bornes	22
8. Caractéristiques nominales pour les défauts en ligne	30
9. Pouvoir de fermeture nominal en court-circuit	34
10. Durée admissible nominale du courant de court-circuit	34
11. Séquence de manœuvres nominale	36
12. Pouvoir de coupure nominal en discordance de phases	36
13. Pouvoir de coupure nominal de lignes à vide	36
14. Pouvoir de coupure nominal de câbles à vide	38
15. Pouvoir de coupure nominal de condensateurs (uniques)	40
16. Pouvoir de coupure nominal des faibles courants inductifs	40
17. Tensions nominales d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture	40
18. Tensions nominales d'alimentation des circuits auxiliaires	42
19. Fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	42
20. Pression nominale d'alimentation des gaz comprimés pour les manœuvres ou la coupure	42
21. Coordination des valeurs nominales	44
ANNEXE A — Calcul des tensions transitoires de rétablissement spécifiées pour les défauts en ligne à partir des caractéristiques nominales	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Rated characteristics	9
2. Rated voltage	11
3. Rated insulation level	11
4. Rated frequency	17
5. Rated normal current	19
6. Rated short-circuit breaking current	19
7. Rated transient recovery voltage for terminal faults	23
8. Rated characteristics for short-line faults	31
9. Rated short-circuit making current	35
10. Rated duration of short-circuit	35
11. Rated operating sequence	37
12. Rated out-of-phase breaking current	37
13. Rated line-charging breaking current	37
14. Rated cable-charging breaking current	39
15. Rated (single) capacitor breaking current	41
16. Rated small inductive breaking current	41
17. Rated supply voltages of closing and opening devices	41
18. Rated supply voltages of auxiliary circuits	43
19. Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	43
20. Rated pressure of compressed gas supply for operation or interruption	43
21. Co-ordination of rated values	43
APPENDIX A — Calculation of specified transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISJONCTEURS A COURANT ALTERNATIF A HAUTE TENSION

Deuxième partie : Caractéristiques nominales

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

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

Un premier projet fut discuté lors des réunions tenues à Paris en 1967 et à Arnhem en 1968. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1969.

Cette publication fait partie de la révision de la Publication 56 de la CEI et constitue la Deuxième partie: Caractéristiques nominales.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Iran
Allemagne	Israël
Australie	Italie
Belgique	Norvège
Canada	Pays-Bas
Danemark	Roumanie
Etats-Unis	Suède
d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Yougoslavie

Le Comité national britannique a voté négativement parce qu'il estime que les valeurs des tensions de tenue à fréquence industrielle de la colonne 3 du tableau I sont trop élevées. Les valeurs indiquées sont celles de la liste 2 du tableau I de la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement (quatrième édition, 1967). Le Comité d'Etudes N° 28: Coordination de l'isolement, a, lors de sa réunion de Melbourne en 1969, discuté une révision de ce tableau. Il a admis de supprimer la liste 2 et, dans la liste 1 qui subsiste, de réduire respectivement à 10 kV et à 20 kV les valeurs de 16 kV et 22 kV correspondant aux tensions nominales 3,6 kV et 7,2 kV.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

Part 2: Rating

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

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

A first draft was discussed at the meeting held in Paris in 1967 and in Arnhem in 1968. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1969.

This publication forms part of the revision of IEC Publication 56 and constitutes Part 2: Rating.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Italy
Belgium	Netherlands
Canada	Norway
Czechoslovakia	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	United States
Iran	of America
Israel	Yugoslavia

The British National Committee recorded a negative vote because it is of the opinion that the values of power frequency withstand voltages in column 3 of Table I are excessive. The values given are the values of List 2 in Table I of IEC Publication 71, Insulation Co-ordination, (fourth edition: 1967). IEC Technical Committee No. 28, Insulation Co-ordination, at its meeting in Melbourne in 1969, discussed a revision of this table. It agreed that List 2 should be eliminated and that in the remaining List 1 the values of 16 kV and 22 kV applying to rated voltages of 3.6 kV and 7.2 kV are to be reduced to 10 kV and 20 kV respectively.

Un projet concernant l'annexe A fut discuté lors des réunions tenues à Arnhem en 1968 et à Stockholm en 1969. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1970.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Belgique	Norvège
Canada	Pays-Bas
Corée (République	Pologne
Démocratique et Populaire de)	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Turquie
Iran	Yougoslavie

La Publication 56 a été divisée en six parties qui sont publiées en fascicules séparés:

Publication 56-1: Première partie: Généralités et définitions.

Publication 56-2: Deuxième partie: Caractéristiques nominales.

Publication 56-3: Troisième partie: Conception et construction.

Publication 56-4: Quatrième partie: Essais de type et essais individuels.

Publication 56-5: Cinquième partie: Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service.

Publication 56-6: Sixième partie: Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes et règles pour le transport, l'installation et l'entretien.

La présente publication comprend la troisième édition (1971), la Modification n° 1 (1972), la Modification n° 2 (1975) et la Modification n° 3 (1977).

A draft concerning Appendix A was discussed at the meetings held in Arnhem in 1968 and in Stockholm in 1969. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Poland
Denmark	Romania
Finland	South Africa
France	Sweden
Germany	Switzerland
Iran	Turkey
Israel	United Kingdom
Italy	United States
Japan	of America
Korea (Democratic People's Republic of)	Yugoslavia

Publication 56 has been divided into the following six parts which are published as separate booklets:

Publication 56-1: Part 1, General and Definitions.

Publication 56-2: Part 2, Rating.

Publication 56-3: Part 3, Design and Construction.

Publication 56-4: Part 4, Type Tests and Routine Tests.

Publication 56-5: Part 5, Rules for the Selection of Circuit-breakers for Service.

Publication 56-6: Part 6, Information to be Given with Enquiries, Tenders and Orders and Rules for Transport, Erection and Maintenance.

This publication is formed by the third edition (1971), Amendment No. 1 (1972), Amendment No. 2 (1975) and Amendment No. 3 (1977).

DISJONCTEURS A COURANT ALTERNATIF A HAUTE TENSION

Deuxième partie : Caractéristiques nominales

1. Caractéristiques nominales

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 nominales, sont les suivantes:

1.1 Caractéristiques nominales à indiquer pour tous les disjoncteurs

- a) Tension nominale.
- b) Niveau d'isolement nominal.
- c) Fréquence nominale.
- d) Courant nominal en service continu.
- e) Pouvoir de coupure nominal en court-circuit.
- f) Tension transitoire de rétablissement nominale dans le cas de défauts aux bornes.
- g) Pouvoir de fermeture nominal en court-circuit.
- h) Séquence de manœuvres nominale.

1.2 Caractéristiques nominales à indiquer dans les cas spécifiés ci-dessous

- a) Caractéristiques nominales dans le cas de défaut en ligne, pour les disjoncteurs tripolaires prévus pour être reliés directement à des lignes aériennes de transport de tension nominale égale ou supérieure à 52 kV et de pouvoir de coupure nominal en court-circuit supérieur à 12,5 kA.
- b) Durée admissible nominale du courant de court-circuit pour les disjoncteurs qui ne sont pas munis de déclencheurs directs à maximum de courant.
- c) Pouvoir de coupure nominal de lignes à vide, pour les disjoncteurs tripolaires destinés à la mise en et hors-circuit des lignes aériennes de transport et de tension nominale égale ou supérieure à 72,5 kV.
- d) Tension nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, s'il en existe.
- e) Fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, s'il en existe.
- f) Pression nominale d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure, lorsque le disjoncteur utilise un tel gaz comprimé.

1.3 Caractéristiques nominales à indiquer sur demande

- a) Pouvoir de coupure nominal en discordance de phases.
- b) Pouvoir de coupure nominal de câbles à vide.
- c) Pouvoir de coupure nominal de condensateurs (uniques).
- d) Pouvoir de coupure nominal de faibles courants inductifs.
- e) Tension nominale d'alimentation des circuits auxiliaires.
- f) Fréquence nominale d'alimentation des circuits auxiliaires.

HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

Part 2: Rating

1. 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:

1.1 *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-circuit breaking current.
- f) Rated transient recovery voltage for terminal faults.
- g) Rated short-circuit making current.
- h) Rated operating sequence.

1.2 *Rated characteristics to be given in the specific cases indicated below*

- a) 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.
- b) Rated duration of short-circuit, for circuit-breakers not fitted with direct over-current release.
- c) Rated line-charging breaking current, for three-pole circuit-breakers intended for switching overhead transmission lines and rated at 72.5 kV and above.
- d) Rated supply voltage of closing and opening devices, where applicable.
- e) Rated supply frequency of closing and opening devices, where applicable.
- f) Rated pressure of compressed gas supply for operation and interruption, where applicable.

1.3 *Rated characteristics to be given on request*

- a) Rated out-of-phase breaking current.
- b) Rated cable-charging breaking current.
- c) Rated (single) capacitor breaking current.
- d) Rated small inductive breaking current.
- e) Rated supply voltage of auxiliary circuits.
- f) Rated supply frequency of auxiliary circuits.

2. Tension nominale

La tension nominale d'un disjoncteur correspond à la limite supérieure de la tension la plus élevée des réseaux pour lesquels le disjoncteur est prévu (voir Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI).

La tension nominale d'un disjoncteur tripolaire doit être choisie dans la liste des caractéristiques nominales normales indiquées ci-dessous:

2.1 Pour les tensions nominales inférieures ou égales à 72,5 kV

Série I: 3,6; 7,2; 12; 17,5; 24; 36; 52; 72,5.

Série II: 4,76; 8,25; 15,0; 15,5; 25,8; 38; 48,3; 72,5.

Série I: 50 Hz et 60 Hz.

Série II: 60 Hz basée sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada.

2.2 Pour les tensions nominales supérieures à 72,5 kV

100; 123; 145; 170; 245; 300; 362; 420; 525; 765.

Note. — Dans la pratique nord-américaine, la valeur 550 kV est préférée à 525 kV.

3. Niveau d'isolement nominal

Le niveau d'isolement nominal d'un disjoncteur doit être choisi parmi les valeurs indiquées dans les tableaux suivants: I, II, III et IV. Les valeurs de la tension de tenue des tableaux I, II, III et IV correspondent aux conditions atmosphériques normales de référence (température, pression et humidité) spécifiées dans la Publication 60-1, paragraphe 10-2.

3.1 Tensions nominales jusqu'à 72,5 kV inclus

Deux séries figurent dans les tableaux I et II: la série I (tableau I) est basée sur la pratique de la plupart des pays d'Europe et de plusieurs autres pays. La série II (tableau II) est basée principalement sur la pratique des Etats-Unis d'Amérique et du Canada.

TABLEAU I

Série I (basée sur la pratique de la plupart des pays d'Europe et de plusieurs autres pays)

Tension nominale U kV (val. efficace)	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre		Tension de tenue nominale à fréquence industrielle durant une minute kV (valeur efficace)
	Liste 1 kV (val. de crête)	Liste 2 kV (val. de crête)	
(1)	(2)	(3)	(4)
3,6	20	40	10
7,2	40	60	20
12	60	75	28
17,5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70
52	250	250	95
72,5	325	325	140

2. Rated voltage

The rated voltage of a circuit-breaker indicates the upper limit of the highest voltage of systems for which the circuit-breaker is intended (see IEC Publication 38, IEC Standard Voltages).

The rated voltage of a three-pole circuit-breaker shall be selected from the list of standard values given below:

2.1 For rated voltages of 72.5 kV and below

Series I: 3.6; 7.2; 12; 17.5; 24; 36; 52; 72.5.

Series II: 4.76; 8.25; 15.0; 15.5; 25.8; 38; 48.3; 72.5.

Series I: 50 Hz and 60 Hz.

Series II: 60 Hz based on current practice in the United States of America and Canada.

2.2 For rated voltages above 72.5 kV

100; 123; 145; 170; 245; 300; 362; 420; 525; 765.

Note. — In North-American practice 550 kV rather than 525 kV is a preferred value.

3. Rated insulation level

The rated insulation level of a circuit-breaker shall be selected from the values given in the following Tables I, II, III and IV. The withstand voltage values in Tables I, II, III and IV apply at the standard reference atmosphere (temperature, pressure and humidity) specified in Publication 60-1, Sub-clause 10-2.

3.1 Rated voltages up to and including 72.5 kV

In Tables I and II, two series are given. Series I (Table I) is based on practice in most European and several other countries. Series II (Table II) is mainly based on practices in the U.S.A. and Canada.

TABLE I

Series I (based on current practice in most European and several other countries)

Rated voltage U kV (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage		Rated one minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)
	List 1 kV (peak)	List 2 kV (peak)	
(1)	(2)	(3)	(4)
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12	60	75	28
17.5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70
52	250	250	95
72.5	325	325	140

Il est recommandé de choisir entre la liste 1 et la liste 2 en considérant le degré d'exposition aux surtensions de foudre et de manœuvre, le mode de mise à la terre du neutre du réseau et éventuellement le type d'appareils de protection contre les surtensions.

Le matériel répondant à la liste 1 convient à des installations telles qu'indiqué ci-dessous:

1. Dans les réseaux et dans les installations industrielles non reliés à des lignes aériennes:
 - a) dont le neutre est mis à la terre soit directement, soit par une impédance de valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Des dispositifs de protection contre les surtensions, tels que des parafoudres, ne sont généralement pas nécessaires;
 - b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et lorsqu'une protection convenable contre les surtensions est prévue dans des réseaux particuliers, par exemple un réseau étendu de câbles où des parafoudres aptes à décharger la capacité des câbles peuvent être nécessaires.
2. Dans les réseaux et dans les installations industrielles alimentés par lignes aériennes uniquement par l'intermédiaire de transformateurs pour lesquels il existe des câbles ou des capacités additionnelles d'au moins $0,05 \mu\text{F}$ par phase connectés entre les bornes secondaires du transformateur et la terre, côté transformateur par rapport à l'appareil de coupure, et aussi près que possible des bornes du transformateur.

Ceci couvre le cas des réseaux:

- a) dont le neutre est mis à la terre soit directement soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Une protection contre les surtensions au moyen de parafoudres peut être désirable;
- b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres.

TABLEAU II

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

Tension nominale U kV (val. efficace)	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre kV (val. de crête)	Tension de tenue nominale à fréquence industrielle durant une minute kV (valeur efficace)
(1)	(2)	(3)
4,76	60	19
8,25	95	36
15	95	36
15,5	110	50
25,8	150	60
38	200	80
48,3	250	105
72,5	350	160

The choice between Lists 1 and 2 should be made by considering the degree of exposure to lightning and switching overvoltages, the type of system neutral earthing and, where applicable, the type of overvoltage protective device.

Equipment designed to List 1 is suitable for installations such as the following:

1. In systems and industrial installations not connected to overhead lines:
 - a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil. Surge protective devices, such as surge diverters, are generally not required;
 - b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and adequate overvoltage protection is provided in special systems, e.g. an extensive cable network where surge diverters capable of discharging the cable capacitance may be required.
2. In systems and industrial installations connected to overhead lines only through transformers where cables or additional capacitors of at least $0.05 \mu\text{F}$ per phase are connected between the transformer lower-voltage terminals and earth, on the transformer side of the switchgear and as close as possible to the transformer terminals.

This covers the cases:

- a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil. Overvoltage protection by means of surge diverters may be desirable;
- b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

TABLE II

Series II (based on current practice in the U.S.A. and Canada, for 60 Hz only)

Rated voltage U kV (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)	Rated one minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)
(1)	(2)	(3)
4.76	60	19
8.25	95	36
15	95	36
15.5	110	50
25.8	150	60
38	200	80
48.3	250	105
72.5	350	160

3. Dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés directement à des lignes aériennes:

- a) dont le neutre est mis à la terre soit directement soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction et sur lesquels existe une protection convenable contre les surtensions, soit par éclateurs, soit par parafoudres, adaptée à la probabilité de l'amplitude et de la fréquence des surtensions;
- b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres.

Dans tous les autres cas, ou lorsqu'on exige un très haut degré de sécurité, le matériel répondant à la liste 2 doit être utilisé.

3.2 Tensions nominales comprises entre 100 et 245 kV

Les tensions doivent être choisies à partir des valeurs du tableau III et en adoptant des valeurs de tensions de tenue aux chocs de foudre et des tensions de tenue à fréquence industrielle situées sur la même ligne.

Pour le choix entre les variantes correspondant à une même tension nominale, voir la Publication 71 de la CEI.

TABLEAU III

Tension nominale <i>U</i> kV (valeur efficace)	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre kV (valeur de crête)	Tension de tenue nominale à fréquence industrielle durant une minute kV (valeur efficace)
(1)	(2)	(3)
100	380 450	150 185
123	450 550	185 230
145	550 650	230 275
170	650 750	275 325
245	850 950 1 050	360 395 460

3.3 Tensions nominales égales ou supérieures à 300 kV

Les tensions doivent être choisies à partir des valeurs du tableau IV et en adoptant des valeurs de tensions de tenue aux chocs de foudre et des tensions de tenue aux chocs de manœuvre situées sur la même ligne.

Pour le choix entre les variantes correspondant à une même tension nominale, voir la Publication 71 de la CEI.

3. In systems and industrial installations connected directly to overhead lines:

- a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by spark gaps or surge diverters is provided depending on the probability of overvoltage amplitude and frequency;
- b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

In all other cases, or where a very high degree of security is required, equipment designed to List 2 has to be used.

3.2 *Rated voltages from 100 kV to 245 kV*

The voltages shall be selected from values given in Table III using the lightning impulse withstand voltage and the power-frequency withstand voltage value of the same line.

For the choice between the alternative values for the same rated voltage, see IEC Publication 71.

TABLE III

Rated voltage <i>U</i> kV (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)	Rated one minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)
(1)	(2)	(3)
100	380 450	150 185
123	450 550	185 230
145	550 650	230 275
170	650 750	275 325
245	850 950 1 050	360 395 460

3.3 *Rated voltages 300 kV and above*

The voltages shall be selected from values of Table IV using the lightning impulse withstand voltage and the switching impulse withstand voltage value of the same line.

For the choice between the alternative values for the same rated voltage, see IEC Publication 71.

TABLEAU IV

Tension nominale U kV (valeur efficace)	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre kV (valeur de crête)	Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre kV (valeur de crête)	
		A la terre	Aux bornes du disjoncteur ouvert
(1)	(2)	(3)	(4)
300	950 1 050	750 850	850
362	1 050 1 175	850 950	950
420	1 300 1 425	950 1 050	1 050
525	1 425 1 550	1 050 1 175	1 175
765	1 800 2 100	1 300 1 425	1 550

4. Fréquence nominale

La fréquence nominale d'un disjoncteur est la fréquence de service pour laquelle le disjoncteur est établi et à laquelle correspondent les autres valeurs caractéristiques nominales.

Il est recommandé de choisir l'une des deux valeurs 50 Hz ou 60 Hz pour la fréquence nominale des disjoncteurs tripolaires.

TABLE IV

Rated voltage U kV (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)	Rated switching impulse withstand voltage kV (peak)	
		to earth	across the open circuit-breaker
(1)	(2)	(3)	(4)
300	950 1 050	750 850	850
362	1 050 1 175	850 950	950
420	1 300 1 425	950 1 050	1 050
525	1 425 1 550	1 050 1 175	1 175
765	1 800 2 100	1 300 1 425	1 550

4. Rated frequency

The rated frequency of a circuit-breaker is the power frequency for which the circuit-breaker is designed and to which the other rated characteristics correspond.

It is recommended that the rated frequency for three-pole circuit-breakers shall be either 50 Hz or 60 Hz.

5. Courant nominal en service continu

Le courant nominal en service continu d'un disjoncteur est la valeur efficace du courant qu'il doit être capable de supporter de façon continue sans détérioration à la fréquence nominale sans que l'échauffement de ses différentes parties excède les valeurs spécifiées dans le tableau V, page 20.

Les valeurs des courants nominaux en service continu sont choisies parmi les valeurs normales suivantes:

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

Note. — Les valeurs ci-dessus ont été choisies dans la série R.10 et si des valeurs supérieures sont nécessaires, elles devront être 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 nominal 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 nominale, sans que l'échauffement de ses différentes parties excède les valeurs spécifiées dans le tableau V.

Les transformateurs de courant devront répondre aux règles de la Publication 185 de la CEI: Transformateurs de courant (section deux, article 4).

6. Pouvoir de coupure nominal en court-circuit

Le pouvoir de coupure nominal en court-circuit est le courant de court-circuit le plus élevé que le disjoncteur doit être capable d'interrompre dans les conditions d'emploi et de fonctionnement fixées dans la présente recommandation, dans un circuit dont la tension de rétablissement à fréquence industrielle correspond à la tension nominale du disjoncteur et dont la tension transitoire de rétablissement est égale à la valeur nominale spécifiée à l'article 7. Lorsqu'elles s'appliquent, on tiendra compte des spécifications de l'article 8 concernant les défauts en ligne.

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

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

Les composantes périodique et apériodique sont déterminées d'après la figure 1, page 54.

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

Un disjoncteur normal répond aux caractéristiques suivantes:

- i) Pour les tensions inférieures à la tension nominale, le disjoncteur devra pouvoir couper son pouvoir de coupure nominal en court-circuit.

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

- ii) Pour les tensions supérieures à la tension nominale, aucun pouvoir de coupure n'est garanti sauf dans le cas prévu à l'article 12.

5. Rated normal current

The rated normal current of a circuit-breaker is the r.m.s. value of the current which the circuit-breaker shall be able to carry continuously without deterioration at its rated frequency with the temperature rises of the various parts not exceeding the values specified in Table V, page 21.

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

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

Current transformers shall comply with IEC Publication 185. Current Transformers (Section Two, Clause 4).

6. 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 recommendation 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 Clause 7. Where applicable, the provisions of Clause 8 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.

For determination of the a.c. and d.c. components, see Figure 1, page 54.

The circuit-breaker shall be capable of breaking any short-circuit breaking 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:

- i) 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.

- ii) At voltages above the rated voltage, no breaking current will be guaranteed except to the extent provided for in Clause 12.

TABEAU V

Nature de la partie ou du liquide	Valeur maximale de:	
	La température °C	L'échauffement à une température de l'air ambiant n'excédant pas 40 °C deg C
1. Contacts en cuivre dans l'air: — recouverts d'argent (voir notes 1, 2 et 6) — non recouverts d'argent	105 75	65 35
2. Contacts en cuivre dans l'huile — recouverts d'argent (voir notes 2 et 6) — non recouverts d'argent	90 80	50 40
3. Bornes des disjoncteurs prévues pour raccordement à des conducteurs extérieurs au moyen de boulons ou d'écrous — recouvertes d'argent (voir notes 3 et 6) — non recouvertes d'argent	105 90	65 50
4. Parties en métal formant ressort	Voir note 4	Voir note 4
5. Parties en métal en contact avec des matériaux isolants des classes suivantes (voir note 5):		
Classe Y (pour les matériaux non imprégnés)	90	50
Classe A (pour les matériaux immergés dans l'huile ou imprégnés)	100	60
Classe E: dans l'air dans l'huile	120 100	80 60
Classe B: dans l'air dans l'huile	130 100	90 60
Classe F: dans l'air dans l'huile	155 100	115 60
Email: à base d'huile synthétique dans l'air synthétique dans l'huile	100 120 100	60 80 60
6. Toute pièce métallique ou en matériau isolant en contact avec l'huile à l'exception des contacts	100	60
7. Huile pour disjoncteurs à huile	90	50

Notes 1. — L'adoption de l'échauffement de 65 deg C implique que toutes les précautions nécessaires seront prises pour qu'aucun dommage ne soit causé aux matériaux isolants environnants.

2. — La qualité de l'argenture doit être telle qu'une couche d'argent subsiste aux points de contact:
a) après l'une quelconque des séquences d'essai en court-circuit;
b) après l'essai mécanique;
dans le cas contraire, le contact devra être considéré comme « non recouvert d'argent ».

3. — Ces valeurs de température et d'échauffement sont valables même si le conducteur relié aux bornes n'est pas recouvert d'argent.

4. — La température ne doit pas atteindre une valeur telle que l'élasticité du matériau soit diminuée. Pour le cuivre pur, ceci implique une température de 75 °C.

TABLE V

Nature of the part or of the liquid	Maximum value of:	
	Temperature °C	Temperature rise at an ambient air tempera- ture not exceeding 40 °C deg C
1. Copper contacts in air: — silver-faced (see Notes 1, 2 and 6) — not silver-faced	105 75	65 35
2. Copper contacts in oil: — silver-faced (see Notes 2 and 6) — not silver-faced	90 80	50 40
3. Terminals of circuit-breakers to be connected to external con- ductors by screws or bolts: — silver-faced (see Notes 3 and 6) — not silver-faced	105 90	65 50
4. Metal parts acting as springs	See Note 4	See Note 4
5. Metal parts in contact with insulation of the following classes (see Note 5):		
Class Y: (for non-impregnated materials)	90	50
Class A: (for materials immersed in oil or impregnated)	100	60
Class E: in air in oil	120 100	80 60
Class B: in air in oil	130 100	90 60
Class F: in air in oil	155 100	115 60
Enamel: oil base synthetic, in air synthetic, in oil	100 120 100	60 80 60
6. Any part of metal or of insulating material in contact with oil, except contacts	100	60
7. Oil for oil circuit-breakers	90	50

- Notes 1. — When applying the temperature rise of 65 deg C, care should be taken to ensure that no damage is caused to the surrounding insulating materials.
2. — The quality of the silver-facing shall be of such a kind that:
a) after any of the short-circuit test-duties;
b) after the mechanical test;
there is still a layer of silver at the contact points; otherwise, the contact shall be regarded as "not silver-faced".
3. — The values of temperature and temperature rise are valid whether or not the conductor connected to the terminals is silver-faced.
4. — The temperature must not reach a value where the elasticity of the material is impaired. For pure copper, this implies a temperature limit of 75 °C.

5. — On utilise les classes suivantes de matériaux isolants:

Classe Y: L'isolation comprend les matériaux ou associations de matériaux tels que coton, soie et papier sans imprégnation. D'autres matériaux ou associations de matériaux peuvent être compris dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'ils sont capables de fonctionner aux températures de la classe Y.

Classe A: L'isolation comprend les matériaux ou associations de matériaux tels que coton, soie et papier lorsqu'ils sont convenablement imprégnés ou lorsqu'ils sont immergés dans un liquide diélectrique tel que l'huile. D'autres matériaux ou associations de matériaux peuvent être compris dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus montrent qu'ils sont capables de fonctionner aux températures de la classe A.

Classe E: L'isolation comprend les matériaux ou associations de matériaux qui selon l'expérience ou des essais reconnus sont capables de fonctionner aux températures de la classe E.

Classe B: L'isolation comprend les matériaux ou associations de matériaux tels que mica, fibre de verre, amiante, etc., avec agglomérants convenables. D'autres matériaux ou associations de matériaux, qui ne sont pas obligatoirement inorganiques, peuvent être compris dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'ils sont capables de fonctionner aux températures de la classe B.

Classe F: L'isolation comprend les matériaux ou associations de matériaux tels que mica, fibre de verre, amiante, etc., avec agglomérants convenables ainsi que d'autres matériaux ou associations de matériaux, non obligatoirement inorganiques, que l'expérience ou des essais reconnus ont montré être capables de fonctionner aux températures de la classe F.

6. — Quand d'autres matériaux que ceux mentionnés au tableau V, page 20, sont utilisés, on doit tenir compte de la nature et de la qualité de ces matériaux.

7. — Il est recommandé de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.

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

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

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

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 aperiodique 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 aperiodique 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 nominale.

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 manœuvre d'établissement-coupure.

La valeur de la composante aperiodique évaluée en pourcentage dépend de l'intervalle de temps τ et la figure 2, page 55, 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 aperiodique correspondant à la durée d'ouverture du disjoncteur peut être supérieur à la valeur indiquée sur la figure 2, qui correspond à une décroissance négligeable de la composante périodique du courant de court-circuit et à une décroissance exponentielle de la composante aperiodique qui atteint 80 % de sa valeur en 10 ms, c'est-à-dire qui correspond à une constante de temps d'environ 0,04 s. Dans ce cas, le pourcentage requis de la composante aperiodique doit être spécifié dans l'appel d'offres et les essais doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

7. Tension transitoire de rétablissement nominale pour les défauts aux bornes

La tension transitoire de rétablissement nominale (TTR) pour les défauts aux bornes, associée au pouvoir de coupure nominal en court-circuit conformément à l'article 6, est la tension de référence

5. — The following classes of insulating materials are used:

Class Y: Insulation consists of materials or combinations of materials such as cotton, silk and paper without impregnation. Other materials or combinations of materials may be included in this class if, by experience or accepted tests, they can be shown to be capable of operation at Class Y temperatures.

Class A: Insulation consists of materials or combinations of materials such as cotton, silk and paper when suitably impregnated or coated or when immersed in a dielectric liquid such as oil. Other materials or combinations of materials may be included in this class if, by experience or accepted tests, they can be shown to be capable of operation at Class A temperatures.

Class E: Insulation consists of materials or combinations of materials, which by experience or accepted tests can be shown to be capable of operation at Class E temperatures.

Class B: Insulation consists of materials or combinations of materials such as mica, glass fibre, asbestos, etc., with suitable bonding substances. Other materials or combinations of materials, not necessarily inorganic, may be included in this class, if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at Class B temperatures.

Class F: Insulation consists of materials or combinations of materials such as mica, glass fibre, asbestos, with suitable bonding substances as well as other materials or combinations of materials, not necessarily inorganic, which, by experience or accepted tests, can be shown to be capable of operation at Class F temperatures.

6. — When other materials than those mentioned in Table V, page 21, are used, the nature and quality of these materials shall be considered.

7. — Special consideration should be given when low flash-point oil is used in regard to vaporization and oxidation.

6.1 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; 8; 10; 12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80; 100 kA

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

- 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 2, page 55.

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 2, 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 0.04 s. In this case, the required percentage d.c. component shall be specified in the enquiry and testing shall be subject to agreement between manufacturer and user.

7. **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 Clause 6 is the reference voltage which constitutes the limit of

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.

7.1 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 décrite 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, la tension transitoire de rétablissement a une forme proche d'une oscillation amortie à une seule fréquence. Cette forme d'onde est suffisamment bien décrite 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.

Cette représentation s'applique à la fois aux tensions transitoires de rétablissement nominales et aux autres tensions transitoires de rétablissement spécifiées qui sont représentées par des tracés de référence à quatre ou à deux paramètres associés à des segments de droite définissant un retard.

7.2 Représentation de la TTR nominale

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR nominales:

a) Représentation par quatre paramètres (voir figure 3, page 56)

u_1 = première tension de référence, en kilovolts;

t_1 = temps mis pour atteindre la tension u_1 , en microsecondes;

u_c = seconde tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts;

t_2 = temps mis pour atteindre la tension u_c , en microsecondes.

b) Représentation par deux paramètres (voir figure 4, page 56)

u_c = tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts;

t_3 = temps mis pour atteindre la tension u_c , en microsecondes.

c) Retard

On spécifie pour un disjoncteur un retard nominal t_d (μs). Le disjoncteur doit pouvoir couper dans un circuit quelconque dans lequel l'onde de la TTR traverse une fois « le segment de droite définissant

* Note. — Les méthodes de tracé des enveloppes de la tension transitoire de rétablissement figurent dans l'annexe C de la Publication 56-4 de la CEI.

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.

7.1 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 heavy in relation to the maximum short-circuit current at the point under consideration, the transient recovery voltage contains an initial period of high rate-of-rise, followed by a later period of lower rate-of-rise. This type of wave 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 slight in relation to the maximum short-circuit current, the transient recovery voltage approximates to a damped single frequency oscillation. This waveform is adequately described 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.

This representation is also being applied to rated and other specified transient recovery voltages which are represented by four-parameter or two-parameter reference lines together with delay lines.

7.2 Representation of rated TRV

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

a) Case of four parameters (see Figure 3, page 56)

- u_1 = first reference voltage, in kilovolts;
- t_1 = time to reach u_1 , in microseconds;
- u_c = second reference voltage (TRV peak value), in kilovolts;
- t_2 = time to reach u_c , in microseconds.

b) Case of two parameters (see Figure 4, page 56)

- u_c = reference voltage (TRV peak value), in kilovolts;
- t_3 = time to reach voltage u_c , in microseconds.

c) Time delay

A circuit-breaker has a rated time delay t_d (μs). The circuit-breaker shall be capable of interrupting in any circuit in which the TRV wave passes once through a "delay line" and does not recross it.

* Note. — Methods of drawing TRV-envelopes are given in Appendix C of IEC Publication 56-4.

le retard » et ne le traverse pas une seconde fois. Le segment de droite définissant le retard part du point situé sur l'axe des temps correspondant au retard nominal t_d et se développe parallèlement au premier segment de droite du tracé de référence de la TTR jusqu'à un point correspondant à une tension spécifiée u' (et à un temps t' associé).

7.3 Valeurs normales de la TTR nominale

Les valeurs normales de la TTR nominale des disjoncteurs tripolaires de tensions nominales inférieures ou égales à 100 kV correspondent à la représentation par deux paramètres. Les valeurs correspondant aux tensions nominales de la série I sont indiqués sur le tableau VIA. Le tableau VIB correspondant aux tensions nominales de la série II est à l'étude.

TABLEAU VIA

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement nominale
Tensions nominales de la série I et 100 kV
Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5*

Tension nominale 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	6,2	40	6,0	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,238
12	20,6	60	9,0	6,9	29	0,345
17,5	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
36	62	108	16,2	20,6	52	0,57
52	89	132	6,6	29,5	51	0,68
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74
100	172	216	10,8	57	83	0,79

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

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

TABLEAU VIB

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

A l'étude.

The delay line starts on the time axis at the rated time delay t_d , runs parallel to the first section of the reference line and terminates at a specified voltage u' (time co-ordinate t').

7.3 Standard values of rated TRV

Standard values of rated TRV for three-pole circuit-breakers of rated voltages up to and including 100 kV, make use two parameters. Values are given in Table VIA for rated voltages Series I. Table VIb for rated voltages Series II is under consideration.

TABLE VIA

*Standard values of rated transient recovery voltage
Rated voltages Series I and 100 kV
Representation by two parameters—First-pole-to-clear factor 1.5*

Rated voltage U kV	TRV peak value u_c kV	Time co-ordinate t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage co-ordinate u' kV	Time co-ordinate t' μs	Rate of rise u_c/t_3 kV/ μs
3.6	6.2	40	6.0	2.06	19.4	0.154
7.2	12.4	52	7.8	4.1	25	0.238
12	20.6	60	9.0	6.9	29	0.345
17.5	30	72	10.8	10	35	0.415
24	41	88	13.2	13.8	42.5	0.47
36	62	108	16.2	20.6	52	0.57
52	89	132	6.6	29.5	51	0.68
72.5	124	168	8.4	41.5	64	0.74
100	172	216	10.8	57	83	0.79

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

$$u' = \frac{1}{3} u_c; \quad t_d = 0.05 t_3 \quad \text{for } U \geq 52 \text{ kV}.$$

TABLE VIb

*Standard values of rated transient recovery voltage
Rated voltages Series II
Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5*

Under consideration.

TABLEAU VIC

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement nominale
Tensions nominales supérieures à 100 kV
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension nominale 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
123	130	130	182	390	2,6	65	68	1,0
145	154	154	216	460	3,1	77	80	1,0
170	180	180	255	540	3,6	90	94	1,0
245	260	260	365	780	5,2	130	136	1,0
300	320	320	445	960	6,4	160	166	1,0
362	385	385	540	1 160	7,7	192	200	1,0
420	445	445	620	1 340	8,9	232	232	1,0
525	560	560	780	1 680	11,1	280	290	1,0
765	810	810	1 140	2 440	16,2	405	420	1,0

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

$$u_c = 1,4 u_1;$$

$$u' = \frac{1}{2} u_1; \quad t_d = 0,02 t_1$$

TABLEAU VID

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement nominale
Tensions nominales supérieures à 100 kV
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension nominale 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
123	150	150	210	450	3,0	75	78	1,0
145	178	178	248	530	3,6	89	92	1,0
170	208	208	290	620	4,2	104	108	1,0
245	300	300	420	900	6,0	150	156	1,0
300	365	365	510	1 100	7,3	184	192	1,0
362	445	445	620	1 340	8,9	222	230	1,0
420	510	510	720	1 540	10,2	255	265	1,0
525	640	640	900	1 920	12,8	320	335	1,0
765	940	940	1 320	2 800	18,8	470	485	1,0

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

$$u_c = 1,4 u_1;$$

$$u' = \frac{1}{2} u_1; \quad t_d = 0,02 t_1$$

TABLE VIC

Standard values of rated transient recovery voltage
Rated voltages exceeding 100 kV
Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.3

Rated voltage	First reference voltage	Time co-ordinate	TRV peak value	Time co-ordinate	Time delay	Voltage co-ordinate	Time co-ordinate	Rate of rise
U	u_1	t_1	u_c	t_2	t_d	u'	t'	u_1/t_1
kV	kV	μs	kV	μs	μs	kV	μs	kV/ μs
123	130	130	182	390	2.6	65	68	1.0
145	154	154	216	460	3.1	77	80	1.0
170	180	180	255	540	3.6	90	94	1.0
245	260	260	365	780	5.2	130	136	1.0
300	320	320	445	960	6.4	160	166	1.0
362	385	385	540	1 160	7.7	192	200	1.0
420	445	445	620	1 340	8.9	232	232	1.0
525	560	560	780	1 680	11.1	280	290	1.0
765	810	810	1 140	2 440	16.2	405	420	1.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U;$$

$$t_2 = 3 t_1;$$

$$u_c = 1.4 u_1;$$

$$u' = \frac{1}{2} u_1;$$

$$t_d = 0.02 t_1$$

TABLE VID

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

Rated voltage	First reference voltage	Time co-ordinate	TRV peak value	Time co-ordinate	Time delay	Voltage co-ordinate	Time co-ordinate	Rate of rise
U	u_1	t_1	u_c	t_2	t_d	u'	t'	u_1/t_1
kV	kV	μs	kV	μs	μs	kV	μs	kV/ μs
123	150	150	210	450	3.0	75	78	1.0
145	178	178	248	530	3.6	89	92	1.0
170	208	208	290	620	4.2	104	108	1.0
245	300	300	420	900	6.0	150	156	1.0
300	365	365	510	1 100	7.3	184	192	1.0
362	445	445	620	1 340	8.9	222	230	1.0
420	510	510	720	1 540	10.2	255	265	1.0
525	640	640	900	1 920	12.8	320	335	1.0
765	940	940	1 320	2 800	18.8	470	485	1.0

$$u_1 = 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U;$$

$$t_2 = 3 t_1;$$

$$u_c = 1.4 u_1;$$

$$u' = \frac{1}{2} u_1;$$

$$t_d = 0.02 t_1$$

Pour les tensions nominales supérieures à 100 kV, on utilise la représentation par quatre paramètres. Les valeurs sont indiquées dans le tableau VIc pour un facteur de premier pôle de 1,3 et dans le tableau VIb pour un facteur de premier pôle de 1,5.

Note. — Une réduction de la TTR pour $U > 420$ kV est à l'étude.

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 de la TTR u_c , ces vitesses peuvent être utilisées pour la désignation des TTR.

Les valeurs indiquées sur 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 câble.

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

- a) disjoncteurs directement reliés aux circuits des alternateurs;
- b) disjoncteurs directement reliés à des transformateurs fournissant un courant supérieur à 50 % du pouvoir de coupure nominal en court-circuit du disjoncteur, sans capacité supplémentaire appréciable entre le disjoncteur et le transformateur;
- c) disjoncteurs 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 nominale est plus faible, mais dans ce cas, les valeurs correspondantes feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

La tension transitoire de rétablissement nominale correspondant au pouvoir de coupure nominal en court-circuit en cas de défaut aux bornes est utilisée pour les essais au pouvoir de coupure nominal. Toutefois, pour les essais effectués à des valeurs inférieures à 100 % de la valeur nominale, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir paragraphe 7.5 de la Publication 56-4 de la CEI); de plus, des spécifications complémentaires concernent les disjoncteurs dont la tension nominale est égale ou supérieure à 52 kV et dont les pouvoirs de coupure nominaux en court-circuit sont supérieurs à 12,5 kA, qui peuvent être amenés à fonctionner dans les conditions du défaut en ligne (voir l'article 8).

8. Caractéristiques nominales pour les défauts en ligne

On impose des caractéristiques nominales pour les défauts en ligne aux disjoncteurs tripolaires prévus pour être reliés directement à des lignes aériennes et dont la tension nominale est égale ou supérieure à 52 kV et le pouvoir de coupure nominal 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 effectivement à la terre.

Note. — En ce qui concerne la présente recommandation, un essai effectué en monophasé à la tension phase-neutre couvre tous les types de défauts 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 en ligne.

For rated voltages above 100 kV, four parameters are used. Values are given in Table VIc for a first-pole-to-clear factor of 1.3 and in Table VIb for a first-pole-to-clear factor of 1.5.

Note. — A reduction of the TRV for $U > 420$ kV is under consideration.

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 designation.

The values given in the tables are prospective values. They apply to circuit-breakers for general transmission and distribution in a three-phase system with frequencies of 50 Hz or 60 Hz 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 directly connected to generator circuits;
- 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 breaking-currents equal to the rated value. However, for testing at breaking-currents less than 100 % of the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see Sub-clause 7.5 of IEC Publication 56-4); 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 Clause 8).

8. 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 line-to-earth fault in a system with effectively earthed neutral.

Note. — For the purpose of this Recommendation, a single-phase test at the voltage to neutral is deemed to cover all types of short-line fault.

In this context it is considered immaterial that in isolated neutral systems single-phase line-to-earth faults do not subject a circuit-breaker to short-line fault conditions.

On admet que le circuit correspondant au défaut 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 5, page 57) et qu'il possède les caractéristiques nominales suivantes:

a) *Caractéristiques nominales du circuit d'alimentation*

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

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

Tension transitoire de rétablissement présumée, si l'on réalise un défaut aux bornes, correspondant aux valeurs normales des tableaux VIIA, VIIB (à l'étude) et VIIC.

Note. — Les valeurs normales des tableaux VIIA et VIIC dérivent de celles des tableaux VIA et VID en divisant les tensions par le facteur de premier pôle 1,5, les temps n'étant pas modifiés. Voir aussi la note du paragraphe 7.3.

b) *Caractéristiques nominales de la ligne*

Les valeurs normales de l'impédance d'onde nominale Z et du facteur de crête nominal k sont indiquées dans le tableau VIII, page 34, en fonction du nombre de conducteurs par phase. La corrélation entre ce nombre de conducteurs et la tension nominale ainsi que le pouvoir de coupure nominal en court-circuit est également indiquée.

Les caractéristiques nominales des circuits permettent de déterminer la tension transitoire de rétablissement présumée dans les conditions de défaut en ligne. Voir annexe A, page 58.

TABLEAU VIIA

*Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement
du circuit d'alimentation pour les défauts en ligne
Tensions nominales série I et 100 kV — Représentation par deux paramètres*

Tension nominale 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
52	59	132	6,6	19,8	51	0,45
72,5	83	168	8,4	27,5	64	0,495
100	114	216	10,8	38	83	0,53

TABLEAU VIIB

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

A l'étude.

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 5, page 57) with the following rated characteristics:

a) *Rated supply circuit characteristics*

Voltage equal to the phase-to-neutral 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 VIIA, VIIB (under consideration) and Table VIIC.

Note. — The standard values in Tables VIIA and VIIC are derived from Tables VIA and VIIA by dividing voltages by the first-pole-to-clear factor of 1.5, the time co-ordinates remaining unchanged. See also the note of Sub-clause 7.3.

b) *Rated line characteristics*

Standard values of rated surge impedance Z and rated peak factor k are given in Table VIII, page 35, related to the number of conductors per phase. The correlation between this number, the rated voltage and the rated short-circuit current is also given.

The rated characteristics allow the determination of the prospective transient recovery voltage in short-line fault conditions. See Appendix A, page 58.

TABLE VIIA

Standard values of transient recovery voltage of the supply circuit for short-line faults
Rated voltages Series I and 100 kV — Representation by two parameters

Rated voltage U kV	TRV peak value u_c kV	Time co-ordinate t_3 μ s	Time delay t_d μ s	Voltage co-ordinate u' kV	Time co-ordinate t' μ s	Rate of rise u_c/t_3 kV/ μ s
52	59	132	6.6	19.8	51	0.45
72.5	83	168	8.4	27.5	64	0.495
100	114	216	10.8	38	83	0.53

TABLE VIIB

Standard values of transient recovery voltage of the supply circuit for short-line faults
Rated voltages Series II — Representation by two parameters

Under consideration.

TABLEAU VIIC

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

Tension nominale 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
123	100	150	140	450	3,0	50	78	0,67
145	118	178	166	530	3,6	59	92	0,67
170	138	208	194	620	4,2	69	108	0,67
245	200	300	280	900	6,0	100	136	0,67
300	244	365	345	1 100	7,3	122	192	0,67
362	295	445	415	1 340	8,9	148	230	0,67
420	345	510	480	1 540	10,2	172	265	0,67
525	430	640	600	1 920	12,8	214	335	0,67
765	620	940	870	2 800	18,8	310	485	0,67

TABLEAU VIII

Valeurs normales des caractéristiques nominales de la ligne pour les défauts en ligne

Tension nominale U kV	Nombre de conducteurs par phase	Impédance d'onde nominale Z Ω	Facteur de crête nominal k	Facteur de VATR	
				50 Hz	60 Hz
≥ 52	1 à 4	450	1,6	0,200	0,240

Notes 1. — Des valeurs plus faibles sont autorisées sur accord entre le constructeur et l'utilisateur si le courant de court-circuit est inférieur à 20 kA ou si la tension nominale est supérieure à 420 kV.

2. — Des valeurs additionnelles caractérisant la part initiale de la TTR sont à l'étude.

9. Pouvoir de fermeture nominal en court-circuit

Le pouvoir de fermeture nominal en court-circuit d'un disjoncteur (voir figure 1, page 54) est celui qui correspond à la tension nominale. Il est égal à 2,5 fois la valeur efficace de la composante périodique de son pouvoir de coupure nominal en court-circuit (voir l'article 6).

10. Durée admissible nominale du courant de court-circuit

La durée admissible nominale du courant de court-circuit est celle pendant laquelle le disjoncteur, lorsqu'il est fermé, peut supporter un courant égal à son pouvoir de coupure nominal en court-circuit.

La valeur normale de la durée admissible nominale du courant de court-circuit est égale à 1 s.

TABLE VIIc

*Standard values of transient recovery voltage of the
supply circuit for short-line faults
Rated voltages exceeding 100 kV—Representation by four parameters*

Rated voltage U kV	First reference voltage u_1 kV	Time co- ordinate t_1 μs	TRV peak value u_c kV	Time co- ordinate t_2 μs	Time delay t_d μs	Voltage co- ordinate u' kV	Time co- ordinate t' μs	Rate of rise u_1/t_1 kV/ μs
123	100	150	140	450	3.0	50	78	0.67
145	118	178	166	530	3.6	59	92	0.67
170	138	208	194	620	4.2	69	108	0.67
245	200	300	280	900	6.0	100	156	0.67
300	244	365	345	1 100	7.3	122	192	0.67
362	295	445	415	1 340	8.9	148	230	0.67
420	345	510	480	1 540	10.2	172	265	0.67
525	430	640	600	1 920	12.8	214	335	0.67
765	620	940	870	2 800	18.8	310	485	0.67

TABLE VIII

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	
				50 Hz	60 Hz
≥ 52	1 to 4	450	1.6	0.200	0.240

Notes 1. — Lower values for Z and k are permitted after agreement between manufacturer and user if the short-circuit current is less than 20 kA or the rated voltage is higher than 420 kV.

2. — Additional figures characterizing the initial part of the TRV are under consideration.

9. Rated short-circuit making current

The rated short-circuit making current, see Figure 1, page 54, 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 Clause 6).

10. Rated duration of short-circuit

The rated duration of short-circuit of a circuit-breaker is that period of time for which it can carry, when closed, a current equal to its rated short-circuit breaking current.

The standard value of rated duration of short-circuit is 1 s.

Si une valeur supérieure à 1 s est nécessaire, la valeur de 3 s est recommandée.

Il n'est pas nécessaire de spécifier une durée admissible nominale du courant de court-circuit 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 nominal 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 nominale.

11. Séquence de manœuvres nominale

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

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

En l'absence d'indications sur ces intervalles :

$t = 3$ 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.

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 opération d'ouverture,

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

t , t' et t'' = intervalles de temps entre deux opérations successives.

t et t' doivent toujours être exprimés en minutes (symbole min) ou en secondes (symbole s).

t'' doit toujours être exprimé en secondes (symbole s).

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

12. Pouvoir de coupure nominal en discordance de phases

Voir la Publication 267 de la CEI: Guide pour l'essai des disjoncteurs en ce qui concerne la mise en et hors circuit lors d'une discordance de phases.

13. Pouvoir de coupure nominal de lignes à vide

Le pouvoir de coupure nominal de lignes à vide est le courant maximal de lignes à vide que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension nominale et dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette spécification et sans dépasser les valeurs maximales admissibles appropriées des surtensions de manœuvre indiquées dans le tableau XVII, page 52.

If a value of more than 1 s is necessary, the value of 3 s is recommended.

A rated duration of 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.

11. Rated operating sequence

There are two alternative rated operating sequences as follows:

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

If the time intervals are not 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.

$$b) \quad CO - t'' - CO$$

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 (symbol min) or in seconds (symbol s).

t'' should always be expressed in seconds (symbol s).

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

12. Rated out-of-phase breaking current

See IEC Publication 267: Guide to the Testing of Circuit-Breakers with respect to Out-of-phase Switching.

13. Rated line-charging breaking current

The rated line-charging breaking current is the maximum line-charging breaking current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage and under the conditions of use and behaviour prescribed in this specification and without exceeding the appropriate maximum permissible switching overvoltages given in Table XVII, page 53.

L'indication d'un pouvoir de coupure nominal de lignes à vide est limitée aux disjoncteurs prévus pour la manœuvre des lignes aériennes triphasées et de tension nominale égale ou supérieure à 72,5 kV. Les valeurs normales sont indiquées dans le tableau IX.

TABLEAU IX

Tension nominale kV	Pouvoir de coupure nominal de lignes à vide 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 indiqués au tableau IX impliquent des longueurs de ligne, exprimées en kilomètres, approximativement égales à 1,2 fois la tension nominale du disjoncteur, exprimée en kilovolts.

14. Pouvoir de coupure nominal de câbles à vide

Le pouvoir de coupure nominal de câbles à vide est le courant maximal de câbles à vide que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension nominale et dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette spécification et sans dépasser les valeurs maximales admissibles appropriées des surtensions de manœuvre indiquées dans le tableau XVII.

TABLEAU X

Tension nominale kV	Pouvoir de coupure nominal de câbles à vide 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 X correspondent aux spécifications maximales normales de la plupart des réseaux d'énergie. Les courants de câbles à vide supérieurs à ces valeurs doivent faire l'objet d'un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur.

The assignment 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 IX.

TABLE IX

Rated voltage kV	Rated line-charging breaking current 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 breaking currents indicated in Table IX imply a length in kilometres approximately equal to 1.2 times the rated voltage of the circuit-breaker in kilovolts.

14. 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 and under the conditions of use and behaviour prescribed in this specification and without exceeding the appropriate maximum permissible switching overvoltages given in Table XVII.

TABLE X

Rated voltage kV	Rated cable-charging breaking current 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 X 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.

L'indication d'un pouvoir de coupure nominal 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 nominales inférieures ou égales à 24 kV. Si un tel pouvoir de coupure est assigné, il est recommandé de le faire, conformément au tableau X.

15. Pouvoir de coupure nominal de condensateurs (uniques)

Le pouvoir de coupure nominal de condensateurs est le pouvoir de coupure maximal de condensateurs que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension nominale et dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette spécification et sans dépasser les valeurs maximales admissibles appropriées des surtensions de manœuvre indiquées dans le tableau XVII.

Ce pouvoir de coupure se réfère à la manœuvre d'une batterie unique de condensateurs en dérivation. Pour un disjoncteur, l'indication d'un pouvoir de coupure nominal de condensateurs n'est pas obligatoire mais est donnée sur demande.

Note. — Les valeurs normales du pouvoir de coupure nominal de condensateurs sont à l'étude et en attendant un accord international, des valeurs basées sur la série R 40 devraient être assignées aux disjoncteurs particuliers soit par l'intermédiaire des normes nationales, soit par accord entre constructeur et utilisateur.

16. Pouvoir de coupure nominal des faibles courants inductifs

A l'étude.

17. Tensions nominales d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture

La tension nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture ou d'ouverture est la tension qui détermine leurs conditions de fonctionnement et d'échauffement, ainsi que l'isolation des circuits de commande.

Par tension d'alimentation de ces dispositifs, il faut entendre la tension mesurée aux bornes du circuit sur l'appareil lui-même pendant son fonctionnement, y compris, s'il y a lieu, les résistances auxiliaires ou accessoires fournies ou demandées par le constructeur et devant être installées en série sur le circuit, mais non compris les conducteurs de liaison à la source d'alimentation en électricité.

La tension nominale d'alimentation d'un circuit auxiliaire doit avoir, de préférence, l'une des valeurs normales appropriées figurant dans les tableaux XI, XII et XIII.

TABLEAU XI
Courant continu

V		
110 220	24	125 250
	48	
	ou	
	ou	

The assignment 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 X.

15 Rated (single) capacitor breaking current

The rated capacitor breaking current is the maximum capacitor breaking current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage and under the condition of use and behaviour prescribed in this specification and without exceeding the appropriate maximum permissible switching overvoltages given in Table XVII.

This breaking current refers to the switching of a single (isolated) shunt capacitor bank. The assignment of a rated capacitor breaking current to a circuit-breaker is not mandatory but is made on request.

Note. — Standard values of rated capacitor breaking currents are under consideration and, until these have been agreed internationally, values based on the R.10 series should be assigned to particular circuit-breakers, either through national standards, or by agreement between manufacturer and user.

16. Rated small inductive breaking current

Under consideration.

17. Rated supply voltages of closing and opening devices

The rated supply voltage of closing or opening devices is the voltage which determines their conditions of operation and of heating, as well as the insulation of the control circuits.

The supply voltage of these devices shall be understood to mean the voltage measured at the circuit terminals on the apparatus itself during its operation, including, if necessary, the auxiliary resistor or accessories supplied or required by the manufacturer to be installed in series with it, but not including the conductors for the connection to the electricity supply.

The rated supply voltage for auxiliaries shall preferably have one of the appropriate standard values in Tables XI, XII and XIII.

TABLE XI
Direct current

V		
110 220	24	125 250
	48	
	or	
	or	

TABLEAU XII
Courant alternatif monophasé

V	
Série I	Série II
100 220	120 120/240 240

Note. — Lorsque deux valeurs sont indiquées, celles-ci se réfèrent aux réseaux à trois fils, la valeur inférieure désignant la tension entre phases et neutre, et la valeur supérieure, la tension entre phases.
Lorsqu'une seule valeur est indiquée, celle-ci se réfère aux réseaux à deux fils.

TABLEAU XIII
Courant alternatif triphasé

V	
Série I	Série II
127/220 220/380	120/208 240/415 277/480

Note. — Les deux valeurs se réfèrent aux réseaux à quatre fils, la valeur inférieure désignant la tension entre phases et neutre, et la valeur supérieure, la tension entre phases.

18. Tensions nominales d'alimentation des circuits auxiliaires

Les tensions nominales d'alimentation des circuits auxiliaires doivent, de préférence, être choisies parmi les valeurs normales des tableaux XI, XII et XIII, pages 40 et 42.

19. Fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

La fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires est la fréquence pour laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement et d'échauffement de ces dispositifs et de ces circuits.

20. Pression nominale d'alimentation des gaz comprimés pour les manœuvres ou la coupure

La pression nominale d'alimentation en gaz comprimé d'un organe de commande pneumatique ou d'un disjoncteur à soufflage par gaz sous pression est la pression qui détermine les conditions de fonctionnement de l'organe de commande ou du dispositif d'extinction de l'arc.

TABLE XII
Single-phase a.c.

V	
Series I	Series II
100 220	120 120/240 240

Note. — Where two values are indicated, they refer to three-wire systems and the lower value is the voltage between phases and neutral, the higher value being the voltage between phases. Where only one value is indicated, it refers to two-wire systems.

TABLE XIII
Three-phase a.c.

V	
Series I	Series II
127/220 220/380	120/208 240/415 277/480

Note. — The two values indicated refer to four-wire systems and the lower value is the voltage between phases and neutral, the higher value being the voltage between phases.

18. Rated supply voltages of auxiliary circuits

Rated supply voltages of auxiliary circuits shall preferably be selected from the standard values in Tables XI, XII and XIII, pages 41 and 43.

19. Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

The rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits is the frequency at which the conditions of operation and heating of these devices and circuits are determined.

20. Rated pressure of compressed gas supply for operation or interruption

The rated pressure of a compressed gas supply for operating a pneumatic control device or a gas-blast circuit-breaker is the pressure at which the conditions for operation of the control device or for arc extinction are determined.

Pour les disjoncteurs munis de réservoirs individuels, il faut entendre par pression d'alimentation la pression mesurée dans le réservoir immédiatement avant le fonctionnement du disjoncteur.

Note. — Pour les autres disjoncteurs, la question est encore à l'étude.

Pour des conditions de fonctionnement données, il est également nécessaire de connaître les pressions de fonctionnement maximales et minimales.

Aucune valeur normale de pression nominale n'est indiquée, celle-ci étant spécifiée par le constructeur.

21. Coordination des valeurs nominales

Les tableaux de coordination des tensions nominales (article 2), des pouvoirs de coupure en court-circuit (article 6) et des courants nominaux en service continu (article 5) sont indiqués dans les tableaux XIV à XVI, pages 46 à 50.

Les tableaux de coordination ne sont pas obligatoires et constituent un guide indiquant des valeurs préférentielles.

For circuit-breakers provided with individual reservoirs, the pressure of the gas supply shall be understood to mean the pressure measured in the reservoir immediately before the operation of the circuit-breaker.

Note. — For other circuit-breakers, the matter is still under consideration.

For specific operating requirements, it is also necessary to know the maximum and minimum operating pressures.

No standard values of rated pressure are given, these being specified by the manufacturer.

21. Co-ordination of rated values

Co-ordination tables of rated voltages (Clause 2), short-circuit breaking-currents (Clause 6) and normal currents (Clause 5) are given in Tables XIV to XVI, pages 47 to 51.

The co-ordination tables are not mandatory and are intended as a guide for preferred values.

TABLEAU XIV

Tableau de coordination des valeurs nominales des disjoncteurs

Tension nominale kV	Pouvoir de coupure nominal en court-circuit kA	Courant nominal en service continu							
		A							
3,6	10	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	16				1 250			2 500	
	25				1 250			2 500	
	40				1 250			2 500	
7,2	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5	400			1 250			2 500	
	16				1 250			2 500	
	25				1 250			2 500	
12	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5	400			1 250			2 500	
	16				1 250			2 500	
	25				1 250			2 500	
17,5	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5		630		1 250			2 500	
	16		630		1 250			2 500	
	25		630		1 250			2 500	
24	8	400	630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5		630		1 250			2 500	
	16		630		1 250			2 500	
	25		630		1 250			2 500	
36	8		630		1 250	1 600		2 500	4 000
	12,5		630		1 250			2 500	
	16		630		1 250			2 500	
	25		630		1 250			2 500	
52	8			800	1 250	1 600	2 000		
	12,5				1 250				
	20				1 250				
	31,5				1 250				
72,5	12,5			800	1 250	1 600	2 000		
	16				1 250				
	20				1 250				
	31,5				1 250				

Note. — Le tableau de coordination n'est pas obligatoire et est un guide indiquant des valeurs préférentielles. Par conséquent, un disjoncteur possédant une combinaison de valeurs nominales différentes n'est pas en dehors de la Recommandation de la CEI pour les disjoncteurs.

Les valeurs de tension nominale sont celles indiquées au paragraphe 2.1 pour la série I. Les valeurs de pouvoir de coupure nominal en court-circuit et de courant nominal en service continu sont choisies parmi celles indiquées à l'article 5 et au paragraphe 6.1.

TABLE XIV

Co-ordination table of rated values for circuit-breakers

Rated voltage kV	Rated short-circuit breaking current kA	Rated normal current							
		A							
3.6	10	400	630		1 250			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			2 500	
	12.5		630		1 250				
	16		630		1 250				
	25				1 250				
	40				1 250				
24	8	400	630		1 250			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				
	25				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. — The co-ordination table is not mandatory and is 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 Recommendation for circuit-breakers.

The values of the rated voltage are those given in Sub-clause 2.1 for Series I. The values of the rated short-circuit breaking current and rated normal current are selected from those given in Clause 5 and Sub-Clause 6.1.

TABLEAU XV

(A l'étude)

Les valeurs figurant dans le tableau ci-dessous indiquent pour information la pratique actuelle aux Etats-Unis et au Canada

Tension nominale maximale	Pouvoir de coupure nominal en court-circuit à la tension nominale maximale	Tension nominale minimale	Pouvoir de coupure nominal en court-circuit à la tension nominale minimale	Courant nominal en service continu				
kV	kA *	kV *	kA *	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		

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

Note. — Le tableau de coordination n'est pas obligatoire et est un guide indiquant des valeurs préférentielles. Par conséquent, un disjoncteur possédant une combinaison de valeurs nominales différentes n'est pas en dehors de la Recommandation de la CEI pour les disjoncteurs.

Les valeurs de tension nominale maximale sont celles indiquées au paragraphe 2.1 pour la série II. Les valeurs de courant nominal en service continu sont choisies parmi celles indiquées à l'article 5. Voir la note de l'article 6i), concernant l'interpolation des pouvoirs de coupure en court-circuit pour les tensions intermédiaires.

TABLE XV
(Under consideration)

The values given in the present table show for information the present practice in U.S.A. and Canada

Maximum rated voltage	Rated short-circuit breaking current at maximum rated voltage	Minimum rated voltage	Rated short-circuit breaking current at minimum rated voltage	Rated normal current					
kV	kA *	kV *	kA *	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 recommendations are under consideration,

Note. — The co-ordination table is not mandatory and is 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 I E C Recommendation for circuit-breakers.

The values of the maximum rated voltage are those given in Sub-clause 2.1 for Series II. The values of rated normal current are selected from those given in Clause 5. See Note in Clause 6*i*) regarding interpolation of short-circuit breaking currents for intermediate voltages.

TABLEAU XVI

Tableau de coordination des valeurs nominales des disjoncteurs

Tension nominale kV	Pouvoir de coupure nominal en court-circuit kA	Courant nominal en service continu					
		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. — Le tableau de coordination n'est pas obligatoire et est un guide indiquant des valeurs préférentielles. Par conséquent, un disjoncteur possédant une combinaison de valeurs nominales différentes n'est pas en dehors de la Recommandation de la CEI pour les disjoncteurs.

Les valeurs de tension nominale sont celles indiquées au paragraphe 2.2, à l'exclusion de 100 kV. Les valeurs de pouvoir de coupure nominal en court-circuit et de courant nominal en service continu sont choisies parmi celles indiquées à l'article 5 et au paragraphe 6.1.

TABLE XVI

Co-ordination table of rated values for circuit-breakers

Rated voltage kV	Rated short-circuit breaking current kA	Rated normal current A					
		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 co-ordination table is not mandatory and is 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 Recommendation for circuit-breakers.

The values of rated voltage are those given in Sub-clauses 2.2, omitting 100 kV. The values of rated short-circuit breaking current and rated normal current are selected from those given in Clause 5 and Sub-clause 6.1.

TABEAU XVII

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

Tension nominale (kV valeur efficace)	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre* (kV valeur de crête)	Valeur maximale admissible de la surtension de manœuvre par rapport à la terre			
		A		B	
		(kV valeur de crête)	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ fois la valeur en « pour un » (p.u.) de la colonne (1)	(kV valeur de crête)	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ fois la valeur en « pour un » (p.u.) de la colonne (1)
(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
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 nominale aux chocs de foudre; on peut déduire des tableaux I à IV les valeurs correspondantes des tensions de tenue nominales à fréquence industrielle ou aux chocs de manœuvre.

- Notes 1. — Ces valeurs s'appliquent seulement aux conditions d'essai des articles 15, 16 et 17 de la Publication 56-4: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Quatrième partie: Essais de type et essais individuels. D'autres surtensions, par exemple celles qui apparaissent à la refermeture 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 sont pas obligatoires, mais sont seulement suggérées en vue de réunir une expérience pratique pour déterminer si elles conviennent. En particulier, les utilisateurs doivent vérifier si les conditions de la coordination de l'isolement sont satisfaites.
3. — Ces valeurs ne peuvent pas toujours garantir l'absence d'amorçage entre phases.
4. — Les valeurs maximales admissibles des surtensions de manœuvre pour les tensions nominales du tableau II de la Publication 56-2, qui sont basées sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada, sont à l'étude.
5. — 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 uniques 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.
6. — Pour les tensions égales ou supérieures à 245 kV, les valeurs des colonnes B ne s'appliquent qu'aux réseaux à neutre effectivement à la terre et aux batteries de condensateurs, s'il y a lieu, avec neutre à la terre.

TABLE XVII

*Maximum permissible switching overvoltages when interrupting line-charging,
cable-charging and single capacitor banks breaking current*

Rated voltage (kV r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage * (kV peak)	Maximum permissible switching overvoltage to earth			
		A		B	
		(kV peak)	P.U. of column (1) times $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	(kV peak)	P.U. of column (1) times $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$
(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
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

* 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.

Notes 1. — These values apply only to the test conditions of Clause 15, 16 and 17 of Publication 56-4, High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, Part. 4: Type Tests and Routine Tests.
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.

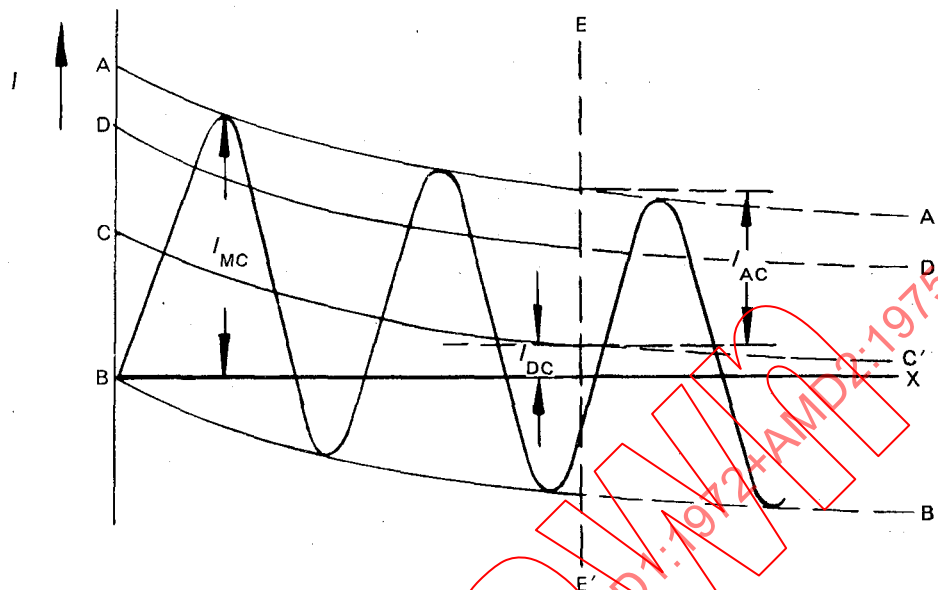
2. — These values are not mandatory, but only suggested ones in order to collect practical experience on their adequacy. In particular, users should verify if the conditions of the insulation co-ordination are satisfied.

3. — These values cannot always guarantee that phase-to-phase flashovers will not occur.

4. — Maximum permissible switching overvoltages for rated voltages of Table II of Publication 56-2, which are based on current practice in the United States of America and Canada, are under consideration.

5. — 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 single 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.

6. — At 245 kV and above, only effectively earthed systems and capacitor banks, if any, with earthed neutral, are considered for the application of the values of columns B.



- AA' } = enveloppe de l'onde de courant
BB' } = envelope of current-wave
- BX = ligne de zéro
normal zero line
- CC' = déplacement de la ligne de zéro de l'onde de courant à chaque instant
displacement of current-wave zero-line at any instant
- DD' = valeur efficace de la composante périodique du courant à chaque instant, mesurée à partir de CC'
r.m.s. value of the a.c. component of current at any instant, measured from CC'
- EE' = instant de la séparation des contacts (amorçage de l'arc)
instant of contact separation (initiation of the arc)
- I_{MC} = Courant établi
making current
- I_{AC} = valeur de crête de la composante périodique du courant au moment EE'
peak value of a.c. component of current at instant EE'
- $\frac{I_{AC}}{\sqrt{2}}$ = valeur efficace de la composante périodique du courant au moment EE'
r.m.s. value of the a.c. component of current at instant EE'
- I_{DC} = composante apériodique du courant au moment EE'
d.c. component of current at instant EE'
- $\frac{I_{DC} \times 100}{I_{AC}}$ = pourcentage de la composante apériodique
percentage value of the d.c. component

FIG. 1. — Détermination des courants établi et coupé et du pourcentage de la composante apériodique.
Determination of making and breaking currents, and of percentage d.c. component.