

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 56-4

Première édition — First edition

1959

Règles de la C. E. I. pour les disjoncteurs à courant alternatif

Chapitre III : Règles relatives à l'isolement

Chapitre IV : Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service

Chapitre V : Règles pour l'installation et l'entretien des disjoncteurs en service

I. E. C. Specification for alternating current circuit-breakers

Chapter III : Rules for strength of insulation

Chapter IV : Rules for the selection of circuit-breakers for service

Chapter V : Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60056-4:1959

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 56-4

Première édition — First edition

1959

Règles de la C. E. I. pour les disjoncteurs à courant alternatif

Chapitre III : Règles relatives à l'isolement

Chapitre IV : Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service

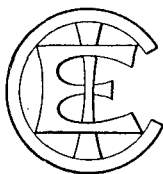
Chapitre V : Règles pour l'installation et l'entretien des disjoncteurs en service

I. E. C. Specification for alternating current circuit-breakers

Chapter III : Rules for strength of insulation

Chapter IV : Rules for the selection of circuit-breakers for service

Chapter V : Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Article	
Chapitre III. — Règles relatives à l'isolement	
1 ^{re} PARTIE — GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Base des règles	10
2 ^e PARTIE — DÉFINITIONS	
4. Tension nominale la plus élevée d'un disjoncteur	10
5. Niveau d'isolement	10
6. Tension de tenue à fréquence industrielle	12
7. Tension de tenue au choc	12
8. Disjoncteur pour l'intérieur	12
9. Disjoncteur pour l'extérieur	12
3 ^e PARTIE — RÈGLES DE SPÉCIFICATION	
10. Spécification du niveau d'isolement	12
11. Niveau d'isolement nominal	12
4 ^e PARTIE — ESSAIS	
12. Généralités	16
13. Conditions de l'air ambiant lors des essais	16
14. Etat du disjoncteur pendant les essais	18
15. Application de la tension d'essai pour les essais en ondes de choc et à fréquence industrielle	18
16. Essais de choc	20
17. Essais à fréquence industrielle à sec	20
18. Essais à fréquence industrielle sous pluie	20
19. Essais des circuits auxiliaires	22
ANNEXE I. — DÉFINITIONS DE LA PUBLICATION N° 71 DE LA C.E.I., DIRECTIVES POUR LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT	
20. Installation en situation exposée	24
21. Installation en situation non exposée	24
22. Réseau à neutre isolé	24
23. Réseau compensé par bobine d'extinction	24
24. Réseau à neutre à la terre	24
25. Coefficient de mise à la terre	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

Clause

Chapter III. — Rules for strength of insulation

PART 1 — GENERAL

1. Scope	11
2. Object	11
3. Basis of rules	11

PART 2 — DEFINITIONS

4. Higher rated voltage	11
5. Insulation level.	11
6. Power-frequency withstand voltage	13
7. Impulse withstand voltage	13
8. Indoor circuit-breaker.	13
9. Outdoor circuit-breaker	13

PART 3 — RULES FOR RATING

10. Specification of insulation level	13
11. Rated insulation level	13

PART 4 — TESTS

12. General	17
13. Ambient air conditions during tests	17
14. Condition of circuit-breaker during tests.	19
15. Application of test voltage for impulse and power-frequency tests	19
16. Impulse voltage tests	21
17. Power-frequency voltage dry tests	21
18. Power-frequency voltage wet tests	21
19. Tests on auxiliary circuits	23

APPENDIX I. — DEFINITIONS FROM I.E.C. PUBLICATION No. 71, RECOMMENDATIONS FOR INSULATION CO-ORDINATION

20. Exposed installation	25
21. Non-exposed installation	25
22. Isolated neutral system	25
23. Resonant earthed system	25
24. Earthed neutral system	25
25. Coefficient of earthing	25

Chapitre IV. — Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service

Pages

1^{re} PARTIE — GÉNÉRALITÉS

28

2^e PARTIE — CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES NOMINALES POUR LES CONDITIONS EN SERVICE NORMAL

1. Choix des tensions nominales	30
2. Choix du courant nominal en service continu	30
3. Fréquence nominale	30
4. Conditions locales atmosphériques et climatiques	30
5. Coordination des isolements	32
6. Disjoncteurs pour emploi à hautes altitudes	32

3^e PARTIE — CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES NOMINALES POUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT SUR DÉFAUT

7. Choix des pouvoirs de coupure nominaux	34
8. Choix des pouvoirs de fermeture nominaux	34
9. Choix de la surintensité de courte durée nominale	36
10. Cycle de fonctionnement en service	36
11. Choix des mécanismes de commande des disjoncteurs	36

4^e PARTIE — RENSEIGNEMENTS À DONNER DANS LES APPELS D'OFFRES, LES SOUMISSIONS ET LES COMMANDES

12. Renseignements à donner dans l'appel d'offres et la commande	38
13. Renseignements à donner avec la soumission	38
ANNEXE	42

Chapitre V. — Règles pour l'installation et l'entretien des disjoncteurs en service

1^{re} PARTIE — GÉNÉRALITÉS

46

2^e PARTIE — INSTALLATION

1. Déballage des caisses	46
2. Assemblage	46
3. Montage	46
4. Raccordements	46
5. Inspection finale de l'installation	48

3^e PARTIE — ENTRETIEN

Notice d'entretien à fournir par le constructeur	48
6. Circuits principaux	48
7. Huile (ou autre liquide) pour l'isolement et/ou pour l'extinction de l'arc	48
8. Mécanisme de commande	48
9. Circuits et appareils auxiliaires	48
10. Paliers et pièces similaires	48
11. Raccordements	48
12. Réseaux d'air comprimé (et hydraulique)	50
13. Résistances et condensateurs	50
14. Lubrification et graissage	50
15. Nettoyage	50
16. Pièces et matériels de rechange	50
17. Outils spéciaux	50

Chapter IV. — Rules for the selection of circuit-breakers for service

Page

PART 1 — GENERAL

29

PART 2 — SELECTION OF RATINGS FOR NORMAL SERVICE CONDITIONS

1. Selection of rated voltages	31
2. Selection of rated normal current	31
3. Rated frequency	31
4. Local atmospheric and climatic conditions	31
5. Insulation co-ordination	33
6. Circuit-breakers for use at high altitudes	33

PART 3 — SELECTION OF RATINGS FOR FAULT CONDITIONS

7. Selection of rated breaking-capacities	35
8. Selection of rated making-capacities	35
9. Selection of rated short-time current	37
10. Operating-duty in service	37
11. Selection of operating-mechanisms for circuit-breakers	37

PART 4 — INFORMATION TO BE GIVEN WITH INQUIRIES, TENDERS AND ORDERS

12. Information to be given with inquiry and order	39
13. Information to be given with tenders	39

APPENDIX	43
--------------------	----

Chapter V. — Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service

PART 1 — GENERAL

47

PART 2 — ERECTION

1. Unpacking	47
2. Assembly	47
3. Mounting	47
4. Connections	47
5. Final installation inspection	49

PART 3 — MAINTENANCE

Maintenance information to be given by the manufacturer	49
6. Main circuits	49
7. Oil (or other liquid) for insulation and/or arc extinction	49
8. Operating mechanism	49
9. Auxiliary circuits and apparatus	49
10. Bearings and the like	49
11. Connections	49
12. Pneumatic (and hydraulic) systems	51
13. Resistors and capacitors	51
14. Lubrication and greasing	51
15. Cleaning	51
16. Spare parts and materials	51
17. Special tools	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES DISJONCTEURS A COURANT ALTERNATIF

Chapitre III: Règles relatives à l'isolement

Chapitre IV: Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service

Chapitre V: Règles pour l'installation et l'entretien des disjoncteurs en service

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 publication contient les chapitres suivants de la Publication N° 56 de la C.E.I.: Règles de la C.E.I. pour les disjoncteurs à courant alternatif:

- *Chapitre III: Règles relatives à l'isolement*
- *Chapitre IV: Règles relatives au choix de disjoncteurs selon le service*
- *Chapitre V: Règles relatives à l'installation et à l'entretien des disjoncteurs en service.*

Le *Chapitre I: Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits*, a été publié en 1954 dans la Publication N° 56-1 de la C.E.I.

Le *Chapitre II: Règles relatives au fonctionnement en charge normale*, se compose de trois parties, qui ont été publiées en 1955 dans la Publication N° 56-2 (première partie) et en 1959 dans la Publication N° 56-3 (deuxième et troisième parties).

Le *Chapitre III: Règles relatives à l'isolement*, a été discuté en premier lieu par le Comité d'Etudes N° 17 à Estoril, en 1951. Après examen aux réunions d'Opatija, en 1953, et de Philadelphie, en 1954, un projet fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en août 1955. A la suite des commentaires reçus, il parut utile de poursuivre les discussions à Munich, en 1956, et un projet définitif fut ensuite soumis en février 1957 pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois.

Les Comités nationaux des pays suivants ont donné explicitement leur accord à la publication du *Chapitre III*:

Allemagne	Pays-Bas
Autriche	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Danemark	Suisse
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	Union Sud-Africaine
Japon	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

I.E.C. SPECIFICATION FOR ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

Chapter III: Rules for strength of insulation

Chapter IV: Rules for the selection of circuit-breakers for service

Chapter V: Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service

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 Publication contains:

- *Chapter III: Rules for strength of insulation :*
- *Chapter IV: Rules for the selection of circuit-breakers for service*
- *Chapter V: Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service*

of I.E.C. Publication No. 56: I.E.C. Specification for alternating current circuit-breakers.

Chapter I: Rules for short-circuit conditions, was issued in 1954 as I.E.C. Publication No. 56-1.

Chapter II: Rules for normal load conditions, consists of three Parts, which were issued in 1955 as Publication No. 56-2 (Part 1), and in 1959, as Publication No. 56-3 (Parts 2 and 3).

Chapter III: Rules for strength of insulation, was first discussed by Technical Committee No. 17 in Estoril, in 1951. After consideration at the meetings in Opatija, in 1953, and in Philadelphia, in 1954, a proposal was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in 1955. From the comments received, it appeared necessary to have a further discussion at the meeting in Munich, in 1956, and a final draft was then submitted for approval under the Two Months' Procedure in February 1957.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of *Chapter III*:

Austria	Netherlands
Belgium	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of South Africa
France	United Kingdom
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	Yugoslavia

Le Comité National des Etats-Unis a fait savoir que son accord à ce chapitre ne pourrait être donné que si des modifications étaient apportées aux articles 11, 12, 13, 16, 18, 23 et 24.

Ses principales objections ont trait aux niveaux d'isolement nominaux, à la durée des essais à fréquence industrielle et au nombre d'applications de la tension pour les essais de choc.

Bien qu'il n'ait pas été possible pour le moment de donner satisfaction aux demandes des Etats-Unis, les articles précités seront repris en considération pour la prochaine édition de ce chapitre, après que les spécifications d'essais faisant l'objet de ces articles auront été définitivement adoptées par le Comité d'Etudes N° 42.

Le *Chapitre IV: Règles relatives au choix des disjoncteurs selon le service*, a été discuté à Munich, en 1956, et à Moscou, en 1957.

Le projet résultant de ces discussions a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en janvier 1958.

Les Comités nationaux des pays suivants ont explicitement donné leur accord à la publication du *Chapitre IV* :

Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Brésil	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	Union Sud-Africaine
Japon	Yougoslavie

Le *Chapitre V: Règles relatives à l'installation et à l'entretien des disjoncteurs en service*, a été discuté en premier lieu à Munich, en 1956. A la suite de nouvelles discussions à Moscou, en 1957, un projet a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en janvier 1958.

Les Comités nationaux des pays suivants ont explicitement donné leur accord à la publication du *Chapitre V* :

Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Brésil	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie
Japon	

The United States National Committee stated that its approval of the Chapter was subject to alterations being made in Clauses 11, 12, 13, 16, 18, 23 and 24.

Its main objections concern the rated insulation levels, the duration of power-frequency tests, and the number of voltage applications for impulse tests.

Although it has not been possible to meet the U.S. requests for the time being, the above clauses will be taken into further consideration for a future Edition of the Chapter, when the test specifications set forth in these clauses have been finally decided upon by Technical Committee No. 42.

Chapter IV: Rules for the selection of circuit-breakers for service, was discussed in Munich, in 1956, and in Moscow, in 1957.

The draft resulting from these discussions was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule, in January 1958.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of *Chapter IV*:

Austria	Norway
Belgium	Poland
Brazil	Romania
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Union of South Africa
Hungary	United Kingdom
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United States of America
Netherlands	Yugoslavia

Chapter V: Rules for the erection and maintenance of circuit-breakers in service, was first discussed in Munich, in 1956. After further discussions in Moscow, in 1957, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1958.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of *Chapter V*:

Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Brazil	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
France	United Kingdom
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Hungary	United States of America
Italy	Yugoslavia
Japan	

CHAPITRE III. — RÈGLES RELATIVES A L'ISOLEMENT

1^{re} PARTIE — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Les présentes règles s'appliquent aux disjoncteurs à courant alternatif pour des fréquences allant de 25 jusqu'à 60 Hz, destinés à être utilisés sur des réseaux de tensions supérieures à 1 000 V et dans les conditions de service normal.

Les présentes règles sont applicables, pour le moment, seulement aux disjoncteurs pour des installations exposées. Les règles pour les disjoncteurs pour des installations non exposées sont à l'étude.

La présente spécification ne s'applique qu'aux disjoncteurs destinés à être utilisés à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m (3 300 ft) et dans des régions à climat tempéré. Les disjoncteurs destinés à être utilisés à des altitudes supérieures ou sous des climats tropicaux doivent être soumis à des règles spéciales qui peuvent justifier des accords particuliers.

Note 1. Pour les définitions des installations exposées et non exposées, voir Annexe 1.

Note 2. Pour les conditions anormales de service (par exemple, atmosphères fortement polluées) les disjoncteurs doivent faire l'objet de considérations particulières qui peuvent modifier l'application des présentes règles.

2. Objet

L'objet des présentes règles est de:

- 1) définir les caractéristiques d'isolement des disjoncteurs;
- 2) normaliser leur niveau d'isolement;
- 3) spécifier les essais destinés à vérifier leur niveau d'isolement et les conditions dans lesquelles les essais doivent être faits;
- 4) spécifier les indications que les plaques signalétiques des disjoncteurs doivent porter, en ce qui concerne leur niveau d'isolement.

3. Base des règles

Dans la Publication N° 71 de la C.E.I.: Directives pour la coordination de l'isolement, des niveaux d'isolement sont recommandés pour l'ensemble du matériel électrique pour des installations exposées, et les niveaux d'isolement adoptés dans les présentes règles se basent sur ces recommandations.

2^e PARTIE — DÉFINITIONS

4. Tension nominale la plus élevée d'un disjoncteur

La tension nominale la plus élevée d'un disjoncteur est la tension efficace la plus élevée du réseau pour laquelle le disjoncteur est prévu (voir Publication N° 56-1, Chapitre I, Article 36).

5. Niveau d'isolement

Le niveau d'isolement d'un disjoncteur est la combinaison des valeurs de sa tension nominale la plus élevée et des tensions de tenue au choc et à fréquence industrielle correspondantes qui caractérisent dans leur ensemble l'isolement d'un disjoncteur du point de vue de son aptitude à supporter les contraintes électriques.

Par simplification, le niveau d'isolement nominal d'un disjoncteur s'exprime par sa tension nominale la plus élevée et par sa tension de tenue aux ondes de choc.

CHAPTER III. — RULES FOR STRENGTH OF INSULATION

PART 1 — GENERAL

1. Scope

This specification applies to a.c. circuit-breakers for frequencies in the range of 25 to 60 Hz (c/s), which are intended for use on systems having voltages above 1 000 V under normal service conditions.

The specification applies for the time being to circuit-breakers in exposed installations only. Rules for circuit-breakers in non-exposed installations are under consideration.

The specification only applies to circuit-breakers intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m (3 300 ft) and in regions with a temperate climate. Circuit-breakers which are intended for use at greater altitudes or in tropical climates shall be subject to special requirements which may justify special agreements.

Note 1. For definitions of exposed and non-exposed installations see Appendix I.

Note 2. For abnormal service conditions (for example heavily polluted atmosphere) circuit-breakers shall be subject to special considerations, which may modify the application of these rules.

2. Object

The object of these rules is:

- 1) to define the insulation characteristics of circuit-breakers;
- 2) to standardize their insulation levels;
- 3) to specify the tests intended to verify their insulation level and the conditions under which such tests shall be made;
- 4) to specify the marking on the rating plates of circuit-breakers indicating their insulation level.

3. Basis of rules

In I.E.C. Publication No. 71: Recommendations for Insulation Co-ordination, insulation levels are recommended for the whole range of electrical equipment in exposed installations. The insulation levels adopted in these rules are based on those recommendations.

PART 2 — DEFINITIONS

4. Higher rated voltage

The higher rated voltage of a circuit-breaker is the highest r.m.s. system voltage for which the circuit-breaker is designed (see Publication No. 56-1, Chapter I, Clause 36).

5. Insulation level

The insulation level of a circuit-breaker is the combination of the values of the higher rated voltage, the corresponding impulse withstand voltage and the corresponding power-frequency withstand voltage, which together characterize the insulation of the circuit-breaker with regard to its ability to withstand the electric stresses.

For convenience the rated insulation level of a circuit-breaker is designated by the higher rated voltage and the impulse withstand voltage.

6. Tension de tenue à fréquence industrielle

La tension de tenue à fréquence industrielle est la valeur efficace de la tension alternative sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolation du disjoncteur doit supporter dans des conditions d'essai spécifiées.

7. Tension de tenue au choc

La tension de tenue au choc est la valeur de l'amplitude de l'onde de choc normalisée que l'isolation du disjoncteur doit supporter dans des conditions d'essai spécifiées.

8. Disjoncteur pour l'intérieur

Un disjoncteur pour l'intérieur est un disjoncteur prévu pour montage à l'intérieur d'un bâtiment ou autre abri, où son isolation est protégée contre la pluie, la neige, les dépôts anormaux de poussière et la condensation anormale, y compris la rosée et la gelée blanche.

9. Disjoncteur pour l'extérieur

Un disjoncteur pour l'extérieur est un disjoncteur prévu pour installation à l'air libre, l'isolement externe étant réalisé de manière à supporter les effets de la pluie, de la neige, des dépôts de poussière (voir l'article 1, note 2) et de la condensation, y compris la rosée et la gelée blanche.

3^e PARTIE — RÈGLES DE SPÉCIFICATION

10. Spécification du niveau d'isolement

Les valeurs caractéristiques qui doivent être utilisées pour spécifier le niveau d'isolement d'un disjoncteur sont les suivantes:

- a) sa tension nominale la plus élevée;
- b) sa tension de tenue aux ondes de choc.

Ces valeurs de tensions doivent être indiquées sur la plaque signalétique.

Il doit être spécifié également si le disjoncteur est pour l'intérieur ou pour l'extérieur.

11. Niveau d'isolement nominal

Le niveau d'isolement nominal d'un disjoncteur doit être choisi dans les tableaux 1, 2 et 3, pages 14 et 16. Ces tableaux donnent également les tensions de tenue à fréquence industrielle.

- a) Pour les tensions nominales égales ou inférieures à 72,5 kV, deux tableaux de niveau d'isolement nominaux sont donnés:

- le tableau 1 basé sur la pratique courante en Europe, et
- le tableau 2 basé sur la pratique courante aux Etats-Unis et au Canada.

- b) Pour les tensions nominales supérieures à 72,5 kV, les niveaux d'isolement nominaux sont donnés dans le tableau 3, qui contient deux valeurs, l'une correspondant à la pleine isolation et l'autre à l'isolation réduite.

Les valeurs de pleine isolation s'entendent pour les disjoncteurs destinés à être utilisés dans des réseaux à neutre isolé, mis à la terre par bobine d'extinction ou non effectivement mis à la terre.

Les valeurs d'isolation réduite s'entendent pour les disjoncteurs destinés à être utilisés dans les réseaux à neutre effectivement mis à la terre.

Note 1. Pour les définitions des conditions de mise à la terre des réseaux voir Annexe I.

Note 2. Les valeurs de tension figurant dans les tableaux 1, 2 et 3 s'entendent pour les valeurs normales de référence de température, de pression et d'humidité spécifiées à l'article 13.

6. Power-frequency withstand voltage

The power-frequency withstand voltage is the r.m.s. value of the sinusoidal alternating voltage of power-frequency which the insulation of a circuit-breaker shall withstand under specified test conditions.

7. Impulse withstand voltage

The impulse withstand voltage is the value of the amplitude of the standard impulse voltage wave which the insulation of the circuit-breaker shall withstand under specified test conditions.

8. Indoor circuit-breaker

An indoor circuit-breaker is a circuit-breaker designed for installation within a building or other housing, where the insulation is protected against rain, snow, abnormal dirt deposits, and abnormal condensation including dew and hoar-frost.

9. Outdoor circuit-breaker

An outdoor circuit-breaker is a circuit-breaker designed for installation in the open air, the external insulation being designed to withstand rain, snow, dirt deposits (see Clause 1, Note 2), and condensation including dew and hoar-frost.

PART 3 — RULES FOR RATING

10. Specification of insulation level

The characteristic values that shall be used to state the insulation level of a circuit-breaker are the following:

- a) the higher rated voltage;
- b) the impulse withstand voltage.

These values shall be marked on the rating plate.

It shall also be stated whether the circuit-breaker is an indoor or outdoor type.

11. Rated insulation level

The rated insulation level of a circuit-breaker shall be selected from Tables 1, 2 and 3, pages 15 and 17. These tables also indicate the corresponding values of power-frequency withstand voltage.

- a) For rated voltages *up to and including 72.5 kV* two tables of rated insulation levels are given:

- *Table 1* based on current practice in Europe, and
- *Table 2* based on current practice in the U.S.A. and Canada.

- b) For rated voltages *above 72.5 kV* the rated insulation levels are given in *Table 3*, which contains alternative values for full and reduced insulation.

Full insulation values are intended for circuit-breakers for use on systems having the neutral insulated, resonant-earthed or non-effectively earthed.

Reduced insulation values are intended for circuit-breakers for use on systems having the neutral effectively earthed.

Note 1. For definitions of conditions of system earthing see Appendix I.

Note 2. The voltage values in Tables 1, 2 and 3 apply at the standard reference conditions of temperature, pressure and humidity specified in Clause 13.

Tableau 1

Niveaux nominaux d'isolement des disjoncteurs		Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute ¹⁾	
Tension nominale la plus élevée kV (eff.)	Tension de tenue au choc normalisée positive et négative kV (crête)	Pour essais de type *	Pour essais individuels
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4
3,6	45	21	16
7,2	60	27	22
12	75	35	28
17,5	95	45	38
24	125	55	50
36	170	75	70
52	250	105	95
72,5	325	140	140

* Le remplacement de cet essai par une autre exigence mieux appropriée est à l'étude.

Tableau 2

Niveaux nominaux d'isolement des disjoncteurs		Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute ¹⁾
Tension nominale la plus élevée kV (eff.)	Tension de tenue au choc normalisée positive et négative kV (crête)	Pour essais de type et pour essais individuels kV (eff.)
Col. 1	Col. 2	Col. 3
4,76	60	19
8,25	75	26
15,0	95	36
15,5	110	50
25,8	150	60
38,0	200	80
48,3	250	105
72,5	350	160

¹⁾ L'opportunité d'introduire des règles relatives aux longueurs des lignes de fuite est à l'étude.

Table 1

Circuit-breaker rated insulation level		One-minute power-frequency withstand voltage ¹⁾	
Higher rated voltage	Standard impulse withstand voltage positive and negative polarity kV (peak)	For type tests *	For routine tests
kV (r.m.s.)		kV (r.m.s.)	kV (r.m.s.)
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4
3.6	45	21	16
7.2	60	27	22
12	75	35	28
17.5	95	45	38
24	125	55	50
36	170	75	70
52	250	105	95
72.5	325	140	140

* The replacement of this test by some other more appropriate requirement is under consideration.

Table 2

Circuit-breaker rated insulation level		One-minute power-frequency withstand voltage ¹⁾
Higher rated voltage	Standard impulse withstand voltage positive and negative polarity kV (peak)	For type and routine tests
kV (r.m.s.)		kV (r.m.s.)
Col. 1	Col. 2	Col. 3
4.76	60	19
8.25	75	26
15.0	95	36
15.5	110	50
25.8	150	60
38.0	200	80
48.3	250	105
72.5	350	160

¹⁾ The desirability of introducing creepage distances is under consideration.

Tableau 3

Niveaux nominaux d'isolement des disjoncteurs			Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute ¹⁾	
Tension nominale la plus élevée kV (eff.)	Tension de tenue au choc normalisée positive et négative kV (crête)		kV (eff.)	
	pleine isolation	isolation réduite	Pour essais de type et pour essais individuels	
			pleine isolation	isolation réduite
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	650	325	275
245	1 050	900	460	395
300	—	1 050	—	460
420	—	²⁾	—	²⁾

¹⁾ L'opportunité d'introduire des règles relatives aux longueurs des lignes de fuite est à l'étude.

²⁾ Ces valeurs sont à l'étude.

4^e PARTIE — ESSAIS

12. Généralités

Le niveau d'isolement d'un disjoncteur est vérifié par des essais de type et des essais individuels.

Les *essais de type* comprennent:

- a) les essais de tenue au choc à sec;
- b) les essais de tenue à fréquence industrielle à sec pendant une minute;
- c) pour les disjoncteurs d'extérieur seulement, les essais de tenue à fréquence industrielle sous pluie.

Les *essais individuels* comprennent les essais de tenue à fréquence industrielle à sec pendant une minute.

Tous les essais doivent être faits sur des appareils complets. Toutefois, pour les disjoncteurs qui ne sont pas complètement montés avant l'expédition et sur lesquels il est impossible, en conséquence, d'effectuer les essais individuels sur le disjoncteur complet, des essais séparés à fréquence industrielle doivent être exécutés sur les parties isolantes les plus importantes, telles que les traversées, les isolateurs et bielles isolantes de commande.

13. Conditions de l'air ambiant lors des essais

Les essais doivent être effectués à une température aussi voisine que possible de 20°C et à une pression barométrique aussi voisine que possible de 760 mm de mercure.

Table 3

Circuit-breaker rated insulation level			One-minute power-frequency withstand voltage ¹⁾	
Higher rated voltage kV (r.m.s.)	Standard impulse withstand voltage positive and negative polarity kV (peak)		kV (r.m.s.)	
	Full insulation	Reduced insulation	For type and routine tests	
			Full insulation	Reduced insulation
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	650	325	275
245	1 050	900	460	395
300	—	1 050	—	460
420	—	²⁾	—	²⁾

¹⁾ The desirability of introducing creepage distances is under consideration.

²⁾ Values under consideration.

PART 4 — TESTS

12. General

The insulation level of circuit-breakers shall be verified by means of type and routine tests.

The *type tests* comprise:

- impulse voltage dry withstand tests;
- one-minute power-frequency voltage dry withstand tests;
- one-minute power-frequency voltage wet withstand tests (for outdoor circuit-breakers only).

The *routine tests* comprise one-minute power-frequency voltage dry withstand tests.

All tests shall be made on complete circuit-breakers. However, for circuit-breakers which are not completely assembled before shipment and on which it is therefore not possible to make the routine tests specified on the complete circuit-breaker, separate power-frequency tests at the specified voltage shall be made on all the major insulation components such as bushings, insulators and operating rods.

13. Ambient air conditions during tests

The tests shall be carried out at a temperature as near as possible to 20°C, and a barometric pressure as near as possible to 760 mm of mercury.

Lorsque la densité relative de l'air ambiant au moment des essais est inférieure à celle résultant des valeurs ci-dessus et s'il y a de ce fait risque d'amorçage à l'extérieur des isolants, les tensions d'essai seront corrigées en multipliant les valeurs spécifiées par un facteur k donné par:

$$k = \frac{0,386 b}{273 + t}$$

où b est la pression de l'air en millimètres de mercure;

t est la température de l'air en °C.

Les essais à sec doivent être effectués dans une atmosphère dont l'humidité absolue est aussi voisine que possible de 11 grammes de vapeur d'eau par mètre cube. Lorsque l'humidité absolue de l'atmosphère est différente de 11 grammes de vapeur d'eau par mètre cube, et s'il en résulte un risque possible d'amorçage à l'extérieur des isolants, les tensions d'essais devront être corrigées en multipliant les valeurs spécifiées par un facteur de correction déduit de courbes de correction.

L'humidité doit être mesurée à l'aide d'un psychromètre (thermomètre à ampoule humide et à ampoule sèche). L'humidité doit être lue sur la figure 1, page 27.

Note: Les courbes de correction sont en cours d'étude.

14. Etat du disjoncteur pendant les essais

Tous les essais de vérification du niveau d'isolement doivent être effectués sur des disjoncteurs neufs.

Lorsque le constructeur spécifie qu'une isolation supplémentaire, telle qu'un enrubannage ou des écrans isolants, est prévue pour être utilisée en service, cette isolation supplémentaire devra aussi être utilisée lors des essais.

15. Application de la tension d'essai pour les essais en ondes de choc et à fréquence industrielle

La tension d'essai doit être appliquée comme suit:

1) *Le disjoncteur étant fermé*

successivement entre les bornes de chaque pôle et le bâti du disjoncteur, les bornes de tous les autres pôles étant raccordées au bâti.

2) *Le disjoncteur étant ouvert*

a) entre les bornes de tous les pôles raccordées entre elles et le bâti du disjoncteur;

b) entre une borne de chaque pôle et l'autre borne du même pôle connectée au bâti du disjoncteur.

L'essai doit être répété en intervertissant les connexions reliant les bornes à la source et au bâti. Pour les disjoncteurs multipolaires, les bornes correspondantes de chacun des pôles peuvent être mises en parallèle.

Lorsque la distance entre les pôles d'un disjoncteur n'est pas fixée par construction, la distance entre les pôles à adopter pour les essais sera la valeur minimum indiquée par le constructeur.

Toutefois, afin d'éviter à la nécessité de monter des disjoncteurs de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, si la distance envisagée en service est telle qu'un amorçage entre les pôles n'est pas à craindre, les essais entre les pôles ne seront pas exécutés.

Note: Il ne sera nécessaire de faire l'essai 2 a) que si les distances entre les pièces sous tension et la masse sont réduites dans la position d'ouverture du disjoncteur.

When the density of the ambient air at the time of the tests is less than that resulting from the values above, and there is for this reason a risk of external flashover of the insulation, the voltage specified for the test shall be multiplied by a correction coefficient k given by:

$$k = \frac{0.386 b}{273 + t}$$

where b is the air pressure in millimetres of mercury;

t is the air temperature in °C.

Dry tests shall be made in an atmosphere having an absolute humidity as near as possible to 11 grammes of water vapour per cubic metre. When the absolute humidity of the atmosphere differs from 11 grammes of water vapour per cubic metre, and if as a result there is any risk of external flashover of the insulation, the test voltages shall be corrected by multiplying the specified values by a correction factor obtained from correction curves. The humidity shall be measured by means of a psychrometer (wet and dry bulb thermometers). The humidity shall be read from Figure 1, page 27.

Note: Correction curves are under consideration.

14. Condition of circuit-breaker during tests

All tests to verify insulation levels shall be made on new circuit-breakers.

When the manufacturer states that supplementary insulation, such as tape or barriers, is required to be used in service, such supplementary insulation shall also be used during the tests.

15. Application of test voltage for impulse and power-frequency tests

The test voltage shall be applied as follows:

1) *With the circuit-breaker closed*

between the terminals of each pole in turn and the frame of the circuit-breaker, the terminals of all other poles being connected to the frame of the circuit-breaker.

2) *With the circuit-breaker fully open*

a) between the terminals of all the poles connected together, and the frame of the circuit-breaker;

b) between one terminal of each pole and the other terminal of the same pole connected to the frame of the circuit-breaker. The test shall be repeated with the connections from the terminals to the source and the frame interchanged. For multi-pole circuit-breakers, the corresponding terminals of each pole may be connected in parallel.

When the distance between the poles of a circuit-breaker is not inherently fixed by the design, the distance between the poles for the test shall be the minimum value stated by the manufacturer.

However, to obviate the necessity of erecting large circuit-breakers for test purposes alone, if the distance between poles when mounted in service will be such that there is no risk of flashover between poles, the tests between poles need not be made.

Note: Test 2 a) need not be made unless the clearances between live parts and earth are reduced in the open position of the circuit-breaker.

16. Essais de choc

Tous les disjoncteurs pour l'extérieur, et les disjoncteurs pour l'intérieur destinés à être utilisés dans des installations exposées, doivent être soumis à des essais de choc, aux valeurs spécifiées à l'article 11. Ces essais sont des essais de type à sec.

La forme de la tension d'essai appliquée doit être celle de l'onde de choc normalisée conforme à la définition de la Publication N° 60 de la C.E.I.

Au cours de l'essai, une borne du générateur de choc doit être reliée à la terre et au bâti du disjoncteur.

On applique cinq ondes de choc successivement. Si aucun amorçage ou aucune perforation ne se produit, l'appareil est considéré comme ayant satisfait à l'essai. S'il y a une perforation, ou si au moins deux des ondes appliquées provoquent un amorçage, le disjoncteur est considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai. Si l'une des ondes appliquées provoque un amorçage, on doit appliquer dix ondes supplémentaires. Le disjoncteur est alors considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit pendant ces applications supplémentaires aucun amorçage ni aucune perforation.

Le disjoncteur doit pouvoir satisfaire aux essais spécifiés, tant sous des tensions de polarité positive que sous des tensions de polarité négative, mais lorsque la polarité qui donnera la tension d'amorçage la plus basse est évidente, il suffit de procéder à l'essai avec cette polarité.

La valeur de crête et la forme d'onde de la tension d'essai doivent être enregistrées pour tous les essais au moyen d'un oscillographe cathodique et d'un diviseur de tension étalonné.

17. Essais à fréquence industrielle à sec

Tous les disjoncteurs doivent être soumis à l'essai de tenue d'une minute à fréquence industrielle à sec, comme spécifié ci-après. Si un amorçage ou une perforation se produit, le disjoncteur sera considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

La tension d'essai doit avoir approximativement une forme sinusoïdale, une valeur de crête égale à $\sqrt{2}$ fois la valeur spécifiée à l'article 11 et une fréquence comprise entre 20 et 75 Hz.

La tension d'essai doit être mesurée soit directement au moyen d'un éclateur à sphères en conformité avec la Publication N° 52 de la C.E.I., ou au moyen de tout autre instrument de mesure, étalonné par comparaison avec un éclateur à sphères.

La tension d'essai doit être rapidement élevée jusqu'à environ 75 % de la tension d'essai spécifiée, puis augmentée pendant 5 secondes jusqu'à la pleine valeur. La tension d'essai spécifiée doit être maintenue pendant une minute, puis coupée.

Au cours des essais, l'une des bornes du transformateur d'essai doit être reliée à la terre et au bâti du disjoncteur. Le circuit d'essai (transformateur avec le dispositif de réglage de la tension) doit avoir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A. Il est admis de contrôler l'amplitude du courant aux environs du dixième de la tension d'essai spécifiée.

18. Essais à fréquence industrielle sous pluie

Les disjoncteurs pour emploi à l'extérieur doivent subir, sous pluie, un essai de type de tenue de 1 minute à fréquence industrielle dans les mêmes conditions que celles indiquées à l'article 17.

Au cours de ces essais, le disjoncteur doit être soumis à une pluie artificielle, tombant sous un angle de 45° par rapport à la verticale et suivant un débit de 3 millimètres $\pm$ 10 % par minute. La température de l'eau doit être sensiblement la même que la température de l'air ambiant; en aucun cas elle ne doit être inférieure à cette dernière de plus de 10°C. La résistivité volumétrique de l'eau doit être comprise entre 9 000 et 11 000 ohms centimètre mesurée à la température de l'eau utilisée pendant l'essai. La pluie artificielle doit être finement divisée et doit avoir une répartition raisonnablement uniforme.

16. Impulse voltage tests

All outdoor circuit-breakers, and indoor circuit-breakers for use in exposed installations, shall be subjected to impulse voltage tests at the appropriate value specified in Clause 11. These tests shall be made as type tests on circuit-breakers in dry condition.

The shape of the test voltage applied shall be that of the standard impulse wave according to the definition occurring in I.E.C. Publication No. 60.

During the test one terminal of the impulse-voltage generator shall be connected to earth and to the frame of the circuit-breaker.

Five consecutive impulse-voltage waves shall be applied. If a flashover or puncture does not occur, the apparatus shall be considered to have passed the test. If puncture occurs, or if on two or more of the applied test waves flashover occurs, the circuit-breaker shall be considered to have failed the test. If on one of the applied test waves flashover occurs, ten additional test waves shall be applied. The circuit-breaker shall be considered to have passed the test only if flashover or puncture does not occur on any of these additional tests.

The circuit-breaker shall be capable of passing the specified tests with voltages of both positive and negative polarity. However, when it is evident which polarity will give the lower breakdown voltage, it shall suffice to test with that polarity.

The peak value and the wave-shape of the test-voltage shall be recorded for all tests by means of a cathode-ray oscillograph with a calibrated voltage divider.

17. Power-frequency voltage dry tests

All circuit-breakers shall be subjected to one-minute power-frequency voltage dry withstand tests as specified below. If flashover or puncture occurs, the circuit-breaker shall be considered to have failed the test.

The test voltage shall have approximately a sine-wave form, a peak value equal to $\sqrt{2}$ times the value specified in Clause 11 and a frequency between 20 and 75 Hz (c/s).

The test voltage shall be measured either directly by means of a sphere gap in accordance with I.E.C. Publication No. 52, or by means of a measuring instrument calibrated against a sphere gap.

The test voltage shall be raised rapidly to about 75 % of the specified value and then increased during 5 seconds to the full value. The specified test voltage shall be maintained for one minute and then disconnected.

During the tests one terminal of the testing transformer shall be connected to earth and to the frame of the circuit-breaker. The test circuit (transformer with voltage regulating device) shall have a short-circuit current of at least 0.2 A. It is permissible to check the magnitude of the current at about one-tenth of the specified test voltage.

18. Power-frequency voltage wet tests

Outdoor circuit-breakers shall be subjected to one-minute power-frequency voltage wet withstand type tests under the same conditions as those specified in Clause 17.

During these tests, the circuit-breaker shall be subjected to artificial rain at an angle of 45° to the vertical and at a rate of 3 mm $\pm$ 10 % per minute. The temperature of the water shall be practically the same as the ambient air temperature and in any case not more than 10°C below. The volume resistivity of the water shall be between 9 000 and 11 000 ohm centimetre measured at the temperature of the water used during the test. The artificial rain shall be a finely divided and reasonably uniform spray.

Avant l'application de la tension d'essai, le disjoncteur doit être soumis à la pluie artificielle pendant une durée suffisante pour qu'un régime stationnaire soit établi (au moins une minute). Il faut s'assurer que l'ensemble de l'isolation du disjoncteur en cours d'essai est uniformément soumis à la pluie et que les conditions de répartition de cette pluie restent constantes au cours de l'essai.

Note: Les conditions de la mesure du taux de précipitation de l'eau sont à l'étude.

19. Essais des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires de tous les disjoncteurs doivent être soumis à un essai de tenue à fréquence industrielle pendant une minute:

- 1) entre les circuits auxiliaires reliés entre eux et le bâti du disjoncteur;
- 2) s'il y a lieu, entre chaque partie des circuits auxiliaires qui peut être isolée des autres parties en service normal, et les autres parties, reliées entre elles et au bâti.

Pour les circuits auxiliaires autres que ceux connectés aux secondaires des transformateurs de courant, la valeur efficace de la tension d'essai doit être égale à deux fois la tension nominale d'alimentation plus 1 000 volts, avec un minimum de 1 500 V. Les circuits connectés aux secondaires des transformateurs de courant doivent être essayés à 2 500 V.

S'il se produit un amorçage ou une perforation, le disjoncteur doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Before the test voltage is applied, the circuit-breaker shall be subjected to artificial rain for a sufficient time (at least one minute) for stable conditions to be attained. It must be observed that the whole of the circuit-breaker insulation under test is uniformly sprayed and also that the spray conditions remain constant during the test.

Note: The method of measuring the rate of precipitation is under consideration.

19. Tests on auxiliary circuits

Auxiliary circuits of all circuit-breakers shall be subjected to one-minute power-frequency voltage withstand routine tests:

- 1) between the auxiliary circuits connected together as a whole and the frame of the circuit-breaker;
- 2) if applicable, between each part of the auxiliary circuits which in normal use may be insulated from the other parts, and the other parts connected together and to the frame.

For all auxiliary circuits, except those connected to secondary windings of current transformers, the r.m.s. value of the test voltage shall be equal to twice the highest rated auxiliary supply voltage plus 1 000 V, with a minimum of 1 500 V. For auxiliary circuits connected to secondary windings of current transformers the test voltage shall be 2 500 V.

If puncture or flashover occurs, the circuit-breaker shall be considered to have failed the test.

ANNEXE I

Définitions de la Publication N° 71 de la C.E.I.:
Directives pour la coordination de l'isolement (Deuxième édition)*

20. Installation en situation exposée

Une installation en situation exposée est une installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique.

Note: Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, soit directement soit par une courte longueur de câble.

21. Installation en situation non exposée

Une installation en situation non exposée est une installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique.

Note: Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains.

22. Réseau à neutre isolé

Un réseau à neutre isolé est un réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure et de protection, de très grande impédance.

23. Réseau compensé par bobine d'extinction

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

Note: Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant de défaut résultant est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteigne spontanément.

24. Réseau à neutre à la terre

Un réseau à neutre à la terre est un réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection sélective de terre.

- a) *Un réseau à neutre effectivement à la terre* en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un coefficient de mise à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 80 %.

Note: Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 1 pour toutes les configurations du système.

- b) *Un réseau à neutre non effectivement à la terre* en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un coefficient de mise à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 80 %.

25. Coefficient de mise à la terre

Le coefficient de mise à la terre à un emplacement déterminé d'un réseau triphasé (généralement le point d'installation d'un matériel), et pour une configuration donnée du réseau, est le rapport, exprimé en pour-cent, de la tension efficace la plus élevée à la fréquence du réseau entre une phase saine et la terre à cet emplacement pendant un défaut à la terre affectant une ou plusieurs phases, à la tension efficace entre phases à la fréquence du réseau qui serait obtenue au même emplacement avec disparition du défaut.

Note 1. En général, on supposera que le défaut se produit à l'emplacement pour lequel on calcule le coefficient, mais dans certains cas particuliers, qui se rencontrent surtout quand le coefficient de mise à la terre dépasse 100 %, on pourra être amené à rechercher l'influence d'un emplacement différent du défaut sur la valeur la plus élevée de la tension à la terre.

Note 2. On retiendra le plus élevé des coefficients correspondant aux différentes configurations du réseau qui se présentent dans la pratique. Pour certains réseaux on pourra se contenter d'un seul coefficient caractérisant le réseau. Généralement on calculera le coefficient en fonction des impédances des différentes suites du réseau, en utilisant pour les générateurs les réactances subtransitoires.

* Une troisième édition de la Publication N° 71 est en préparation.

APPENDIX I

**Definitions from I.E.C. Publication No. 71:
Recommendations for Insulation Co-ordination (Second Edition) ***

20. Exposed installation

An exposed installation is an installation in which the apparatus is subject to overvoltages of atmospheric origin.

Note: Such installations are usually connected to overhead transmission lines, either directly, or through a short length of cable.

21. Non-exposed installation

A non-exposed installation is an installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin.

Note: Such installations are usually connected to cable networks.

22. Isolated neutral system

An isolated neutral system is a system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring or protective devices of very high impedance.

23. Resonant earthed system

A resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil) is a system earthed through a reactor, the reactance being of such value that during a single line-to-earth fault, the power frequency inductive current passed by this reactor essentially neutralizes the power-frequency capacitance component of the earth-fault current.

Note: With resonant earthing of a system, the net current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air would be self-extinguishing.

24. Earthed neutral system

An earthed neutral system is a system in which the neutral is connected to earth, either solidly, or through a resistance or reactance of low enough value to reduce materially transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection.

- a) *A system with effectively earthed neutral* at a given location is a system characterized by a coefficient of earthing at this point which does not exceed 80%.

Note: This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than three and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one.

- b) *A system with non-effectively earthed neutral* at a given location is a system characterized by a coefficient of earthing at this point that may exceed 80%.

25. Coefficient of Earthing

The coefficient of earthing at a selected location of a three-phase system (generally the point of installation of an equipment), for a given system layout, is the ratio, expressed as a percentage, of the highest r.m.s. line-to-earth power-frequency voltage on a sound phase at the selected location during a fault to earth affecting one or more phases, to the line-to-line r.m.s. power-frequency voltage which would be obtained at the selected location with the fault removed.

Note 1. In general it will be presumed that the fault is located at the point for which the coefficient is desired, but in some special cases (which are to be expected mainly when the coefficient of earthing exceeds 100%) the effect of other fault locations on the highest value of the voltage to earth should be investigated.

Note 2. The highest value of the coefficient for the various system layouts which may occur in practice shall be used. For certain systems, a single coefficient may be sufficient to characterize the system. Generally, the coefficient will be calculated from the phase-sequence impedance components of the system, using for the generators the subtransient reactances.

* A third edition of Publication No. 71 is in course of preparation.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60056-4:1959

Withdr2wn

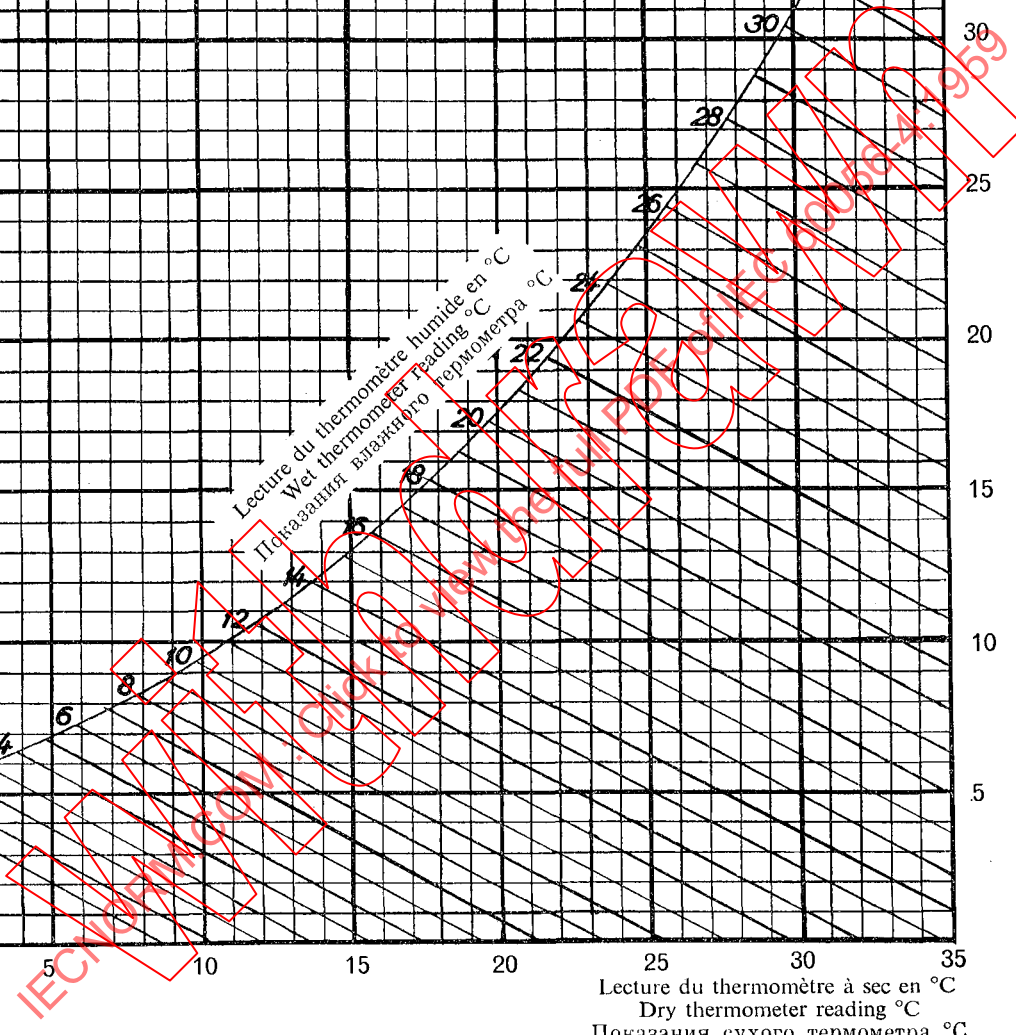


FIGURE 1. Humidité en grammes/mètre³ en fonction des lectures des thermomètres sec et humide.
Humidity in grammes/metre³ as a function of dry and wet bulb thermometer readings.

CHAPITRE IV. — RÈGLES POUR LE CHOIX DES DISJONCTEURS SELON LE SERVICE

1^{re} PARTIE — GÉNÉRALITÉS

Un disjoncteur de caractéristiques nominales convenables pour un certain emploi en service sera choisi dans les meilleures conditions en considérant les caractéristiques nominales individuelles qu'exigent les conditions en charge normale et en cas de défauts.

Les tableaux des caractéristiques nominales préférentielles et de coordination des caractéristiques nominales pour les disjoncteurs sont donnés au Chapitre II, 3^e partie (Publication N° 56-3). Les caractéristiques nominales d'un disjoncteur doivent être choisies parmi celles indiquées dans ces tableaux en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées.

Les valeurs utilisées pour spécifier les caractéristiques nominales d'un disjoncteur sont les suivantes:

- tensions nominales (Article 1)
- niveau d'isolement nominal, type intérieur ou extérieur (Article 5)
- courant nominal en service continu (Article 2)
- fréquence nominale (Article 3)
- pouvoirs de coupure nominaux (symétrique et asymétrique) (Article 7)
- tension transitoire nominale de rétablissement (facteur d'amplitude et vitesse d'accroissement ou fréquence propre) (Article 7)
- pouvoirs de fermeture nominaux (Article 8)
- surintensité nominale de courte durée ou durée maximum nominale de court-circuit (Article 9)
- cycles de fonctionnement nominaux (Article 10)

D'autres caractéristiques à considérer lors du choix d'un disjoncteur sont, par exemple:

- la durée d'ouverture (Article 7)
- la durée de fermeture (Article 8)
- le mécanisme de commande (Article 11)

Les fonctionnements imposés par les conditions en cas de défauts, qui peuvent être exigées d'un disjoncteur, doivent être déterminés en calculant en fonction du temps les courants de court-circuit, au lieu où l'installation du disjoncteur est prévue dans le réseau, selon une méthode de calcul reconnue telle que celle qui est décrite dans l'annexe (page 42).

Lorsqu'on procède au choix d'un disjoncteur, il doit être tenu compte du développement futur probable du réseau dans son ensemble, de telle sorte que le disjoncteur puisse convenir, non seulement pour les besoins immédiats, mais aussi pour les exigences futures.

Note: Quelques conditions se présentant en service, telles que le faux couplage, la perte de synchronisme, la commande d'importantes batteries de condensateurs ou de fours à arc, ne sont pas prises en considération dans les Règles et doivent de ce fait être considérées comme des conditions spéciales pour lesquelles un accord doit intervenir entre le constructeur et l'utilisateur.

Ceci s'applique également aux disjoncteurs utilisés pour des emplois nécessitant une fréquence de manœuvre anormalement élevée ou pour des fonctionnements conduisant à l'apparition d'une tension de rétablissement supérieure à la tension nominale la plus élevée du disjoncteur, ce qui peut être le cas en certains points du réseau et, en particulier, à l'extrémité de longues lignes.

Dans ce cas particulier, la valeur du courant qui doit être interrompu à la tension la plus élevée susceptible d'apparaître aux bornes du disjoncteur lors de son ouverture, doit faire l'objet d'un accord similaire.

CHAPTER IV. — RULES FOR THE SELECTION OF CIRCUIT-BREAKERS FOR SERVICE

PART 1 — GENERAL

A circuit-breaker of a suitable rating for a given duty in service, is best selected by considering the individual ratings required by load conditions and fault conditions.

Tables of preferred ratings and co-ordination of ratings for circuit-breakers are given in Chapter II, Part 3 (Publication No. 56-3). The ratings for a circuit-breaker should be chosen from these Tables according to the characteristics of the system as well as to its prospective developments.

The values used to state the rating of a circuit-breaker are as follows:

- rated voltages (Clause 1)
- rated insulation level, indoor or outdoor type (Clause 5)
- rated normal current (Clause 2)
- rated frequency (Clause 3)
- rated breaking-capacities (symmetrical and asymmetrical) (Clause 7)
- rated restriking-voltage (amplitude factor and rate-of-rise or natural frequency) (Clause 7)
- rated making-capacities (Clause 8)
- rated short-time current or rated maximum duration of short-circuit (Clause 9)
- rated operating-duties (Clause 10)

Other characteristics to be considered when selecting a circuit-breaker are for example:

- opening-time (Clause 7)
- make-time (Clause 8)
- operating mechanism (Clause 11)

The duty imposed by the fault conditions with which a circuit-breaker is required to deal, should be determined by calculating the fault-currents with respect to time at the place where the circuit-breaker is to be located in the system, in accordance with some recognized method of calculation such as the one described in the Appendix (page 43).

When selecting a circuit-breaker, due allowance should be made for the likely future development of the system as a whole, so that the circuit-breaker may be suitable not merely for immediate needs but also for the requirements of the future.

Note: Some service conditions, such as faulty synchronizing, loss of synchronism, switching of large capacitor banks or arc furnaces, are not dealt with in the Rules and should therefore be considered as special conditions for which agreement should be reached between manufacturer and user.

The same applies to circuit-breakers used for unusually frequent operation or any operation leading to a recovery voltage higher than the higher rated voltage of the circuit-breaker, which may be the case at certain points of the system and, in particular, at the end of long lines.

In this particular case, the value of current to be interrupted at the highest voltage which may occur across the terminals of the circuit-breaker when opening, should be subject to a similar agreement.

2^e PARTIE — CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES NOMINALES POUR LES CONDITIONS EN SERVICE NORMAL

1. Choix des tensions nominales

Le choix des tensions nominales d'un disjoncteur doit être fait en accord avec le Chapitre I, article 36, (Publication N° 56-1), les tableaux de coordination du Chapitre II, 3^e partie (Publication N° 56-3), et les tableaux des niveaux d'isolement du Chapitre III (article 11). (Lorsqu'un disjoncteur doit être utilisé à haute altitude, on doit consulter l'article 6, page 32.)

La tension nominale la plus élevée du disjoncteur doit être choisie au moins égale à la tension la plus élevée du réseau à l'endroit où le disjoncteur doit être installé.

Les tensions nominales données dans les tableaux mentionnés ci-dessus sont les tensions entre phases.

2. Choix du courant nominal en service continu

Le courant nominal en service continu du disjoncteur est donné au Chapitre II, 1^{re} partie, article 4 (Publication N° 56-2). On notera que les disjoncteurs n'ont aucune capacité de surcharge continue spécifiée. De ce fait, lorsqu'on choisit un disjoncteur, son courant nominal en service continu doit être tel qu'il convienne pour toutes les surintensités de courte durée qui peuvent se produire en service. Lorsque des surintensités intermittentes fréquentes et importantes sont prévisibles, le constructeur doit être consulté.

Le courant nominal en service continu d'un disjoncteur doit avoir l'une des valeurs normales données au Chapitre II, 1^{re} partie, article 4. Les valeurs à utiliser correspondant à chaque tension nominale et à chaque pouvoir de coupure nominal sont données dans les tableaux de coordination du Chapitre II, 3^e partie (Publication N° 56-3).

Note: En ce qui concerne les disjoncteurs prévus pour supporter, pendant une longue durée et sans aucune manœuvre, une charge permanente approximativement égale à leur courant nominal en service continu, le constructeur doit être consulté.

3. 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. Le constructeur devra être consulté si un disjoncteur doit être utilisé à une autre fréquence que sa fréquence nominale.

4. Conditions locales atmosphériques et climatiques

Les règles s'appliquent aux disjoncteurs qui sont établis pour être utilisés dans les conditions de service normal, dans lesquelles la température ambiante n'excède pas 40°C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 heures, n'excède pas 35°C.

Le constructeur doit être consulté si le disjoncteur doit être placé dans un endroit où la température peut descendre au-dessous de -5°C pour un disjoncteur de type intérieur, et au-dessous de -25°C pour un disjoncteur de type extérieur, ou dans des endroits où la température peut dépasser 40°C (ou si la valeur moyenne dépasse 35°C).

Pour les disjoncteurs du type extérieur, les conditions atmosphériques dans certaines zones sont défavorables du fait de la fumée, des vapeurs chimiques, des projections salines ou d'autres conditions similaires. Lorsque l'existence de telles conditions défavorables est connue, une attention toute particulière doit être donnée à la réalisation des parties du disjoncteur, particulièrement des isolateurs, qui sont normalement exposées à l'atmosphère. Une pollution excessive existe parfois dans certaines zones industrielles et dans certaines zones côtières, et une chose importante à ce sujet est de savoir jusqu'à quel point on peut compter sur la pluie, en ce qui concerne son abondance et sa fréquence, pour agir comme un moyen de lavage.

PART 2 — SELECTION OF RATINGS FOR NORMAL SERVICE CONDITIONS

1. Selection of rated voltages

The selection of the rated voltages of a circuit-breaker should be made in accordance with Chapter I, Clause 36 (Publication No. 56-1); Co-ordination Tables in Chapter II, Part 3 (Publication No. 56-3); and Insulation-level Tables in Chapter III (Clause 11). (Where a circuit-breaker is to be used at high altitude, see Clause 6, page 33.)

The higher rated voltage of the circuit-breaker should be chosen as being at least equal to the highest voltage of the system at the point where the circuit-breaker is to be installed.

The rated voltages given in the above-mentioned tables are the line-to-line voltages.

2. Selection of rated normal current

The rated normal current of a circuit-breaker is given in Chapter II, Part 1, Clause 4 (Publication No. 56-2). It should be noted that circuit-breakers have no specified continuous overcurrent capacity. When selecting a circuit-breaker therefore, the rated normal current should be such as to make it suitable for all overcurrents of short duration that may occur in service. Where intermittent overcurrents are expected to be frequent and severe, the manufacturer should be consulted.

The rated normal current of a circuit-breaker should have one of the standard values given in Chapter II, Part 1, Clause 4. The values to be used, corresponding to each rated voltage and each rated breaking-capacity, are given in the Co-ordination Tables in Chapter II, Part 3 (Publication No. 56-3).

Note: For circuit-breakers which are intended to carry for a long time, without any operations, a permanent load approximately equal to their rated normal current, the manufacturer should be consulted.

3. Rated frequency

The rated frequency of a circuit-breaker is the service frequency for which the circuit-breaker is designed, and to which correspond the other characteristic values. The manufacturer should be consulted if a circuit-breaker is to be used at any frequency other than its rated frequency.

4. Local atmospheric and climatic conditions

The rules apply to circuit-breakers which are designed to be used under normal service conditions where the ambient temperature does not exceed 40°C and its average value, measured over a period of 24 hours, does not exceed 35°C.

The manufacturer should be consulted if a circuit-breaker is to be located where the temperature may fall below —5°C for an indoor circuit-breaker, and below —25°C for an outdoor circuit-breaker, or where the temperature may exceed 40°C (or if the average value exceeds 35°C).

For outdoor circuit-breakers, the atmospheric conditions in certain areas are unfavourable on account of smoke, chemical fumes, salt-laden spray and the like. Where such adverse conditions are known to exist, special consideration should be given to the design of those parts of the circuit-breaker, especially the insulators, normally exposed to the atmosphere. Excessive pollution occurs in some industrial areas and in some coastal districts, and an important feature in this connection is the degree of certainty with which rain can be relied upon, as regards sufficiency and frequency, to act as a washing agent.

Le comportement d'un isolateur dans de telles atmosphères dépend aussi de la fréquence avec laquelle est effectué le lavage artificiel ou le nettoyage manuel. Comme la qualité d'un isolateur dans de telles conditions dépend de nombreux facteurs, il n'est pas possible de donner des définitions précises des atmosphères normalement et excessivement polluées. L'expérience dans la zone où l'isolateur doit être employé constitue le meilleur guide.

Les disjoncteurs de type extérieur doivent être établis pour supporter une pression due au vent de 700 N/m². Si un disjoncteur doit être placé à un endroit où la pression due au vent excède cette valeur, le constructeur doit être consulté.

Note: Une couche de glace de 0,5 g/cm² doit être considérée comme étant une condition de service normal pour un disjoncteur. Si un disjoncteur doit être placé dans un endroit où des conditions plus sévères de formation d'une couche de glace sont prévisibles, un accord doit intervenir entre le constructeur et l'utilisateur en ce qui concerne la possibilité pour le disjoncteur de fonctionner correctement dans de telles conditions. Un accord doit également intervenir entre le constructeur et l'utilisateur dans le cas où des tremblements de terre sont prévisibles.

5. Coordination des isolements

Les règles s'appliquent en principe aussi bien aux disjoncteurs placés dans des installations exposées qu'à ceux placés dans des installations non exposées (voir les définitions à la page 24 de la présente Publication), mais les règles concernant les disjoncteurs dans les installations non exposées sont encore à l'étude.

Le niveau d'isolement nominal d'un disjoncteur doit être choisi parmi les valeurs des tableaux 1, 2 ou 3 du Chapitre III. Les règles dans ces tableaux s'appliquent également aux disjoncteurs de type intérieur et de type extérieur dans les installations exposées. Il doit être spécifié dans l'appel d'offres si le disjoncteur doit être du type intérieur ou extérieur.

La coordination des isolements dans un réseau électrique a pour but de réduire les dommages causés aux équipements électriques par les surtensions et de tendre à localiser les amorçages (lorsqu'on ne peut pas économiquement les éviter) en des points où ils ne causeront aucun dégât.

Des précautions doivent être prises pour limiter les surtensions aux bornes des disjoncteurs à des valeurs spécifiées inférieures au niveau d'isolement. La question de la spécification des valeurs auxquelles doivent être limitées les surtensions est du domaine du Comité d'Etudes N° 28 de la C.E.I.

Lorsqu'un disjoncteur est prévu pour être placé dans un endroit nécessitant un niveau d'isolement supérieur, ceci doit être spécifié dans l'appel d'offres (voir l'article 12).

6. Disjoncteurs pour emploi à hautes altitudes

Les règles relatives à l'isolement (Chapitre III) s'appliquent aux disjoncteurs prévus pour être employés à des altitudes n'excédant pas 1 000 m (3 300 ft.) et dans des régions ayant des conditions climatiques selon l'article 4.

Les hautes altitudes ont pour effet d'abaisser la tension d'amorçage dans l'air par rapport à la tension d'amorçage dans l'air au niveau de la mer, la tension de perforation et la tension de contournement dans l'huile étant inchangées. Pour les disjoncteurs devant être employés à des altitudes dépassant 1 000 m, il est de ce fait nécessaire de spécifier un isolement renforcé des parties dans l'air par rapport aux valeurs données dans les tableaux 1, 2 et 3 du Chapitre III, article 11.

Le choix d'un disjoncteur destiné à être employé à des altitudes supérieures à 1 000 m (3 300 ft.), doit être fait en consultant le tableau ci-dessous:

Altitude en mètres Col. 1	Facteur de correction de la tension d'essai au niveau de la mer Col. 2	Facteur de correction des tensions nominales Col. 3
1 000 (3 300 ft.)	1,0	1,0
1 500 (5 000 ft.)	1,05	0,95
3 000 (10 000 ft.)	1,25	0,80

The performance of an insulator in such atmospheres also depends on the frequency with which artificial washing or hand cleaning is carried out. Since the performance of an insulator under such conditions is dependent on so many factors, it is not possible to give precise definitions of normal and heavily polluted atmospheres. Experience in the area where the insulator is to be used is the best guide.

Outdoor circuit-breakers should be designed to withstand a wind-pressure of 700 N/m². If a circuit-breaker is to be located where the wind pressure exceeds this value, the manufacturer should be consulted.

Note: An ice-coating of 0.5 g/cm² on a circuit-breaker is to be regarded as a normal service condition. If a circuit-breaker is to be located where more severe conditions of ice-coating are expected, agreement should be reached between manufacturer and user as to the ability of the circuit-breaker to perform correctly under such conditions. Agreement should also be reached between manufacturer and user in cases where earth tremors can be expected.

5. Insulation Co-ordination

The Rules apply in principle to circuit-breakers both in exposed and non-exposed installations (see definitions on page 25 of this Publication), but the rules for circuit-breakers in non-exposed installations are under consideration.

The rated insulation level of a circuit-breaker shall be selected from Tables 1, 2 or 3 in Chapter III. The rules in these Tables apply to both indoor and outdoor circuit-breakers in exposed installations. It must be specified in the inquiry whether the circuit-breaker is to be of indoor or outdoor type.

The insulation co-ordination in an electrical system serves to minimize damage to the electrical equipment due to overvoltages, and tends to confine flashovers (when these cannot be economically avoided) to points where they will cause no damage.

Precautions should be taken to limit the overvoltages on the terminals of the circuit-breaker to stated values below the insulation level. The question of specifying the values to which the overvoltages should be limited is within the scope of I.E.C. Technical Committee No. 28.

Where a circuit-breaker is required for a position necessitating a higher insulation level, this must be specified in the inquiry, (see Clause 12).

6. Circuit-breakers for use at high altitudes

The Rules for Strength of Insulation (Chapter III) apply to circuit-breakers intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m (3 300 ft.) and in regions with climatic conditions according to Clause 4.

The effect of high altitudes is to lower the air flashover voltage compared with the air flashover voltage at sea level, the puncture strength and oil flashover being unaffected. For circuit-breakers for use at altitudes exceeding 1 000 m it is necessary, therefore, to specify higher strength of insulation of parts in air than given in the Tables 1, 2 and 3 in Chapter III, Clause 11.

In selecting a circuit-breaker for use at altitudes higher than 1 000 m (3 300 ft) the following table should be consulted:

Altitude in metres Col. 1	Correction factor for test voltages at sea level Col. 2	Correction factor for rated voltages Col. 3
1 000 (3 300 ft.)	1.0	1.0
1 500 (5 000 ft.)	1.05	0.95
3 000 (10 000 ft.)	1.25	0.80

Les tensions d'essai des parties isolantes dans l'air sont déterminées en multipliant la valeur de la tension normale de tenue au choc et la valeur de la tension normale de tenue à fréquence industrielle par le facteur de correction approprié donné dans la colonne (2) du tableau. Dans certains cas, il peut être plus économique de choisir une tension normale nominale plus élevée telle que, si on la multiplie par le facteur de correction approprié de la colonne (3) du tableau, la valeur de la tension en résultant ne soit pas inférieure à la tension la plus élevée en service du réseau.

Dans le cas de disjoncteurs destinés à être employés à des altitudes supérieures à 3 000 m (10 000 ft), le constructeur doit être consulté.

3^e PARTIE — CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES NOMINALES POUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT SUR DÉFAUT

7. Choix des pouvoirs de coupure nominaux

Comme il est indiqué au Chapitre I, article 37 (Publication N° 56-1), les pouvoirs de coupure nominaux d'un disjoncteur sont ceux qui correspondent aux tensions nominales et à une tension transitoire de rétablissement de référence égale à la valeur nominale.

Chaque pouvoir de coupure nominal est exprimé par deux valeurs:

- a) le pouvoir de coupure nominal symétrique et
- b) le pouvoir de coupure nominal asymétrique.

Le disjoncteur choisi doit avoir un pouvoir de coupure nominal symétrique qui ne soit pas inférieur au courant de défaut symétrique initial (voir l'annexe à la page 42). Le pouvoir de coupure nominal asymétrique ne doit pas être inférieur au courant de défaut asymétrique au bout du temps correspondant à la plus petite durée d'ouverture possible du disjoncteur et au plus petit temps de fonctionnement possible des relais.

Sauf spécification contraire, le pouvoir de coupure exprimé en MVA reste constant dans l'intervalle limité par les deux tensions nominales. Pour les tensions inférieures à la plus petite des tensions nominales, le courant coupé demeure constant, c'est-à-dire que le pouvoir de coupure exprimé en MVA est proportionnel à la tension.

Les valeurs du pouvoir de coupure nominal, de la tension nominale et du courant nominal en service continu sont données dans les tableaux de coordination du Chapitre II, 3^e partie (Publication N° 56-3).

Comme il a été dit précédemment, les pouvoirs de coupure nominaux d'un disjoncteur correspondent à une tension transitoire de rétablissement de référence égale à la valeur nominale. Il est donc nécessaire de vérifier que le facteur d'amplitude et la vitesse d'accroissement ou la fréquence propre de la tension transitoire de rétablissement lors de courts-circuits en service sont inférieurs aux valeurs de référence correspondantes.

Note 1. Pour la vérification de la vitesse d'accroissement des tensions transitoires de rétablissement lors de la coupure de petits courants, voir la note de l'article 47 du Chapitre I (Publication N° 56-1).

Note 2. La méthode discutée au paragraphe précédent est clairement définie et est valable dans les cas où la tension transitoire de rétablissement du réseau considéré est pratiquement à une seule fréquence. La méthode à employer dans les cas où la tension transitoire de rétablissement du réseau comporte plusieurs fréquences propres est à l'étude.

8. Choix des pouvoirs de fermeture nominaux

Les pouvoirs de fermeture nominaux d'un disjoncteur sont ceux qui correspondent aux tensions nominales (voir Chapitre I, article 39, Publication N° 56-1).

Le disjoncteur choisi doit avoir des pouvoirs de fermeture qui ne soient pas inférieurs à la plus grande valeur de crête du courant de défaut pour chacune des deux tensions nominales.

Sauf spécification contraire, le pouvoir de fermeture nominal est égal à 2,5 fois le pouvoir de coupure symétrique nominal correspondant, c'est-à-dire à approximativement $1,8 \times \sqrt{2}$ fois ce pouvoir de

The test voltages of insulation parts in air should be determined by multiplying the value of the standard impulse withstand voltage and the value of the standard power-frequency withstand voltage by the appropriate correction factor given in Column 2 of the table. In some cases, it may be more economical to choose a higher standard voltage rating such that, when multiplied by the appropriate correction factor given in Column 3 of the table, the resulting voltage is not less than the highest operating voltage of the system.

For application of circuit-breakers at altitudes higher than 3 000 m (10 000 ft), the manufacturer should be consulted.

PART 3 — SELECTION OF RATINGS FOR FAULT CONDITIONS

7. Selection of rated breaking-capacities

As stated in Chapter I, Clause 37 (Publication No. 56-1), the rated breaking-capacities of a circuit-breaker are those which correspond to the rated voltages, and to a reference restriking-voltage equal to the rated value.

Each rated breaking-capacity is expressed by two values:

- a) the rated symmetrical breaking-capacity, and
- b) the rated asymmetrical breaking-capacity.

The selected circuit-breaker should have a rated symmetrical breaking-capacity not less than the initial symmetrical fault-current (see Appendix on page 43). The rated asymmetrical breaking-capacity shall be not less than the asymmetrical fault-current, at the end of the time interval corresponding to the shortest possible opening time of the circuit-breaker, and the shortest possible relay time.

Unless otherwise stated, the breaking-capacity expressed in MVA remains constant within the limits of the two rated voltages. For voltages lower than the lower rated voltage, the breaking current remains constant, i.e. the breaking-capacity expressed in MVA is proportional to the voltage.

The values of rated breaking-capacity, rated voltage and rated normal current, are given in the Co-ordination Tables in Chapter II, Part 3 (Publication No. 56-3).

As mentioned before, the rated breaking-capacities of a circuit-breaker correspond to a reference restriking-voltage equal to the rated value. It is therefore necessary to verify that the amplitude factor and rate-of-rise or natural frequency of restriking voltage of short-circuits in service, are smaller than the corresponding reference values.

Note 1. In verifying the rate-of-rise of restriking voltages at small breaking currents, see Note to Chapter I, Clause 47, (Publication No. 56-1).

Note 2. The method discussed in the preceding paragraph is clearly defined and is valid in cases where the restriking voltage of the system considered has practically a single frequency. The method for use in cases where the restriking voltage of the system contains several natural frequencies, is under consideration.

8. Selection of rated making-capacities

The rated making-capacities of a circuit-breaker are those which correspond to the rated voltages (see Chapter I, Clause 39, Publication No. 56-1).

The selected circuit-breaker should have rated making-capacities not less than the highest peak value of fault-current at each of the two rated voltages.

Unless otherwise stated, the rated making-capacity is 2.5 times the corresponding rated symmetrical breaking-capacity; i.e. approximately $1.8 \times \sqrt{2}$ times this rated symmetrical breaking-capacity.

coupure symétrique nominal. Le pouvoir de fermeture exprimé en ampères est inversement proportionnel à la tension pour toutes les tensions comprises entre les deux tensions nominales, et est constant pour toutes les tensions inférieures à la tension nominale la plus basse.

La possibilité pour un disjoncteur de fonctionner de façon satisfaisante à son pouvoir de fermeture nominal dépend de la force et de la vitesse avec lesquelles le disjoncteur est fermé. Par conséquent, dans le cas d'une opération de fermeture manuelle non indépendante, des conditions spéciales sont spécifiées (voir l'article 11).

9. Choix de la surintensité de courte durée nominale

La surintensité de courte durée nominale d'un disjoncteur n'est pas inférieure à son pouvoir de coupure symétrique nominal correspondant à la plus basse des deux tensions nominales (voir Chapitre I, article 40, Publication N° 56-1).

Le disjoncteur choisi doit avoir une surintensité de courte durée nominale qui ne soit pas inférieure au courant symétrique initial de défaut.

Pour des durées de passage du courant de court-circuit supérieures à une seconde, le rapport entre le courant et le temps est, sauf spécification contraire du constructeur, donné par la formule:

$$I^2 t = \text{constante}$$

10. Cycle de fonctionnement en service

Le cycle nominal de fonctionnement en service d'un disjoncteur est l'un des cycles mentionnés au Chapitre I, article 43, Publication N° 56-1. Sauf spécification contraire, les valeurs des intervalles de temps t , t' , t'' , indiquées au Chapitre I, article 65, Publication N° 56-1, sont employées pour déterminer les cycles d'essai correspondants qui sont:

$$\begin{aligned} 0 & - 3 \text{ mn} - \text{FO} - 3 \text{ mn} - \text{FO} \\ 0 & - 15 \text{ s} - \text{FO} \\ 0 & - 0 - \text{FO} \text{ (pour les disjoncteurs prévus pour le réenclenchement rapide)} \end{aligned}$$

Lorsque cela est nécessaire les valeurs limites du temps mort θ doivent être indiquées par le constructeur. Si le pouvoir de coupure du disjoncteur après un réenclenchement automatique est inférieur au pouvoir de coupure nominal, ceci doit être spécifié par le constructeur.

Lorsque le cycle de fonctionnement en service est plus sévère que celui spécifié dans les règles, ce cycle doit être spécifié par l'utilisateur dans son appel d'offres et/ou dans sa commande, de telle sorte que le constructeur puisse modifier d'une manière appropriée les caractéristiques nominales du disjoncteur. Comme exemple de disjoncteurs pour des emplois spéciaux, on peut citer ceux pour la commande des fours à arc, des chaudières à électrodes et, dans certains cas, d'installations de redresseurs. Le fonctionnement unipolaire d'un disjoncteur à plusieurs pôles est aussi un emploi spécial.

11. Choix des mécanismes de commande des disjoncteurs

Le mécanisme de commande d'un disjoncteur doit satisfaire aux règles pour les conditions de fonctionnement données au Chapitre II, 2^e partie, Publication N° 56-3.

Il est spécifié au Chapitre II, 2^e partie, article 26, que la fermeture manuelle non indépendante est admissible seulement lorsque:

- i) le pouvoir de coupure nominal symétrique n'excède pas une valeur correspondant à 150 MVA;
- ii) le pouvoir de coupure nominal symétrique n'excède pas 6 kA;
- iii) le pouvoir de fermeture nominal n'excède pas 15 kA (valeur de crête).

The making-capacity expressed in amperes is inversely proportional to the voltage for all voltages between the two rated voltages, and constant for all voltages below the lower rated voltage.

The possibility of a circuit-breaker performing satisfactorily at its rated making-capacity depends on the effort and speed with which the circuit-breaker is closed. For dependent manual closing operation, therefore, special conditions are specified (see Clause 11).

9. Selection of rated short-time current

The rated short-time current for a circuit-breaker is not less than the rated symmetrical breaking capacity corresponding to the lower rated voltage (see Chapter I, Clause 40, Publication No. 56-1).

The selected circuit-breaker should have a rated short-time current not less than the initial symmetrical fault-current.

For short-circuit durations greater than one second, the relation between current and time, unless otherwise stated by the manufacturer, shall be assumed to be in accordance with the formula:

$$I^2 t = \text{constant}$$

10. Operating-duty in service

The rated operating-duty of a circuit-breaker is one of the duties mentioned in Chapter I, Clause 43, Publication No. 56-1. Unless otherwise specified, the values of the time intervals t , t' , t'' , given in Chapter I, Clause 65, Publication No. 56-1, are used to determine the corresponding test duties which are:

0 — 3 mn — CO — 3 mn — CO

0 — 15 s — CO

0 — 0 — CO (for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing)

When necessary, the limits for the dead time 0 should be given by the manufacturer. If the breaking-capacity of the circuit-breaker on an auto-reclosing duty is less than the rated breaking-capacity, this shall be specified by the manufacturer.

When the duty in service is more severe than is specified in the rules, this duty shall be specified by the user in his inquiry and/or order, so that the manufacturer may modify the rating of the circuit-breaker appropriately. Examples of circuit-breakers for special duty are those used for controlling arc-furnaces, electrode boilers and, in certain cases, rectifier plants. Single-pole operation of a multi-pole circuit-breaker is also a special duty.

11. Selection of operating-mechanism for circuit-breakers

The operating mechanism of a circuit-breaker shall comply with the rules for operating conditions given in Chapter II, Part 2, Publication No. 56-3.

It is stated in Chapter II, Part 2, Clause 26, that dependent manual closing operation is permissible only when:

- i) the rated symmetrical breaking-capacity does not exceed a value corresponding to 150 MVA;
- ii) the rated symmetrical breaking-capacity does not exceed 6 kA;
- iii) the rated making-capacity does not exceed 15 kA (peak value).

Lorsqu'un disjoncteur peut être manœuvré par des personnes non entraînées, il est désirable qu'il soit équipé d'un mécanisme de fermeture indépendant de l'opérateur.

Les mécanismes auxiliaires de commande manuelle, lorsqu'il en existe, doivent être utilisés seulement pour les manœuvres d'entretien et pour la manœuvre de secours sur un circuit hors tension.

4^e PARTIE — RENSEIGNEMENTS À DONNER DANS LES APPELS D'OFFRES, LES SOUMISSIONS ET LES COMMANDES

12. Renseignements à donner dans l'appel d'offres et la commande

En faisant un appel d'offres ou en passant commande d'un disjoncteur, les renseignements suivants doivent être fournis par l'utilisateur:

- i) *Caractéristiques propres au réseau*, c'est-à-dire: tension nominale du réseau, tension la plus élevée du réseau, fréquence, nombre de phases, et les modalités de mise à la terre du neutre.
- ii) *Conditions en service* comprenant les températures minimum et maximum, cette dernière si elle est supérieure à la température ambiante normale, l'altitude, si elle est supérieure à 1 000 m (3 300 ft.) et toutes conditions spéciales susceptibles d'exister ou de se produire, par exemple, l'exposition inhabituelle aux vapeurs, à l'humidité, aux vapeurs chimiques, aux gaz explosifs, à une poussière excessive ou à l'air salin (voir l'article 4).
- iii) *Caractéristiques requises des disjoncteurs*. Les renseignements suivants doivent être donnés:
 - a) La tension en service du réseau et la tension la plus élevée du réseau, ou les tensions nominales du disjoncteur (article 1).
 - b) Le niveau d'isolement s'il est différent du niveau normal. Le type intérieur ou extérieur (article 5).
 - c) Le courant de pleine charge du réseau ou le courant nominal en service continu du disjoncteur (article 2).
 - d) La fréquence et le nombre de pôles (article 3).
 - e) La valeur maximum du courant de court-circuit initial symétrique du circuit ou le pouvoir de coupure nominal symétrique du disjoncteur. Le pouvoir de coupure nominal asymétrique (article 7).
 - f) Le facteur d'amplitude et la vitesse d'accroissement ou la fréquence propre de la tension transitoire de rétablissement lors de courts-circuits en service ou les valeurs de référence correspondantes du disjoncteur (article 7).
 - g) Le pouvoir de fermeture dans le cas d'exigences spéciales (article 8).
 - h) La surintensité de courte durée (article 9).
 - i) Le cycle de fonctionnement (article 10).
 - j) La durée totale de coupure. Pour les disjoncteurs prévus pour le réenclenchement rapide, le temps d'isolement du réseau doit être spécifié.
- iv) *Caractéristiques requises du mécanisme de commande du disjoncteur et de l'équipement associé*
 - a) Mode de commande, à main ou par une source d'énergie.
 - b) Nombre et type des contacts auxiliaires de réserve.

Note: Le demandeur doit donner des renseignements sur toutes les conditions spéciales, non énumérées précédemment, qui pourraient avoir une influence sur les soumissions ou la commande.

13. Renseignements à donner avec la soumission

Lorsque le demandeur désire connaître les caractéristiques techniques d'un disjoncteur, les renseignements suivants doivent être donnés si possible avec les notices descriptives et les plans:

- i) *Valeurs nominales et caractéristiques*
 - a) Tensions nominales (Article 1)
 - b) Niveau d'isolement nominal, type intérieur ou extérieur (Article 5)

When a circuit-breaker may be operated by unpractised persons, it is desirable that it should be equipped with a closing mechanism which is independent of the operator.

Auxiliary manual operating-mechanism, where provided, shall be used only for maintenance and for emergency operation on a dead circuit.

PART 4 — INFORMATION TO BE GIVEN WITH INQUIRIES, TENDERS AND ORDERS

12. Information to be given with inquiry and order

When inquiring for or ordering a circuit-breaker, the following particulars should be supplied by the inquirer:

- i) *Particulars of system*, i.e. nominal system voltage, highest system voltage, frequency, number of phases, and details of neutral earthing.
- ii) *Service conditions* including minimum and maximum temperatures, the latter, if greater than the standard ambient temperature; altitude, if over 1 000 m (3 300 ft), and any special conditions likely to exist or arise, e.g. unusual exposure to steam or vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust, or salt air (see Clause 4).
- iii) *Requested characteristics of circuit-breakers*. The following information should be given:
 - a) The nominal system voltage and the highest system voltage or the rated voltages of the circuit-breaker (Clause 1).
 - b) The insulation level, if other than standard. Indoor or outdoor type (Clause 5).
 - c) The full-load current of the circuit or the rated normal current of the circuit-breaker (Clause 2).
 - d) Frequency and number of poles (Clause 3).
 - e) The maximum initial symmetrical short-circuit current in the circuit or the rated symmetrical breaking-capacity of the circuit-breaker. The rated asymmetrical breaking-capacity (Clause 7).
 - f) The amplitude factor and rate-of-rise or natural frequency of restriking voltage of short-circuits in service or the corresponding reference values of the circuit-breaker (Clause 7).
 - g) The making-capacity in the case of special requirements (Clause 8).
 - h) The short-time current (Clause 9).
 - i) The operating duty (Clause 10).
 - j) The total break-time. For circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing, the dead time shall be specified.
- iv) *Requested characteristics of the operating mechanism of circuit-breaker and associated equipment*
 - a) Method of operation, whether hand or power.
 - b) Number and type of spare auxiliary switches.

Note: The inquirer should give information of any special conditions not included above that might influence the tender or order.

13. Information to be given with tenders

When the inquirer requests technical particulars of a circuit-breaker, the following information, where applicable, should be given by the manufacturer, with the descriptive matter and drawings:

- i) *Ratings and characteristics*
 - a) Rated voltages (Clause 1)
 - b) Rated insulation level, indoor or outdoor type (Clause 5)

- c) Courant nominal en service continu (Article 2)
- d) Fréquence nominale et nombre de pôles (Article 3)
- e) Pouvoirs de coupure nominaux (Article 7)
 - 1 — symétrique
 - 2 — asymétrique
- f) Tension transitoire de rétablissement nominale (Article 7)
 - 1 — facteur d'amplitude
 - 2 — vitesse d'accroissement ou fréquence propre
- g) Pouvoirs de fermeture nominaux (Article 8)
- h) Surintensité de courte durée nominale (Article 9)
- i) Cycle de fonctionnement nominal (Article 10)
- j) Durée d'ouverture et durée totale de coupure (Article 7)
- k) Durée de fermeture (Article 8)

ii) *Essais de type*

Certificat ou compte rendu sur demande.

iii) *Détails constructifs*

- a) Pour les disjoncteurs dans l'huile: poids du disjoncteur complet sans huile, poids de l'huile, recommandations concernant la qualité de l'huile, nombre de bacs.
- b) Pour les disjoncteurs à air comprimé: poids du disjoncteur complet, pression de l'air et limites de la pression de l'air entre lesquelles le disjoncteur doit fonctionner correctement, la capacité du réservoir du disjoncteur, la quantité d'air ramené à la pression atmosphérique pour une opération d'ouverture et une opération de fermeture suivies immédiatement d'une opération d'ouverture. Pour les disjoncteurs prévus pour le réenclenchement rapide, la quantité d'air ramené à la pression atmosphérique doit être donnée également pour une opération d'ouverture suivie d'une opération de fermeture et immédiatement suivie d'une opération d'ouverture.
- c) Nombre de dispositifs de coupure en série par pôle.
- d) Distance minima dans l'air
 - 1 — entre pôles
 - 2 — entre parties sous tension et la terre
 - 3 — les limites du périmètre de sécurité pour les disjoncteurs munis d'un dispositif d'évacuation à l'extérieur des gaz ionisés ou des flammes.

iv) *Mécanisme de commande d'un disjoncteur et équipement associé*

- a) Type du dispositif de fermeture.
- b) Si le disjoncteur est à déclenchement libre ou non.
- c) Tension nominale d'alimentation et, éventuellement, pression nominale du fluide de commande du mécanisme de fermeture.
- d) Puissance requise à la tension nominale pour fermer le disjoncteur.
- e) Quantité d'air ramené à la pression atmosphérique requise pour fermer le disjoncteur à la pression nominale.
- f) Tension nominale du ou des déclencheurs shunts.
- g) Puissance requise à la tension normale pour le ou les déclencheurs shunts.
- h) Nombre et type des contact auxiliaires de réserve.

- c) Rated normal current (Clause 2)
- d) Rated frequency and number of poles (Clause 3)
- e) Rated breaking-capacities (Clause 7)
 - 1 — symmetrical
 - 2 — asymmetrical
- f) Rated restriking voltage (Clause 7)
 - 1 — amplitude factor
 - 2 — rate-of-rise or natural frequency
- g) Rated making-capacities (Clause 8)
- h) Rated short-time current (Clause 9)
- i) Rated operating duty (Clause 10)
- j) Opening time and total break time (Clause 7)
- k) Make time (Clause 8)

ii) *Type tests*

Certificate or report on request.

iii) *Constructional features*

- a) For oil circuit-breakers; weight of complete circuit-breaker without oil, weight of oil, recommendations regarding oil quality, number of tanks
- b) For air-blast circuit-breakers: weight of complete circuit-breaker; air pressure and limits of air pressure between which the circuit-breaker will operate correctly. The capacity of the local air receiver. Quantity of free air for one opening operation and for one closing operation followed immediately by one opening operation. For circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing, the quantity of free air shall be given also for one opening operation followed by one closing operation and immediately followed by one opening operation.
- c) Number of breaks in series per pole.
- d) Minimum clearance in air
 - 1 — between poles
 - 2 — between live parts and earth
 - 3 — the safety boundaries during a breaking operation for circuit-breakers with an external exhaust for ionized gases or flames.

iv) *Operating mechanism of circuit-breaker and associated equipment*

- a) Type of closing mechanism.
- b) Whether the circuit-breaker is fixed-trip or trip-free.
- c) Rated supply voltage and/or rated fluid pressure of closing mechanism.
- d) Power required at rated voltage to close the circuit-breaker.
- e) Quantity of free air required to close the circuit-breaker at rated pressure.
- f) Rated voltage of shunt trip-coil(s).
- g) Power required at rated voltage for shunt trip-coil(s).
- h) Number and type of spare auxiliary switches.

ANNEXE

Calcul des courants de court-circuit

a) Types de défauts

Généralement, un défaut triphasé donne la plus grande valeur du courant de défaut. Ce cas doit donc toujours être envisagé. Il doit, cependant, être présent à l'esprit que dans certains cas, d'autres types de défauts peuvent donner lieu à des courants de défaut plus grands, comme par exemple un défaut à la terre près d'un transformateur ayant son neutre directement à la terre, ou un défaut entre phases près d'un alternateur.

b) Calculs du courant de court-circuit symétrique initial

Lorsqu'on calcule le courant de court-circuit symétrique initial, il est nécessaire de connaître la tension et l'impédance de toutes les parties du réseau considéré. Les réactances des alternateurs et des transformateurs sont habituellement exprimées en pourcentage en prenant comme base la puissance apparente nominale et la tension. Au lieu de calculer les réactances en ohms, il est souvent très pratique de les exprimer en pourcentage par rapport à une base commune à l'ensemble du réseau considéré.

Pour plus de simplicité, et en vue de faciliter les calculs rapides, les résistances et les capacités peuvent souvent être négligées. Les valeurs du courant de court-circuit ainsi calculées le sont par excès, c'est-à-dire sensiblement supérieures à celles obtenues si l'on avait tenu compte des résistances et des capacités. Lorsqu'il y a des longs câbles ou des lignes aériennes de faibles sections, la résistance devient grande par rapport à la réactance et doit, par conséquent, être incluse dans les calculs.

En vue de calculer le courant de court-circuit, toutes les machines synchrones : générateurs, compensateurs synchrones et moteurs, qui peuvent être raccordés simultanément au réseau, doivent être considérés comme des générateurs.

Il est important de noter que les réactances des machines synchrones utilisées dans le calcul du courant de court-circuit initial, doivent être les réactances initiales. Cette réactance est déterminée à partir de la tension avant le court-circuit et du courant de court-circuit symétrique mesuré une demi-période après l'instant du début du court-circuit.

Dans les réseaux de transport, l'influence des moteurs asynchrones sur le courant de court-circuit peut généralement être négligée, mais dans les réseaux de distribution où les charges asynchrones sont souvent considérables, l'effet des moteurs d'induction doit être pris en considération pour la détermination de la valeur de crête du courant de court-circuit, et pour celle du courant établi.

Le courant de court-circuit d'un moteur asynchrone comprend une composante continue et une composante alternative. Les valeurs initiales de ces composantes sont égales aux composantes correspondantes du courant de démarrage du moteur. Pour le calcul, on adoptera une valeur de la réactance comprise entre 10 % et 15 %, selon la puissance du moteur.