

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

**Publication 56-4**

Troisième édition — Third edition

1972

---

### Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension

Quatrième partie: Essais de type et essais individuels

---

### High-voltage alternating-current circuit-breakers

Part 4: Type tests and routine tests

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 56-4

Troisième édition — Third edition

1972

---

### Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension

Quatrième partie : Essais de type et essais individuels

---

### High-voltage alternating-current circuit-breakers

Part 4: Type tests and routine tests

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

|                                                                                                                         | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                                                                     | 6     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                                                       | 6     |
| SECTION UN — ESSAIS DE TYPE                                                                                             |       |
| Articles                                                                                                                |       |
| 1. Généralités . . . . .                                                                                                | 10    |
| 1.1 Identification du disjoncteur . . . . .                                                                             | 10    |
| 2. Essai mécanique . . . . .                                                                                            | 12    |
| 3. Essai d'échauffement . . . . .                                                                                       | 12    |
| 3.1 Mesure de la résistance du circuit principal . . . . .                                                              | 14    |
| 3.2 Température de l'air ambiant . . . . .                                                                              | 16    |
| 3.3 Echauffement des parties autres que les enroulements . . . . .                                                      | 16    |
| 3.4 Echauffement des enroulements . . . . .                                                                             | 16    |
| 4. Essais diélectriques . . . . .                                                                                       | 18    |
| 4.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais . . . . .                                                            | 18    |
| 4.2 Etat du disjoncteur pendant les essais . . . . .                                                                    | 18    |
| 4.3 Application de la tension d'essai pour les essais en ondes de choc et à fréquence industrielle . . . . .            | 20    |
| 4.4 Tensions d'essais . . . . .                                                                                         | 20    |
| 4.5 Essais en ondes de choc . . . . .                                                                                   | 20    |
| 4.6 Essais de tension à fréquence industrielle à sec . . . . .                                                          | 22    |
| 4.7 Essais de tension à fréquence industrielle sous pluie . . . . .                                                     | 22    |
| 4.8 Essais des circuits auxiliaires et de commande . . . . .                                                            | 22    |
| 5. Renseignements divers pour les essais de fermeture et de coupure . . . . .                                           | 22    |
| 5.1 Disposition du disjoncteur pour les essais . . . . .                                                                | 22    |
| 5.2 Disjoncteur muni de déclencheurs à maximum de courant . . . . .                                                     | 24    |
| 5.3 Essais par éléments séparés . . . . .                                                                               | 24    |
| 5.4 Essais synthétiques . . . . .                                                                                       | 28    |
| 5.5 Manœuvres à vide avant les essais . . . . .                                                                         | 28    |
| 5.6 Mécanismes de fermeture différents . . . . .                                                                        | 30    |
| 5.7 Comportement du disjoncteur pendant les essais . . . . .                                                            | 30    |
| 5.8 Etat du disjoncteur après les essais . . . . .                                                                      | 30    |
| 5.9 Disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc . . . . .                                                           | 34    |
| 6. Circuits d'essais pour les essais de fermeture et de coupure en court-circuit . . . . .                              | 36    |
| 6.1 Facteur de puissance . . . . .                                                                                      | 36    |
| 6.2 Fréquence . . . . .                                                                                                 | 36    |
| 6.3 Mise à la terre du circuit d'essai . . . . .                                                                        | 38    |
| 6.4 Raccordement du circuit d'essai au disjoncteur . . . . .                                                            | 40    |
| 7. Caractéristiques pour les essais de court-circuit . . . . .                                                          | 40    |
| 7.1 Tension appliquée avant les essais de fermeture en court-circuit . . . . .                                          | 40    |
| 7.2 (Valeur de crête du) Courant établi en court-circuit . . . . .                                                      | 42    |
| 7.3 Courant coupé en court-circuit . . . . .                                                                            | 42    |
| 7.4 Composante aperiodique du courant coupé en court-circuit . . . . .                                                  | 42    |
| 7.5 Tension transitoire de rétablissement pour les défauts aux bornes . . . . .                                         | 44    |
| 7.6 Mesure de la tension transitoire de rétablissement . . . . .                                                        | 60    |
| 7.7 Tension de rétablissement à fréquence industrielle . . . . .                                                        | 60    |
| 8. Procédure d'essai en court-circuit . . . . .                                                                         | 62    |
| 8.1 Intervalle de temps entre les essais . . . . .                                                                      | 62    |
| 8.2 Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture—Essais de coupure . . . . .              | 62    |
| 8.3 Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture—Essais d'établissement-coupure . . . . . | 62    |
| 8.4 Accrochage à la fermeture sur court-circuit . . . . .                                                               | 62    |
| 9. Séquences d'essais de court-circuit fondamentales . . . . .                                                          | 64    |
| 9.1 Séquence d'essais N° 1 . . . . .                                                                                    | 64    |
| 9.2 Séquence d'essais N° 2 . . . . .                                                                                    | 64    |
| 9.3 Séquence d'essais N° 3 . . . . .                                                                                    | 64    |
| 9.4 Séquence d'essais N° 4 . . . . .                                                                                    | 64    |
| 9.5 Séquence d'essais N° 5 . . . . .                                                                                    | 66    |
| 10. Essais au courant critique . . . . .                                                                                | 68    |
| 10.1 Cas d'application . . . . .                                                                                        | 68    |
| 10.2 Courants d'essai . . . . .                                                                                         | 68    |
| 10.3 Séquences d'essais au courant critique . . . . .                                                                   | 68    |
| 11. Essais de court-circuit en monophasé . . . . .                                                                      | 68    |
| 11.1 Cas d'application . . . . .                                                                                        | 68    |
| 11.2 Courant d'essai et tension de rétablissement . . . . .                                                             | 68    |
| 11.3 Séquence d'essais . . . . .                                                                                        | 70    |

## CONTENTS

|                                                                                      | Page |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                                   | 7    |
| PREFACE . . . . .                                                                    | 7    |
| SECTION ONE — TYPE TESTS                                                             |      |
| Clause                                                                               |      |
| 1. General . . . . .                                                                 | 11   |
| 1.1 Identification of circuit-breaker . . . . .                                      | 11   |
| 2. Mechanical test . . . . .                                                         | 13   |
| 3. Temperature rise test . . . . .                                                   | 13   |
| 3.1 Measurement of the resistance of the main circuit . . . . .                      | 15   |
| 3.2 Ambient air temperature . . . . .                                                | 17   |
| 3.3 Temperature rise of parts other than coils . . . . .                             | 17   |
| 3.4 Temperature rise of coils . . . . .                                              | 17   |
| 4. Dielectric tests . . . . .                                                        | 19   |
| 4.1 Ambient air conditions during tests . . . . .                                    | 19   |
| 4.2 Condition of circuit-breaker during tests . . . . .                              | 19   |
| 4.3 Application of test voltage for impulse and power frequency tests . . . . .      | 21   |
| 4.4 Test voltages . . . . .                                                          | 21   |
| 4.5 Impulse voltage tests . . . . .                                                  | 21   |
| 4.6 Power frequency voltage dry tests . . . . .                                      | 23   |
| 4.7 Power frequency voltage wet tests . . . . .                                      | 23   |
| 4.8 Tests on auxiliary and control circuits . . . . .                                | 23   |
| 5. Miscellaneous provisions for making and breaking tests . . . . .                  | 23   |
| 5.1 Arrangement of circuit-breaker for tests . . . . .                               | 23   |
| 5.2 Circuit-breakers with over-current releases . . . . .                            | 25   |
| 5.3 Unit testing . . . . .                                                           | 25   |
| 5.4 Synthetic testing . . . . .                                                      | 29   |
| 5.5 No-load operations before tests . . . . .                                        | 29   |
| 5.6 Alternative closing mechanisms . . . . .                                         | 31   |
| 5.7 Behaviour of circuit-breaker during tests . . . . .                              | 31   |
| 5.8 Condition of circuit-breaker after tests . . . . .                               | 31   |
| 5.9 Circuit-breakers with short arcing times . . . . .                               | 35   |
| 6. Test circuits for short-circuit making and breaking tests . . . . .               | 37   |
| 6.1 Power factor . . . . .                                                           | 37   |
| 6.2 Frequency . . . . .                                                              | 37   |
| 6.3 Earthing of test circuit . . . . .                                               | 39   |
| 6.4 Connection of test circuit to circuit-breaker . . . . .                          | 41   |
| 7. Short-circuit test quantities . . . . .                                           | 41   |
| 7.1 Applied voltage before short-circuit making tests . . . . .                      | 41   |
| 7.2 Short-circuit (peak) making current . . . . .                                    | 43   |
| 7.3 Short-circuit breaking current . . . . .                                         | 43   |
| 7.4 D.C. component of short-circuit breaking current . . . . .                       | 43   |
| 7.5 Transient recovery voltage for terminal faults . . . . .                         | 45   |
| 7.6 Measurement of transient recovery voltage . . . . .                              | 61   |
| 7.7 Power frequency recovery voltage . . . . .                                       | 61   |
| 8. Short-circuit test procedure . . . . .                                            | 63   |
| 8.1 Time interval between tests . . . . .                                            | 63   |
| 8.2 Application of auxiliary power to the opening release—breaking tests . . . . .   | 63   |
| 8.3 Application of auxiliary power to the opening release—make-break tests . . . . . | 63   |
| 8.4 Latching on short-circuit . . . . .                                              | 63   |
| 9. Basic short-circuit test-duties . . . . .                                         | 65   |
| 9.1 Test-duty No. 1 . . . . .                                                        | 65   |
| 9.2 Test-duty No. 2 . . . . .                                                        | 65   |
| 9.3 Test-duty No. 3 . . . . .                                                        | 65   |
| 9.4 Test-duty No. 4 . . . . .                                                        | 65   |
| 9.5 Test-duty No. 5 . . . . .                                                        | 67   |
| 10. Critical current tests . . . . .                                                 | 69   |
| 10.1 Applicability . . . . .                                                         | 69   |
| 10.2 Test currents . . . . .                                                         | 69   |
| 10.3 Critical current test-duties . . . . .                                          | 69   |
| 11. Single-phase short-circuit tests . . . . .                                       | 69   |
| 11.1 Applicability . . . . .                                                         | 69   |
| 11.2 Test current and recovery voltage . . . . .                                     | 69   |
| 11.3 Test-duty . . . . .                                                             | 71   |

|          |                                                                                                                                                                                       |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.      | Essais de défaut en ligne (défaut kilométrique)                                                                                                                                       | 70  |
| 12.1     | Cas d'application                                                                                                                                                                     | 70  |
| 12.2     | Courant d'essai                                                                                                                                                                       | 70  |
| 12.3     | Circuits d'essai                                                                                                                                                                      | 70  |
| 12.4     | Tension transitoire de rétablissement                                                                                                                                                 | 72  |
| 12.5     | Séquences d'essais                                                                                                                                                                    | 74  |
| 12.6     | Essais de défaut en ligne avec une source d'essai de court-circuit de puissance réduite                                                                                               | 74  |
| 13.      | Essais de mise en et hors circuit en discordance de phases                                                                                                                            | 74  |
| 14.      | Essai au courant de courte durée admissible                                                                                                                                           | 76  |
| 14.1     | Disposition du disjoncteur                                                                                                                                                            | 76  |
| 14.2     | Courant et durée d'essai                                                                                                                                                              | 76  |
| 14.3     | Etat du disjoncteur après l'essai                                                                                                                                                     | 78  |
| 15.      | Essais de coupure de courants de lignes à vide                                                                                                                                        | 78  |
| 15.1     | Cas d'application                                                                                                                                                                     | 78  |
| 15.2     | Généralités                                                                                                                                                                           | 78  |
| 15.3     | Forme d'onde du courant                                                                                                                                                               | 80  |
| 15.4     | Caractéristiques des circuits d'alimentation                                                                                                                                          | 80  |
| 15.5     | Mise à la terre du circuit d'alimentation                                                                                                                                             | 80  |
| 15.6     | Caractéristiques du circuit capacitif mis en et hors circuit                                                                                                                          | 82  |
| 15.7     | Tension d'essai                                                                                                                                                                       | 82  |
| 15.8     | Séquences d'essais                                                                                                                                                                    | 82  |
| 15.9     | Mesure des surtensions                                                                                                                                                                | 84  |
| 16.      | Essais de coupure de courants de câbles à vide                                                                                                                                        | 84  |
| 16.1     | Cas d'application                                                                                                                                                                     | 84  |
| 16.2     | Généralités                                                                                                                                                                           | 84  |
| 16.3     | Forme d'onde du courant                                                                                                                                                               | 86  |
| 16.4     | Caractéristiques des circuits d'alimentation                                                                                                                                          | 86  |
| 16.5     | Mise à la terre du circuit d'essais triphasé                                                                                                                                          | 86  |
| 16.6     | Caractéristiques du circuit capacitif mis en et hors circuit                                                                                                                          | 88  |
| 16.7     | Tension d'essai                                                                                                                                                                       | 88  |
| 16.8     | Séquences d'essais                                                                                                                                                                    | 88  |
| 16.9     | Mesure des surtensions                                                                                                                                                                | 90  |
| 17.      | Essais de coupure de condensateurs (uniques)                                                                                                                                          | 90  |
| 17.1     | Cas d'application                                                                                                                                                                     | 90  |
| 17.2     | Généralités                                                                                                                                                                           | 90  |
| 17.3     | Forme d'onde et mesure du courant                                                                                                                                                     | 92  |
| 17.4     | Caractéristiques des circuits d'alimentation                                                                                                                                          | 92  |
| 17.5     | Mise à la terre du circuit d'essais triphasé                                                                                                                                          | 92  |
| 17.6     | Constante de temps à la décharge des condensateurs                                                                                                                                    | 92  |
| 17.7     | Tension d'essai                                                                                                                                                                       | 94  |
| 17.8     | Séquence d'essais                                                                                                                                                                     | 94  |
| 17.9     | Mesure des surtensions                                                                                                                                                                | 96  |
| 18.      | Essais de coupure de faibles courants inductifs                                                                                                                                       | 96  |
| ANNEXE A | — Enregistrements et comptes rendus des essais de type concernant le fonctionnement en fermeture, coupure et passage de courant de courte durée                                       | 98  |
| ANNEXE B | — Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit                                                                                                                            | 104 |
| ANNEXE C | — Détermination de la valeur efficace équivalente d'un courant de courte durée admissible pendant un court-circuit d'une durée donnée                                                 | 108 |
| ANNEXE D | — Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs                                    | 110 |
| ANNEXE E | — Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée                                                                                            | 114 |
| ANNEXE F | — Variante des valeurs normales de la TTR présumée pour les séquences d'essais N <sup>os</sup> 4 et 5 et pour la séquence d'essais N <sup>o</sup> 3 — représentation par 2 paramètres | 114 |
| ANNEXE G | — Exemple de calcul pour un essai de défaut en ligne                                                                                                                                  | 118 |
| FIGURES  |                                                                                                                                                                                       | 122 |

## SECTION DEUX — ESSAIS INDIVIDUELS

|     |                                                                       |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 19. | Généralités                                                           | 138 |
| 20. | Essais de tension à fréquence industrielle à sec du circuit principal | 138 |
| 21. | Essais de tension des circuits auxiliaires et de commande             | 138 |
| 22. | Mesure des résistances du circuit principal                           | 138 |
| 23. | Essais de fonctionnement mécanique                                    | 138 |

|            |                                                                                                                                         |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.        | Short-line fault tests                                                                                                                  | 71  |
| 12.1       | Applicability                                                                                                                           | 71  |
| 12.2       | Test current                                                                                                                            | 71  |
| 12.3       | Test circuits                                                                                                                           | 71  |
| 12.4       | Transient recovery voltage                                                                                                              | 73  |
| 12.5       | Test-duties                                                                                                                             | 75  |
| 12.6       | Short-line fault tests with a test supply of limited power                                                                              | 75  |
| 13.        | Out-of-phase switching tests                                                                                                            | 75  |
| 14.        | Short-time current test                                                                                                                 | 77  |
| 14.1       | Arrangement of circuit-breaker                                                                                                          | 77  |
| 14.2       | Test current and duration                                                                                                               | 77  |
| 14.3       | Condition of circuit-breaker after test                                                                                                 | 79  |
| 15.        | Line-charging current breaking tests                                                                                                    | 79  |
| 15.1       | Applicability                                                                                                                           | 79  |
| 15.2       | General                                                                                                                                 | 79  |
| 15.3       | Wave-form of the current                                                                                                                | 81  |
| 15.4       | Characteristics of supply circuits                                                                                                      | 81  |
| 15.5       | Earthing of three-phase supply circuit                                                                                                  | 81  |
| 15.6       | Characteristics of the capacitive circuit to be switched                                                                                | 83  |
| 15.7       | Test voltage                                                                                                                            | 83  |
| 15.8       | Test-duties                                                                                                                             | 83  |
| 15.9       | Measurement of overvoltages                                                                                                             | 85  |
| 16.        | Cable-charging current breaking tests                                                                                                   | 85  |
| 16.1       | Applicability                                                                                                                           | 85  |
| 16.2       | General                                                                                                                                 | 85  |
| 16.3       | Wave-form of current                                                                                                                    | 87  |
| 16.4       | Characteristics of supply circuits                                                                                                      | 87  |
| 16.5       | Earthing of the three-phase test circuit                                                                                                | 87  |
| 16.6       | Characteristics of the capacitive circuits to be switched                                                                               | 89  |
| 16.7       | Test voltage                                                                                                                            | 89  |
| 16.8       | Test-duties                                                                                                                             | 89  |
| 16.9       | Measurement of overvoltages                                                                                                             | 91  |
| 17.        | (Single) capacitor bank breaking tests                                                                                                  | 91  |
| 17.1       | Applicability                                                                                                                           | 91  |
| 17.2       | General                                                                                                                                 | 91  |
| 17.3       | Wave-form and measurement of the current                                                                                                | 93  |
| 17.4       | Characteristics of supply circuits                                                                                                      | 93  |
| 17.5       | Earthing of the three-phase test circuit                                                                                                | 93  |
| 17.6       | Discharge time constant of the capacitor                                                                                                | 93  |
| 17.7       | Test voltage                                                                                                                            | 95  |
| 17.8       | Test-duties                                                                                                                             | 95  |
| 17.9       | Measurement of overvoltages                                                                                                             | 97  |
| 18.        | Small inductive current breaking tests                                                                                                  | 97  |
| APPENDIX A | Records and reports of type-tests for making, breaking, and short-time current performance                                              | 99  |
| APPENDIX B | Determination of short-circuit power factor                                                                                             | 105 |
| APPENDIX C | Determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short-circuit of a given duration                         | 109 |
| APPENDIX D | Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters | 111 |
| APPENDIX E | Methods of determining prospective transient recovery voltages waves                                                                    | 115 |
| APPENDIX F | Alternative standard values of prospective TRV for Test-duties Nos. 4 and 5 and for Test-duty No. 3, representation by 2 parameters     | 115 |
| APPENDIX G | Example of calculation for a short-line fault test                                                                                      | 119 |
| FIGURES    |                                                                                                                                         | 122 |

## SECTION TWO — ROUTINE TESTS

|     |                                                       |     |
|-----|-------------------------------------------------------|-----|
| 19. | General                                               | 139 |
| 20. | Power frequency voltage dry tests on the main circuit | 139 |
| 21. | Voltage tests on control and auxiliary circuits       | 139 |
| 22. | Measurement of the resistances of the main circuit    | 139 |
| 23. | Mechanical operating tests                            | 139 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISJONCTEURS A COURANT ALTERNATIF A HAUTE TENSION**

**Quatrième partie : Essais de type et essais individuels**

**PRÉAMBULE**

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

**PRÉFACE**

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

Cette publication fait partie de la révision de la Publication 56 et comprend la Section un: Essais de type, et la Section deux: Essais individuels.

Des projets de la section un ont été discutés lors des réunions de Paris en 1967, de Baden-Baden en 1967, d'Arnhem en 1968 et de Stockholm en 1969. A la suite de ces réunions, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1970.

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

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Afrique du Sud        | Norvège                 |
| Allemagne             | Pays-Bas                |
| Australie             | Pologne                 |
| Belgique              | Royaume-Uni             |
| Canada                | Suède                   |
| Danemark              | Suisse                  |
| Etats-Unis d'Amérique | Tchécoslovaquie         |
| Finlande              | Turquie                 |
| France                | Union des Républiques   |
| Israël                | Socialistes Soviétiques |
| Italie                | Yougoslavie             |

Un premier projet de la section deux a été discuté lors de la réunion de Baden-Baden en 1967. A la suite de cette réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1968.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT CIRCUIT-BREAKERS**

**Part 4: Type tests and routine tests**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

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

This publication is part of the revision of Publication 56 and includes Section One—Type tests, and Section Two—Routine tests.

Drafts of Section One were discussed at meetings held in Paris in 1967, in Baden-Baden in 1967, in Arnhem in 1968 and in Stockholm in 1969. As a result of these meetings a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Australia      | Norway                   |
| Belgium        | Poland                   |
| Canada         | South Africa             |
| Czechoslovakia | Sweden                   |
| Denmark        | Switzerland              |
| Finland        | Turkey                   |
| France         | Union of Soviet          |
| Germany        | Socialist Republics      |
| Israel         | United Kingdom           |
| Italy          | United States of America |
| Netherlands    | Yugoslavia               |

A first draft of Section Two was discussed at the meeting in Baden-Baden 1967. As a result of this meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1968.

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

|                       |                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Afrique du Sud        | Norvège                                       |
| Allemagne             | Pays-Bas                                      |
| Australie             | Pologne                                       |
| Belgique              | Royaume-Uni                                   |
| Danemark              | Suède                                         |
| Etats-Unis d'Amérique | Suisse                                        |
| Finlande              | Tchécoslovaquie                               |
| France                | Turquie                                       |
| Israël                | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |
| Italie                | Yougoslavie                                   |

Cette publication a été divisée en six parties qui sont publiées en fascicules séparés:

- Publication 56-1, Première partie: Généralités et définitions.  
Publication 56-2, Deuxième partie: Caractéristiques nominales.  
Publication 56-3, Troisième partie: Conception et construction.  
Publication 56-4, Quatrième partie: Essais de type et essais individuels.  
Publication 56-5, Cinquième partie: Règles pour le choix des disjoncteurs selon le service.  
Publication 56-6, Sixième partie: Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes et règles pour le transport, l'installation et l'entretien.

Withdrawn

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Australia      | Norway                              |
| Belgium        | Poland                              |
| Czechoslovakia | South Africa                        |
| Denmark        | Sweden                              |
| Finland        | Switzerland                         |
| France         | Turkey                              |
| Germany        | Union of Soviet Socialist Republics |
| Israel         | United Kingdom                      |
| Italy          | United States of America            |
| Netherlands    | Yugoslavia                          |

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

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

Publication 56-2: Part 2. Rating.

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

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

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

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

Withdrawing

## DISJONCTEURS A COURANT ALTERNATIF A HAUTE TENSION

### Quatrième partie : Essais de type et essais individuels

#### SECTION UN — ESSAIS DE TYPE

##### 1. Généralités

Les essais de type décrits ci-après ont pour but de vérifier les caractéristiques des disjoncteurs, de leurs dispositifs de manœuvre et de leurs équipements auxiliaires.

Les essais de type comprennent :

- des essais pour montrer que le comportement mécanique est satisfaisant, voir article 2;
- des essais pour montrer que le fonctionnement mécanique est satisfaisant, voir paragraphes 5.5 et 5.8.3;
- des essais pour montrer que l'échauffement de n'importe quelle partie n'excède pas les valeurs spécifiées, voir article 3;
- des essais pour montrer que l'isolement est conforme aux limites spécifiées, voir article 4;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à établir et à couper les courants de court-circuit, voir articles 5 à 13;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à supporter son courant de courte durée admissible, voir article 14;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à couper des courants de lignes à vide, voir article 15;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à couper des courants de câbles à vide, voir article 16;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à couper des courants de batterie unique de condensateurs, voir article 17;
- des essais pour montrer l'aptitude du disjoncteur à couper de faibles courants inductifs, voir article 18.

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans les comptes rendus des essais de type contenant les données nécessaires pour prouver que le disjoncteur a satisfait aux prescriptions de cette spécification. Ces comptes rendus doivent également contenir les renseignements nécessaires pour permettre d'identifier les caractéristiques essentielles du disjoncteur essayé. Les détails de ces exigences sont donnés au paragraphe 1.1 et dans l'annexe A.

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

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

##### 1.1 Identification du disjoncteur

Des renseignements suffisants pour identifier le disjoncteur et des renseignements d'ordre général concernant son châssis-support ou l'appareillage sous enveloppe métallique, dont le disjoncteur fait partie intégrante, doivent être contenus dans le compte rendu d'essais.

# HIGH-VOLTAGE ALTERNATING-CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

## Part 4: Type tests and routine tests

### SECTION ONE — TYPE TESTS

#### 1. General

The type tests set out in this section are for the purpose of proving the characteristics of circuit-breakers, their operating devices and auxiliary equipment.

The type tests comprise:

- tests to prove mechanical performance, see Clause 2;
- tests to prove mechanical operation, see Sub-clauses 5.5 and 5.8.3;
- tests to prove that the temperature rise of any part does not exceed specified limits, see Clause 3;
- tests to prove that the insulation complies with specified limits, see Clause 4;
- tests to prove the short-circuit making and breaking performance, see Clauses 5 to 13;
- tests to prove the short-time current performance, see Clause 14;
- tests to prove the performance when breaking line-charging currents, see Clause 15;
- tests to prove the performance when breaking cable-charging currents, see Clause 16;
- tests to prove the performance when breaking single capacitor bank currents, see Clause 17;
- tests to prove the performance when breaking small inductive currents, see Clause 18.

The results of all type tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with this specification, and information shall be included so that the essential details of the circuit-breaker tested can be identified. Details of these requirements are given in Sub-clause 1.1 and Appendix A.

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

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

#### 1.1 Identification of circuit-breaker

Sufficient information to identify the circuit-breaker and general information concerning its supporting structure or metal-enclosed unit, of which the circuit-breaker forms an integral part, shall be included in the type-test report.

Les renseignements concernant les dispositifs de manœuvre utilisés pendant les essais seront indiqués, lorsque c'est applicable, dans le compte rendu d'essais de type. On indiquera également si le disjoncteur est équipé d'un déclencheur sous courant de fermeture ou d'un dispositif équivalent.

Le disjoncteur à essayer doit être vraiment conforme dans tous les détails essentiels aux dessins du type qu'il représente.

## 2. Essai mécanique

Sauf spécification contraire, l'essai mécanique doit être fait à la température de l'air ambiant du local d'essais. La tension d'alimentation des dispositifs de manœuvre doit être mesurée à leurs bornes lorsque le plein courant circule. Les équipements auxiliaires formant partie intégrante des dispositifs de manœuvre doivent être inclus. Cependant, aucune addition intentionnelle d'impédance (par exemple, pour le réglage de la tension) n'est permise entre la source de tension et les bornes du dispositif.

L'essai mécanique doit comporter 1 000 cycles de manœuvre sans application de tension ni de courant au circuit principal.

Environ 10 % des cycles de manœuvre doivent être des essais de fermeture-ouverture avec commande de l'ouverture par la fermeture des contacts principaux.

L'essai doit être effectué sur le disjoncteur muni du dispositif de manœuvre qui lui est propre.

Pour un disjoncteur muni d'un dispositif de fermeture par servomoteur, l'essai doit être fait à sa tension et à sa pression nominale d'alimentation ou à l'un des deux et effectué dans des conditions telles que les échauffements des organes électriques de commande ne dépassent pas les valeurs indiquées au tableau IV, article 5, de la Publication 56-2 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif, Deuxième partie: Caractéristiques nominales.

Pendant l'essai, il est permis de procéder à un graissage conformément aux indications du constructeur, à l'exclusion de tout réglage mécanique.

Après l'essai, toutes les pièces, y compris les contacts, devront être en bon état et ne devront pas présenter d'usure excessive. Voir aussi la note 2 du tableau IV, article 5, de la Publication 56-2 de la CEI.

Toute déformation permanente des pièces mécaniques qui pourrait survenir ne devra pas affecter de façon défavorable le fonctionnement du disjoncteur ni empêcher la mise en place correcte des pièces de rechange.

*Note.* — Voir aussi la note du paragraphe 17.7 b) i).

## 3. Essai d'échauffement

### *Généralités*

L'échauffement de n'importe quelle partie d'un disjoncteur ne doit pas excéder les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau IV, article 5, de la Publication 56-2 de la CEI.

Si l'isolation d'un enroulement est constituée de plusieurs matériaux isolants différents, l'échauffement admissible de l'enroulement considéré devra correspondre au matériel isolant ayant la plus basse limite d'échauffement.

Information regarding the operating devices employed during the tests shall, where applicable, be recorded in the type-test report, also whether the circuit-breaker is fitted with a making current release, or equivalent device.

The circuit-breaker for test shall truly conform in all essential details to drawings of its type.

## 2. Mechanical test

Unless otherwise specified, the mechanical test shall be made at the ambient air temperature of the test location. The supply voltage of the operating devices shall be measured at the terminals with full current flowing. Auxiliary equipment forming part of the operating devices shall be included. However, no intentional addition to the impedance (e.g. for regulation of the voltage) between the voltage source and the terminals of the devices is permitted.

The mechanical test shall consist of 1 000 operating cycles without voltage on or current in the main circuit.

Out of the total number of operating cycles, approximately 10% shall be close-open with the opening device energized by the closing of the main contacts.

The test shall be made on the circuit-breaker equipped with its own operating devices.

On a circuit-breaker having a power-operated closing device, the test shall be made at rated supply voltage and/or pressure, and carried out in such a way that the temperature rises of the electrical components do not exceed the values given in Table IV, Clause 5, of IEC Publication 56-2: High-voltage alternating-current circuit-breakers; Part 2: Rating.

During the test, lubrication in accordance with the manufacturer's instructions but no mechanical adjustment is permissible.

After the test, all parts, including contacts, shall be in good condition and shall not show undue wear. See also Note 2 of Table IV, Clause 5, of IEC Publication 56-2.

Any permanent distortion of the mechanical parts that may occur shall not adversely affect the operation of the circuit-breaker nor prevent the proper fit of any replacement parts.

*Note.* — See also Note of Sub-clause 17.7 b) i).

## 3. Temperature rise test

### *General*

The temperature rise of any part of a circuit-breaker shall not exceed the limits of temperature rise specified in Table IV, Clause 5, of IEC Publication 56-2.

If the insulation of a coil is made of several different insulating materials the permissible temperature rise of the coil shall be taken as that for the insulating material with the lowest limit of temperature rise.

A l'exception des enroulements prévus pour le courant continu, les disjoncteurs doivent être essayés à la fréquence nominale avec une tolérance de  $+2\%$  et de  $-5\%$ , mais pour la commodité des essais, des tolérances supérieures peuvent être nécessaires. Si ces écarts sont appréciables, par exemple, lorsque les disjoncteurs dont la fréquence nominale est de 50 Hz sont essayés à 60 Hz et vice versa, il est recommandé d'interpréter les résultats avec précaution.

A l'exception d'un essai effectué sur un enroulement prévu pour une charge nominale intermittente, chaque essai doit être effectué pendant une période de temps suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante (en pratique, cette condition est généralement réalisée lorsque la variation n'excède pas 1 deg C par heure).

Le temps nécessaire pour l'essai complet peut être réduit par préchauffage du circuit avec un courant d'une valeur plus élevée.

Pour les enroulements, la méthode de mesure de la température par variation de résistance devra être généralement employée. L'emploi d'autres méthodes n'est permis que si l'utilisation de la méthode par variation de résistance est impraticable.

Pour les conducteurs autres que les enroulements, la température des différentes parties devra être mesurée avec des thermomètres ou des thermocouples de type convenable, placés au point le plus chaud accessible.

La température de l'huile dans les disjoncteurs à huile devra être mesurée à la partie supérieure de l'huile.

Pour les mesures avec les thermomètres ou les thermocouples, les précautions suivantes devront être prises:

- a) Les réservoirs des thermomètres ou les thermocouples devront être protégés contre le refroidissement venant de l'extérieur (laine sèche et propre, etc.). La surface protégée devra de toute façon être négligeable vis-à-vis de la surface de refroidissement de l'appareil en essai.
- b) La bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie en essai devra être assurée.

Lorsque des thermomètres à réservoir sont employés en des points où existent des champs magnétiques variables, il est recommandé d'employer des thermomètres à alcool de préférence aux thermomètres à mercure, ces derniers étant moins sûrs dans ces conditions.

### 3.1 *Mesure de la résistance du circuit principal*

La résistance de chaque pôle du circuit principal doit être mesurée dans le but de permettre la comparaison entre le disjoncteur type sur lequel l'essai d'échauffement a été fait et tous les disjoncteurs du même type, soumis aux essais individuels.

La mesure doit être faite en courant continu en mesurant la chute de tension ou la résistance aux bornes de chaque pôle.

Le courant doit, pendant l'essai, avoir toute valeur convenable comprise entre 100 A et le courant nominal en service continu.

La mesure de la chute de tension en courant continu ou de la résistance doit être faite avant l'essai d'échauffement, le disjoncteur se trouvant à la température de l'air ambiant.

La valeur mesurée de la chute de tension en courant continu ou de la résistance ainsi que les conditions générales pendant l'essai (courant, température de l'air ambiant, etc.) doivent être indiquées dans le compte rendu de l'essai de type.

Circuit-breakers, with the exception of d.c. coils, shall be tested at rated frequency with a tolerance of +2% and -5%, but for convenience of testing, wider tolerances may be necessary. If these deviations are appreciable, i.e. when circuit-breakers rated for 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be exercised in the interpretation of the results.

Each test, except a test on an intermittently rated coil, shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value (for practical purposes this condition is usually obtained when the variation does not exceed 1 deg C per hour).

The time for the whole test may be shortened by pre-heating the circuit with a higher value of current.

For coils, the method of measuring the temperature rise by variation of resistance shall generally be used. Other methods are permitted only if it is impracticable to use the resistance method.

For conductors other than coils, the temperature of the different parts shall be measured with thermometers or thermocouples, of any suitable type, placed at the hottest accessible spot.

The temperature of the oil in oil circuit-breakers shall be measured in the upper layer of the oil.

For measurement with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken:

- a) The bulbs of the thermometers or thermocouples, shall be protected against cooling from outside (dry clean wool, etc.). The protected area shall, however, be negligible compared to the cooling area of the apparatus under test.
- b) Good heat conductivity between the thermometer or thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

When bulb thermometers are employed in places where there is any varying magnetic field, alcohol thermometers should be used in preference to mercury thermometers, as the latter are less reliable under these conditions.

### 3.1 *Measurement of the resistance of the main circuit*

The resistance of each pole of the main circuit shall be measured for comparison between the circuit-breaker type-tested for temperature rise and all circuit-breakers of the same type subjected to the routine tests.

The measurement shall be made with d.c. by measuring the d.c. voltage drop, or resistance, across the terminals of each pole.

The current during the test shall have any convenient value between 100 A and the rated normal current.

The measurement of the d.c. voltage drop or the resistance shall be made before the temperature rise test, with the circuit-breaker at the ambient air temperature.

The measured value of the d.c. voltage drop or the resistance shall be given in the type-test report, as well as the general conditions during the test (current, ambient air temperature, etc.).

### 3.2 *Température de l'air ambiant*

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins trois thermomètres disposés régulièrement autour du disjoncteur à environ la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant et à une distance d'environ un mètre du disjoncteur. Les thermomètres devront être protégés contre les courants d'air et les radiations de chaleur.

En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres peuvent être placés dans de petits réservoirs remplis d'huile ayant une capacité en huile d'environ un demi-litre.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas être supérieure à 1 deg C par heure. Si cela n'est pas possible du fait des conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un disjoncteur identique placé dans les mêmes conditions d'ambiance, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Ce disjoncteur supplémentaire ne doit pas être soumis à des radiations calorifiques intenses.

La température de l'air ambiant pendant les essais sera comprise entre  $+10^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$ . Aucune correction des échauffements observés ne devra être faite pour des températures ambiantes comprises dans les limites ci-dessus.

### 3.3 *Echauffement des parties autres que les enroulements*

Pour les essais d'échauffement des parties autres que les enroulements, le disjoncteur y compris les transformateurs de courant et ses organes auxiliaires seront montés approximativement comme dans les conditions normales de service, avec tous les capots normalement prévus pour les différentes parties du disjoncteur, et devront être protégés contre des échauffements ou des refroidissements anormaux externes. Ces essais peuvent être effectués sur des pôles séparés si l'influence des autres pôles est négligeable.

Les connexions provisoires de raccordement au circuit principal seront faites de telle façon qu'aucune quantité de chaleur anormale ne puisse être enlevée ou amenée au disjoncteur pendant l'essai. En cas de doute, l'échauffement devra être mesuré aux bornes du circuit principal et sur les connexions provisoires à une distance de 1 mètre des bornes. La différence d'échauffement ne devra pas excéder 5 deg C.

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

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

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

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

### 3.4 *Echauffement des enroulements*

Les essais d'échauffement des enroulements devront être faits avec la nature spécifiée du courant d'alimentation (courant alternatif ou courant continu). Les dispositifs de fermeture et d'ouverture seront essayés à leur tension nominale d'alimentation et les déclencheurs à maximum de courant, à leur courant nominal.

### 3.2 *Ambient air temperature*

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, equally distributed around the circuit-breaker at about the average height of its current-carrying parts at a distance of about one metre from the circuit-breaker. The thermometers shall be protected against air currents and heat radiation.

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers may be put into small oil-filled cans with oil contents of about half a litre.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 deg C per hour. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions of the test room, the temperature of an identical circuit-breaker under the same ambient conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional circuit-breaker shall not be subjected to undue heat radiation.

The ambient air temperature during tests shall be more than + 10 °C but less than + 40 °C. No corrections of the temperature rise values shall be made for ambient air temperatures within the above range.

### 3.3 *Temperature rise of parts other than coils*

For temperature rise tests of parts other than coils, the circuit-breaker including current transformers and its auxiliary devices shall be mounted approximately as under usual service conditions, including all normal covers of any part of the circuit-breaker, and shall be protected against undue external heating or cooling. These tests may be made on single poles if the influence of the other poles is negligible.

Temporary connections to the main circuit shall be such that no abnormal amount of heat is conducted away from, or conveyed to, the circuit-breaker during the test. In case of doubt the temperature rise at the terminals of the main circuit, and at the temporary connections at a distance of 1 m from the terminals, shall be measured. The difference of temperature rise shall not exceed 5 deg C.

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

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

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

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

### 3.4 *Temperature rise of coils*

The tests for temperature rise of coils shall be made with the specified nature of supply (a.c. or d.c.). Closing and opening devices shall be tested at their rated supply voltage, over-current releases at their rated current.

Les enroulements prévus pour un fonctionnement continu devront être essayés pendant une période de temps suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante (pratiquement cette condition est obtenue lorsque sa variation n'excède pas 1 deg C par heure).

Pour les bobines de fermeture et d'ouverture alimentées seulement pendant les opérations de fermeture et d'ouverture, les essais devront être faits dans les conditions suivantes:

- a) Lorsque le disjoncteur est muni d'un dispositif automatique d'ouverture du circuit de commande à la fin de la manœuvre, le circuit devra être alimenté dix fois, l'intervalle de temps entre chaque mise sous tension étant de 2 s
- b) Lorsque le disjoncteur n'est pas muni d'un dispositif automatique d'ouverture du circuit de commande à la fin de la manœuvre, le circuit devra être alimenté:
  - dix fois, l'intervalle de temps entre chaque mise sous tension étant de 2 s et la durée de chaque mise sous tension étant de 1 s,
  - après refroidissement complet, une fois, pendant une durée de 15 s.

A la fin de l'un ou l'autre de ces essais, l'échauffement ne devra pas excéder les valeurs spécifiées.

#### 4. Essais diélectriques

*Note.* — Une révision des essais diélectriques est à l'étude.

##### 4.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

On se référera à la Publication 60 de la CEI: Essais à haute tension, en ce qui concerne les conditions atmosphériques normales et les facteurs de correction pour la densité et l'humidité de l'air.

On appliquera les facteurs de correction aux essais diélectriques des disjoncteurs lorsque l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal, sauf que les facteurs de correction de l'humidité ne s'appliquent pas aux essais de tension à fréquence industrielle sous pluie.

Pour les autres disjoncteurs possédant une isolation externe et une isolation interne, on n'appliquera pas les facteurs de correction pour la densité et l'humidité si le facteur de correction total est compris entre 0,95 et 1,05. Si un disjoncteur n'a pas satisfait à un essai diélectrique par suite de la réduction de la rigidité diélectrique de l'air atmosphérique pendant l'essai, on peut répéter cet essai dans des conditions plus favorables. Si le facteur de correction n'est pas compris entre 0,95 et 1,05, les détails des essais diélectriques feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. On n'appliquera pas les facteurs de correction aux essais de tension à fréquence industrielle.

Pour les disjoncteurs ne comportant qu'une isolation interne, les conditions de l'air ambiant pendant l'essai n'ont pas d'importance et on n'appliquera pas de facteurs de correction.

##### 4.2 Etat du disjoncteur pendant les essais

Tous les essais de vérification des niveaux d'isolement doivent être effectués sur des disjoncteurs complètement assemblés et prêts pour le service. Ces derniers doivent être montés pour l'essai avec les distances minimales dans l'air spécifiées par le constructeur.

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 minimale indiquée par le constructeur. Toutefois, afin d'éviter la nécessité de monter des disjoncteurs de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, si la distance minimale entre pôles est telle qu'un amorçage entre les pôles n'est pas à craindre, les essais peuvent être exécutés sur un seul pôle.

Continuously rated coils shall be tested over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value (this condition is obtained, for practical purposes, when the variation does not exceed 1 deg C per hour).

For closing and opening coils energized only during closing or opening operations, the tests shall be made under the following conditions:

- a) When the circuit-breaker has an automatic device for opening the control circuit at the end of the operation, the circuit shall be energized ten times, the interval between the instants of each energizing being 2 s.
- b) When the circuit-breaker has no automatic device for opening the control circuit at the end of the operation, the circuit shall be energized:
  - ten times, the interval between the instants of each energizing being 2 s and the duration of each energizing being 1 s,
  - after cooling down, once for a duration of 15 s.

At the end of either test the temperature rise shall not exceed the specified values.

#### 4. Dielectric tests

*Note.* — A revision of dielectric testing is under consideration.

##### 4.1 Ambient air conditions during tests

Reference shall be made to IEC Publication 60: High-voltage test techniques, regarding standard atmospheric conditions and correction factors for air density and humidity.

Correction factors shall be applied in dielectric tests of circuit-breakers when external insulation in free air is of principal concern, except that humidity correction factors are not applicable to power frequency voltage wet tests.

For other circuit-breakers having external and internal insulation, the correction factors, for density and humidity, shall not be applied if the total correction factor is between 0.95 and 1.05. If a circuit-breaker fails a dielectric test due to reduced strength of the atmospheric air during the test, this test may be repeated in more favourable conditions. If the correction factor is outside the range of 0.95 to 1.05, details of dielectric tests shall be subject to agreement between manufacturer and user. Correction factors are not to be applied to the power frequency voltage tests.

For circuit-breakers having internal insulation only, the ambient air conditions during test are of no account and correction factors shall not be applied.

##### 4.2 Condition of circuit-breaker during tests

All tests to verify insulation levels shall be made on circuit-breakers completely assembled, ready for service. They shall be mounted for test with minimum clearances as specified by the manufacturer.

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 minimum distance between poles is such that there is no risk of flashover between poles, the tests may be made on a single pole.

Lorsque le constructeur spécifie qu'un isolement supplémentaire tel que des enrubannages ou des écrans est exigé pour être utilisé en service, une telle isolation supplémentaire doit être utilisée pendant les essais.

Si des éclateurs de protection ou des anneaux de garde sont nécessaires pour la protection du réseau, ces éclateurs peuvent être enlevés ou leur écartement augmenté en vue de l'essai. S'ils sont nécessaires pour le contrôle du gradient, ils doivent être maintenus en position pendant l'essai.

#### 4.3 *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:

a) Dans la position de fermeture, entre toutes les parties du circuit principal de chaque pôle successivement et le bâti, toutes les parties du circuit principal des autres pôles (s'il y en a) étant réunies au bâti.

b) Dans la position d'ouverture:

i) entre toutes les parties du circuit principal de tous les pôles, réunies entre elles et le bâti;

ii) entre les bornes de chaque pôle successivement et le bâti, toutes les parties du circuit principal des autres pôles (s'il y en a) étant réunies au bâti;

*Note.* — Il ne sera nécessaire de faire l'essai b) ii) que si l'isolement entre pôles est réduit de façon importante dans la position d'ouverture.

iii) entre les bornes d'un côté réunies entre elles et les bornes de l'autre côté réunies entre elles et au bâti. Les essais doivent être répétés en intervertissant les connexions reliant les bornes à la source et au bâti, à moins que la disposition des bornes d'un pôle ne soit symétrique par rapport au bâti.

#### 4.4 *Tensions d'essais*

Les tensions d'essais utilisées pour les essais prescrits au paragraphe 4.3 doivent être conformes aux prescriptions de l'article 3 de la Publication 56-2 de la CEI.

#### 4.5 *Essais en ondes de choc*

Tous les disjoncteurs pour l'extérieur et les disjoncteurs pour l'intérieur destinés à être utilisés dans des installations en situation exposée doivent être soumis à des essais en ondes de choc à sec avec des ondes de choc 1,2/50 conformes à la Publication 60 de la CEI.

Au cours des essais, la borne du générateur de choc reliée à la terre doit être connectée au bâti du disjoncteur.

Pendant chaque essai, cinq ondes de choc consécutives doivent être appliquées. Si aucun contournement ni aucune perforation ne se produit, le disjoncteur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai. Si une perforation ou deux contournements ou plus se produisent, le disjoncteur doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai. Si un seul contournement se produit, dix ondes de choc supplémentaires doivent être appliquées et c'est seulement si aucun contournement ni aucune perforation ne se produit au cours de l'un quelconque de ces essais supplémentaires que le disjoncteur doit être considéré comme ayant subi l'essai avec succès.

Le disjoncteur doit être capable de satisfaire aux essais spécifiés avec des tensions de polarité aussi bien positive que négative, mais lorsqu'il est évident qu'une polarité donnera la plus faible tension d'amorçage, il doit suffire de faire l'essai avec cette polarité.

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.

If arcing horns or rings are required for the purpose of system protection, they may be removed or their spacing increased for the purpose of the test. If they are required for stress control, they shall remain in position for the test.

#### 4.3 *Application of test voltage for impulse and power frequency tests*

The test voltage shall be applied as follows:

a) in the closed position, between all parts of the main circuit of each pole in turn and the frame, all parts of the main circuit of the other poles (if any) being connected to the frame.

b) In the open position:

i) between all parts of the main circuit of all poles connected together and the frame;

ii) between the terminals of each pole in turn and the frame, all parts of the main circuit of the other poles (if any) being connected to the frame;

*Note.* — Test b) ii) is required only if the insulation between poles is significantly reduced in the open position.

iii) between the terminals of one side connected together and the terminals of the opposite side connected together and the frame. The tests shall be repeated with the connections from the terminals to the source and the frame interchanged unless the arrangement of the terminals of a pole is symmetrical with respect to the frame.

#### 4.4 *Test voltages*

The test voltages to be used for the tests prescribed in Sub-clause 4.3, shall be in accordance with Clause 3 of I E C Publication 56-2.

#### 4.5 *Impulse voltage tests*

All outdoor circuit-breakers, and indoor circuit-breakers for use in exposed installations, shall be subjected to impulse voltage dry tests with 1.2/50 impulses in accordance with I E C Publication 60.

During the tests the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the frame of the circuit-breaker.

During each test five consecutive impulses shall be applied. If a flashover or puncture does not occur, the circuit-breaker shall be considered to have passed the test. If puncture occurs, or if two or more flashovers occur, the circuit-breaker shall be considered to have failed the test. If only one flashover takes place, ten additional impulses shall be applied and only if flashover or puncture does not occur on any of these additional applications the circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully.

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

#### 4.6 *Essais de tension à fréquence industrielle à sec*

Tous les disjoncteurs doivent être soumis à des essais de tenue à sec à une tension à fréquence industrielle pendant une minute conformément à la Publication 60 de la CEI.

Le circuit d'essai (transformateur muni d'un dispositif de réglage de la tension) doit avoir un courant de court-circuit au moins égal à 0,2 A. Il est permis de mesurer la grandeur de ce courant à environ un dixième de la tension d'essai spécifiée.

Durant les essais, une borne du transformateur d'essai doit être réunie à la terre et au châssis du disjoncteur.

La tension d'essai doit être élevée jusqu'à la valeur spécifiée et doit être maintenue pendant une minute. Si un contournement ou une perforation apparaît, le disjoncteur doit être considéré comme n'ayant pas satisfait aux essais.

#### 4.7 *Essais de tension à fréquence industrielle sous pluie*

L'isolation externe des disjoncteurs pour emploi à l'extérieur doit être soumise à des essais de tenue sous pluie à une tension à fréquence industrielle dans les conditions spécifiées au paragraphe 4.6 et conformément au processus d'essai indiqué dans la Publication 60 de la CEI qui fixe également la durée des essais de tenue sous pluie.

Ces essais ne sont pas nécessaires pour les disjoncteurs à cuve métallique (à bain d'huile, etc.) lorsque les traversées ont déjà été essayées.

#### 4.8 *Essais des circuits auxiliaires et de commande*

Les circuits auxiliaires et de commande de tous les disjoncteurs doivent être soumis à des essais de tenue à la tension de fréquence industrielle pendant une minute:

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

La tension d'essai doit être 2 000 V. S'il se produit un contournement ou une perforation, les circuits auxiliaires et de commande du disjoncteur doivent être considérés comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doit être la même que celle de ces circuits. Si ces appareils ont déjà été essayés conformément à leur propre spécification, ils peuvent être déconnectés pendant l'essai.

### 5. **Renseignements divers pour les essais de fermeture et de coupure**

#### 5.1 *Disposition du disjoncteur pour les essais*

Le disjoncteur à essayer doit être monté complet sur son propre support ou sur un support équivalent. Son dispositif de commande doit être actionné dans des conditions spécifiées et, en particulier si le mécanisme est à commande électrique, pneumatique ou oléopneumatique, il doit être alimenté sous la tension minimale ou bien sous la pression minimale ainsi qu'il est spécifié aux articles 5 à 7 de la Publication 56-3 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Troisième partie: Conception et construction, à moins qu'une autre spécification ne figure aux articles correspondants. Il sera vérifié que le disjoncteur fonctionne correctement à vide lorsqu'il est actionné dans les conditions ci-dessus, ainsi qu'il est spécifié au paragraphe 5.5. Les disjoncteurs

#### 4.6 *Power frequency voltage dry tests*

All circuit-breakers shall be subjected to one-minute power frequency voltage dry withstand tests in accordance with I E C Publication 60.

The test source (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.

During the tests one terminal of the testing transformer shall be connected to earth and to the frame of the circuit-breaker.

The test voltage shall be raised to the value specified and shall be maintained for one minute. If flashover or puncture occurs, the circuit-breaker shall be considered to have failed the test.

#### 4.7 *Power frequency voltage wet tests*

The outdoor insulation of circuit-breakers shall be subjected to power frequency voltage wet withstand tests under the same conditions as those specified in Sub-clause 4.6 and the test procedure given in I E C Publication 60 which also gives the duration of wet withstand tests.

Such tests are not necessary for dead tank (bulk oil, etc.) circuit-breakers when the bushings have already been tested.

#### 4.8 *Tests on auxiliary and control circuits*

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

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

The test voltage shall be 2 000 V. If puncture or flashover occurs, the auxiliary and control circuits of the circuit-breaker shall be considered to have failed the test.

Normally the test voltage of motors and other devices used in the auxiliary and control circuits shall be the same as the test voltage of those circuits. If such apparatus has already been tested in accordance with the appropriate specification, it may be disconnected for this test.

### 5. **Miscellaneous provisions for making and breaking tests**

#### 5.1 *Arrangement of circuit-breaker for tests*

The circuit-breaker for test shall be mounted complete on its own support or on an equivalent support. Its operating devices shall be operated in the manner specified and in particular, if it is electrically, pneumatically or hydraulically operated, it shall be operated at the minimum voltage or pressure specified in Clauses 5 to 7, I E C Publication 56-3: High-voltage alternating-current circuit-breakers, Part 3: Design and construction, unless otherwise specified in the relevant clauses. It shall be shown that the circuit-breaker will operate satisfactorily under the above conditions at no-load as specified in Sub-clause 5.5. Gas-blast circuit-breakers shall be tested at the minimum pressure, specified in Clause 8, I E C Publication 56-3, unless otherwise specified in the relevant clauses.

à soufflage par gaz doivent être essayés à la pression minimale, spécifiée à l'article 8 de la Publication 56-3 de la CEI, à moins qu'une autre spécification ne figure aux articles correspondants. Pour un disjoncteur tripolaire, toutes les exigences concernant la fermeture et la coupure en court-circuit peuvent en principe être vérifiées avec un disjoncteur tripolaire dont tous les pôles fonctionnent ensemble.

*Note.* — L'arrachement du courant peut être plus important à la pression maximale.

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

a) *Disjoncteur à bac unique*

Un disjoncteur ayant tous ses contacts de coupure dans un bac unique doit être essayé comme une unité complète.

b) *Disjoncteurs à pôles séparés*

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

- i) la vitesse de fermeture,
- ii) la vitesse de coupure,
- iii) la présence du fluide extingueur,
- iv) la puissance et la robustesse du dispositif de fermeture et d'ouverture,
- v) la rigidité de la structure.

5.2 *Disjoncteur muni de déclencheurs à maximum de courant*

Compte tenu des dispositions du paragraphe 6.4, les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant doivent être installés pour les séquences d'essais N° 1 à 5 (article 9) comme spécifié ci-après et les enroulements des déclencheurs à maximum de courant doivent être connectés du côté de l'alimentation du circuit d'essai:

Les déclencheurs utilisés doivent être munis de l'enroulement correspondant au courant nominal maximal prévu pour montage sur le disjoncteur, et ils doivent être réglés avec le courant de fonctionnement et le retard: maximal pour les séquences d'essais N°s 1, 2, 3 et 4; minimal pour la séquence d'essais N° 5.

*Note.* — Lorsque le retard est trop grand pour permettre un enregistrement convenable à l'oscillographe, il est permis d'utiliser un temps de réglage plus court, ou encore, de supprimer l'action de l'appareil de temporisation dans le cas des seules séquences d'essais N°s 1 et 2.

5.3 *Essais par éléments séparés*

Certains disjoncteurs sont construits par montage en série d'éléments identiques de coupure ou de fermeture, la répartition de la tension entre les éléments de chaque pôle étant assurée par l'utilisation d'impédances en parallèle ou d'autres dispositifs additionnels.

Ce type de construction permet de vérifier les caractéristiques de coupure ou de fermeture d'un disjoncteur en n'effectuant les essais que sur un ou plusieurs éléments, lorsque les possibilités de la station d'essai ne permettent pas de faire les essais sur un disjoncteur ou sur un pôle complet. Les résultats de ces essais peuvent être utilisés dans un compte rendu concernant un disjoncteur de caractéristiques différentes utilisant les mêmes éléments.

Dans tous les cas, il faut que les éléments soient identiques et que la distribution de tension pour l'essai considéré soit connue.

For a three-pole circuit-breaker, all short-circuit making and breaking requirements can, in principle, be proved with a three-pole circuit-breaker with all poles operating together.

*Note.* — Current chopping may be more pronounced at maximum pressure.

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

*a) Single-enclosure type*

A circuit-breaker having all its arcing contacts supported within a common enclosure shall be tested as a complete unit.

*b) Multi-enclosure type*

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

- i)* speed of make,
- ii)* speed of break,
- iii)* availability of arc-extinguishing medium,
- iv)* power and strength of closing and opening devices,
- v)* rigidity of structure.

**5.2** *Circuit-breakers with over-current releases*

Circuit-breakers fitted with direct over-current releases shall, subject to the provisions of Sub-clause 6.4, be arranged for Test-duties Nos. 1 to 5 (Clause 9) as specified below and the over-current release coils shall be connected to the live side of the test circuit:

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

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

**5.3** *Unit testing*

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

This type of design enables the breaking or making performance of a circuit-breaker to be verified by carrying out unit tests on only one or some of the units, when the testing laboratory is not equipped to test a complete circuit-breaker or pole. Such tests may form part of the test report of different ratings of circuit-breakers based on the same units.

In any case, it is essential that the units are identical and that the voltage distribution for the operation under consideration is known.

### 5.3.1 Identité des éléments

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

#### a) Simultanéité de fonctionnement des contacts

L'ouverture des contacts d'un pôle — pour les essais de coupure — ou la fermeture des contacts d'un pôle — pour les essais de fermeture — doivent être pratiquement simultanées.

Cette condition doit être considérée comme satisfaite si l'ouverture ou la fermeture des contacts de l'élément qui intervient en dernier a lieu au plus tard un quart de période de la fréquence nominale après l'ouverture ou la fermeture des contacts de l'élément qui intervient en premier.

#### b) Alimentation en agent d'extinction

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

#### c) Etat du milieu extincteur

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

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

Les gaz ionisés ou les vapeurs qui peuvent se trouver dans l'échappement ne doivent pas s'écouler de façon à provoquer un mauvais fonctionnement des éléments adjacents ou une défaillance du disjoncteur par un amorçage partiel ou total.

### 5.3.2 Répartition de la tension

La répartition de la tension entre les éléments d'un pôle qui dépend de l'influence de la terre doit être déterminée pour les conditions du circuit d'essai correspondant indiquées pour les essais unipolaires. Voir pour les conditions correspondant au défaut aux bornes les paragraphes 6.3. c) et d) et les figures 3a, 3b, page 124, et 4a, page 125, pour les conditions correspondant au défaut en ligne, le paragraphe 12.3 et pour les conditions en cas de discordance de phases, l'article 13 et la figure 16, page 135. Lorsque les éléments ne sont pas disposés de façon symétrique, la répartition de la tension doit être également déterminée en inversant les connexions.

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

*Note 1.* — Il est admis que la fréquence équivalente est égale à  $\frac{1}{3} t_1$  dans le cas de quatre paramètres ou à  $\frac{1}{2} t_3$  dans le cas de deux paramètres (voir les figures 5 et 6).

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

### 5.3.1 *Identical nature of the units*

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

#### a) *Simultaneous operation of contacts*

The opening, in breaking tests, or closing, in making tests, of the contacts of one pole shall be practically simultaneous.

This condition shall be considered as fulfilled if the opening or closing of the contacts of the unit which is the last to operate takes place, at the latest, one quarter cycle of rated frequency after the opening or closing of the contacts of the unit which operates first.

#### b) *Supply of the arc-extinguishing medium*

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

#### c) *Condition of the arc-extinguishing medium*

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

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

Any ionized gases or vapours which might be present in the exhaust shall not escape in such a manner as to cause malfunction of adjacent units or breakdown of the circuit-breaker owing to partial or complete sparkover.

### 5.3.2 *Voltage distribution*

The voltage distribution between units of a pole as affected by the influence of earth shall be determined for the relevant test-circuit conditions laid down for tests on one pole, see for terminal fault conditions Sub-clauses 6.3 c) and d) and Figures 3a, 3b, page 124, and 4a, page 125, for short-line fault conditions Sub-clause 12.3 and for out-of-phase conditions Clause 13 and Figure 16, page 135. Where the units are not symmetrically arranged, the voltage distribution shall be determined also with reverse connections.

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

*Note 1.* — The equivalent frequency is deemed to be equal to  $1/3 t_1$  in the case of four parameters or to  $1/2 t_3$  in the case of two parameters (see Figures 5 and 6).

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

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

De plus, on tiendra compte des tolérances de fabrication des résistances et des condensateurs. Le constructeur indiquera la valeur de ces tolérances.

*Notes 2.* — Il y a lieu de tenir compte du fait que la répartition de la tension peut être plus favorable lors des essais de coupure en cas de discordance de phases que lors des essais de court-circuit aux bornes ou lors des essais de défaut en ligne.

3. — La répartition de la tension réelle lors d'un essai de coupure en court-circuit peut être plus uniforme que la répartition calculée ou mesurée par des essais statiques.

Si cette amélioration de la répartition de la tension peut être prouvée, on en tiendra compte pour fixer la tension à appliquer lors des essais par éléments séparés.

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

### 5.3.3 Conditions à remplir pour les essais par éléments séparés

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

Lors des essais d'un seul élément, la tension d'essai sera la tension de l'élément le plus sollicité dans le pôle complet du disjoncteur, déterminée conformément au paragraphe 5.3.2. Dans les conditions du défaut en ligne, l'élément de référence est celui qui est le plus sollicité à l'instant spécifié pour la première crête de la tension transitoire du côté ligne.

Lors des essais d'un groupe d'éléments, la tension apparaissant aux bornes de l'élément le plus sollicité du groupe doit être égale à la tension de l'élément le plus sollicité du pôle, les deux déterminées conformément au paragraphe 5.3.2.

Au cours des essais par éléments séparés, l'isolement par rapport à la terre n'est pas soumis à une contrainte correspondant à la pleine tension qui apparaît pendant un essai de coupure effectué sur le disjoncteur complet. Pour certains types de disjoncteurs, tels que les disjoncteurs dont les pôles sont contenus dans une enveloppe métallique, il peut être nécessaire de prouver que l'isolement par rapport à la terre est capable de supporter cette pleine tension.

### 5.4 Essais synthétiques

Rapport CEI prochainement publié.

### 5.5 Manœuvres à vide avant les essais

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

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

Dans le cas de disjoncteurs à commande électrique, les essais doivent être faits, le solénoïde de fermeture étant alimenté à 105 % et à 85 % de la tension nominale d'alimentation du dispositif de fermeture.

Dans le cas des dispositifs de fermeture et d'ouverture à commande par air comprimé ou oléo-pneumatique, les essais doivent être faits à la pression minimale spécifiée aux articles 5 et 6 de la Publication 56-3 de la CEI, les déclencheurs shunt étant alimentés à 85 % de la tension nominale d'alimentation, puis à la pression nominale, les déclencheurs shunt étant alimentés à la tension nominale d'alimentation, enfin à la pression maximale spécifiée aux articles 5 et 6 de la Publication 56-3 de la CEI, les déclencheurs shunt étant alimentés à 110 % de la tension nominale d'alimentation.

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

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

*Notes 2.* — It shall be taken into account that the voltage distribution may be more favourable during the out-of-phase breaking tests than during the terminal or short-line fault short-circuit tests.

3. — The actual voltage distribution in a short-circuit breaking operation may be more linear than indicated by static measurements or calculations.  
If evidence of this can be produced, the voltage distribution derived from this evidence shall be used for the selection of the voltage for the unit tests.
4. — The influence of pollution is not considered in determining the voltage distribution. In some cases pollution may affect this voltage distribution.

### 5.3.3 *Requirements for unit tests*

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

When testing a single unit, the test-voltage shall be the voltage of the most highly stressed unit of the complete pole of the circuit-breaker determined in accordance with Sub-clause 5.3.2. For short-line fault conditions, the unit referred to is that most highly stressed at the specified time of the first peak of the side line transient voltage.

When testing a group of units, the voltage appearing at the terminals of the most highly stressed unit of the group shall be equal to the voltage of the most highly stressed unit of the pole, both determined in accordance with Sub-clause 5.3.2.

In unit tests, the insulation to earth is not stressed with the full voltage occurring during a breaking operation of the complete circuit-breaker. For certain types of circuit-breakers such as circuit-breakers in metal enclosures, it may be necessary to prove that the insulation to earth is capable of withstanding this full voltage.

### 5.4 *Synthetic testing*

I E C Report to be issued.

### 5.5 *No-load operations before tests*

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

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

For electrically operated circuit-breakers, tests shall be made with the closing solenoid energized at both 105% and 85% of the rated supply voltage of the closing device.

For compressed air or hydraulic closing and opening devices, the tests shall be made at the minimum pressure specified in Clauses 5 and 6, I E C Publication 56-3, with the shunt releases energized at 85% of the rated supply voltage; and also at the rated pressure and with the shunt releases energized at the rated supply voltage; and at the maximum pressure specified in Clauses 5 and 6, I E C Publication 56-3, with the shunt releases energized at 110% of the rated supply voltage.

Dans le cas de disjoncteurs à fermeture par ressort, les essais doivent être faits, les déclencheurs shunt étant alimentés à 110 % et à 85 % de la tension nominale d'alimentation.

Pour les manœuvres d'ouverture, les essais doivent être faits, les déclencheurs shunt étant alimentés à 110 % et à 85 % de la tension nominale d'alimentation.

#### 5.6 *Mécanismes de fermeture différents*

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

Si ceci peut être montré de manière satisfaisante, on n'exigera qu'une seule série complète de séquences d'essais de court-circuit effectuée avec un des mécanismes différents, mais toute séquence d'essais de court-circuit qui comprend des manœuvres de fermeture (voir paragraphe 9.4) sera répétée avec chacun des mécanismes différents.

#### 5.7 *Comportement du disjoncteur pendant les essais*

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

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

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

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

Les surtensions produites pendant les essais de coupure de lignes à vide, de câbles à vide, de condensateurs et de faibles courants inductifs ne doivent pas dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles (voir les articles 13 à 16 de la Publication 56-2 de la CIE). Il ne doit pas se produire de contournement extérieur.

#### 5.8 *Etat du disjoncteur après les essais*

##### 5.8.1 *Généralités*

Le disjoncteur peut être examiné après chaque séquence d'essais. Ses parties mécaniques et ses isolateurs doivent être pratiquement dans le même état qu'avant la séquence d'essais.

##### 5.8.2 *Etat après une séquence d'essais de court-circuit*

Après chaque séquence d'essais de court-circuit, le disjoncteur doit être capable d'établir et de couper son courant nominal en service continu sous sa tension nominale. Toutefois, il est admis que ses possibilités de fermeture et de coupure en court-circuit soient notablement réduites.

For spring-closed circuit-breakers, tests shall be made with the shunt releases energized at 110% and at 85% of the rated supply voltage.

For opening operations, tests shall be made with the shunt releases energized at 110% and at 85% of the rated supply voltage.

#### 5.6 *Alternative closing mechanisms*

If the circuit-breaker is designed for use with alternative closing mechanisms, a separate series of short-circuit test-duties shall be made for each type of mechanism, unless it can be shown that the change of mechanism does not affect the performance of the common portion, particularly with regard to the opening characteristics of the circuit-breaker.

If this can be satisfactorily shown, only a single complete series of short-circuit test-duties is required using one of the alternative mechanisms, but any short-circuit test-duty which includes making operations (see Sub-clause 9.4) shall be repeated with all other alternative mechanisms.

#### 5.7 *Behaviour of circuit-breaker during tests*

During making and breaking tests, the circuit-breaker shall neither show signs of excessive distress nor endanger the operator. From oil circuit-breakers, there shall be no outward emission of flame, and the gases produced, together with the oil carried with the gases, shall be conducted from the circuit-breaker and directed away from all live conductors and locations where persons may be present.

For other types of circuit-breaker, if there is appreciable emission of flame or metallic particles, it may be required that the short-circuit tests shall be made with metallic screens placed in the vicinity of the live parts and separated from them by a safety clearance distance which the manufacturer shall specify.

The screens shall be insulated from earth but connected thereto by a suitable device to indicate any significant leakage current to earth.

There shall be no indication of significant leakage currents to the circuit-breaker earthed structure, or screens when fitted, during the tests. In case of doubt, the earthed parts, etc., should be connected to earth through a fuse consisting of a copper wire of 0.1 mm diameter and 5 cm long. No significant leakage is assumed to have occurred if this fuse wire is intact after the test.

Overvoltages produced during line-charging, cable-charging, capacitor and small inductive current breaking tests shall not exceed the maximum permissible switching overvoltages (see Clauses 13 to 16, IEC Publication 56-2). External flashover shall not occur.

#### 5.8 *Condition of circuit-breaker after tests*

##### 5.8.1 *General*

The circuit-breaker may be inspected after any test-duty. Its mechanical parts and insulators shall be in practically the same condition as before the test-duty.

##### 5.8.2 *Condition after a short-circuit test-duty*

After each short-circuit test-duty the circuit-breaker shall be capable of making and breaking its rated normal current at the rated voltage, although its short-circuit making and breaking performance may be impaired.

Les contacts principaux doivent être dans un état tel, en particulier en ce qui concerne l'usure due à l'arc, la surface de contact, la pression et la liberté de mouvement, qu'ils puissent supporter le courant nominal en service continu du disjoncteur sans que leur échauffement dépasse de plus de 10 deg C les valeurs spécifiées pour ces contacts au tableau IV, article 5, de la Publication 56-2 de la CEI. En cas de doute, il peut être nécessaire d'effectuer un essai d'échauffement supplémentaire. L'expérience montre qu'une augmentation de la chute de tension aux bornes du disjoncteur ne peut être considérée comme une preuve certaine d'un accroissement de l'échauffement.

On ne doit considérer les contacts comme « recouverts d'argent » que si une couche d'argent subsiste aux points de contact après l'une quelconque des séquences d'essais de court-circuit; dans le cas contraire, les contacts devront être considérés comme « non recouverts d'argent » (voir tableau IV, Note 2, de la Publication 56-2 de la CEI).

### 5.8.3 *Etat après une série d'essais de court-circuit*

Pour vérifier le fonctionnement du disjoncteur après l'essai, des essais de fermeture et d'ouverture à vide doivent être effectués à la suite d'une série d'essais de court-circuit. Ces essais à vide seront comparés avec les essais correspondants effectués conformément au paragraphe 5.5 et ne doivent pas montrer de différences significatives. La fermeture et l'accrochage mécanique du disjoncteur doivent se faire d'une manière satisfaisante.

A la suite de la série complète des séquences d'essais de court-circuit, on peut s'attendre à des brûlures locales de la doublure isolante des cuves des disjoncteurs à huile; ces détériorations sont acceptables pourvu qu'elles ne rendent pas la doublure isolante incapable de remplir sa fonction. Ceci ne s'applique pas aux doublures isolantes, tubes, cloisons de séparation, etc. constituant une partie de l'isolement principal du disjoncteur.

Une légère déformation des cloisons non métalliques de séparation des phases et des doublures isolantes de la cuve des disjoncteurs à huile peut être acceptée pourvu que cette déformation ne gêne pas l'ouverture et la fermeture normales du disjoncteur.

Si pour des raisons autres que le comportement du disjoncteur essayé, il est nécessaire d'effectuer un nombre de séquences d'essais de court-circuit supérieur aux exigences de cette spécification, et si les détériorations de la doublure isolante de la cuve sont telles que le constructeur considère qu'il est désirable de la remplacer avant d'achever la série normale des séquences d'essais, l'indication des modifications et l'explication de leur nécessité doivent figurer dans le rapport d'essai.

Des détériorations de l'isolement principal (c'est-à-dire de l'isolement soumis à une contrainte électrique dans les conditions normales de fonctionnement, que le disjoncteur soit ouvert ou fermé) altérant l'isolement du disjoncteur éliminent le disjoncteur. Des détériorations aux écrans dont sont munis les traversées ou les dispositifs d'extinction de l'arc n'infirmant pas un résultat d'essai pourvu que l'intégrité des écrans soit notable et que ces derniers soient capables de continuer à remplir leur fonction. Un résultat est infirmé par des détériorations des surfaces de l'isolement le long desquelles peut se produire sous la tension normale un cheminement par rapport à la terre, entre phases ou sur la distance d'ouverture.

On ne peut donner aucun critère de détérioration de l'huile, car ce critère varie avec le disjoncteur essayé.

### 5.8.4 *Etat après une série d'essais autre qu'une série d'essais de court-circuit*

Après avoir effectué les séries d'essais de coupure spécifiées aux paragraphes 15.8, 16.8, 17.8 et à l'article 18 pour les lignes à vide, les câbles à vide, les condensateurs et les faibles courants

The main contacts shall be in such a condition, in particular with regard to burning, contact area, pressure and freedom of movement, that they are capable of carrying the rated normal current of the circuit-breaker without their temperature rise exceeding by more than 10 deg C the values specified for them in Table IV, Clause 5, I E C Publication 56-2. In case of doubt, it may be necessary to perform an additional temperature rise test. Experience shows that an increase of the voltage drop across the circuit-breaker cannot alone be considered as reliable evidence of an increase in temperature rise.

Contacts shall be considered as “ silver-faced ” only if there is still a layer of silver at the contact points after any of the short-circuit test-duties; otherwise they shall be treated as “ not silver-faced ” (see Table IV, Note 2, I E C Publication 56-2).

#### 5.8.3 *Condition after a short-circuit test series*

In order to check the operation of the circuit-breaker after test, no-load closing and opening tests shall be made at the completion of the series of short-circuit tests. These shall be compared with the corresponding tests made in accordance with Sub-clause 5.5 and shall show no significant change. The circuit-breaker shall close and latch satisfactorily.

After the completion of the entire series of short-circuit test-duties, local burning of the lining of oil circuit-breaker enclosures may be expected, and provided this does not render the lining incapable of performing its function, such damage is permissible. This does not apply to linings, tubes, barriers, etc. which form part of the main insulation of the circuit-breaker.

Slight distortion of non-metallic interphase barriers and tank linings may be permitted on oil circuit-breakers, provided such distortion does not interfere with the normal opening and closing of the circuit-breaker.

If, for reasons other than the behaviour of the tested circuit-breaker, it becomes necessary to perform a greater number of short-circuit test-duties than are required by this specification, and if the enclosure lining is so damaged that the manufacturer considers it desirable to change it before completing the standard series of test-duties, a statement of changes and necessary explanation shall be included in the test report.

Damage to main insulation (i.e. that which is subject to electrical stress under normal operating conditions with the circuit-breaker either open or closed) such that the insulation of the circuit-breaker is impaired, shall disqualify the circuit-breaker. Damage to shields fitted for bushings or arc control devices shall not invalidate the performance provided the shields remain substantially intact and are capable of continuing to perform their function. Damage to surfaces of insulation along which creepage may occur under normal voltage, either to earth, between poles or across the break, invalidates the performance.

No criterion of oil deterioration can be given as this will depend upon the particular circuit-breaker tested.

#### 5.8.4 *Condition after a test series other than a short-circuit test series*

The circuit-breaker shall, after performing the line-charging, cable-charging, capacitor and small inductive current breaking test series specified in Sub-clauses 15.8, 16.8, 17.8 and Clause 18 and

inductifs et avant d'être remis en état, le disjoncteur doit être capable de fonctionner de façon satisfaisante lors de l'établissement et de la coupure de tous les courants inférieurs ou égaux à ses pouvoirs de fermeture et de coupure nominaux en court-circuit.

*Note.* — En anglais, on utilise les termes « rated making current » et « rated breaking current » à la place des termes « rated making capacity » et « rated breaking capacity » utilisés antérieurement, le terme « rated » assurant correctement la continuité du sens. En français, on continue à utiliser les termes « pouvoir de fermeture nominal » et « pouvoir de coupure nominal ».

De plus, le disjoncteur doit être capable de supporter son courant nominal en service continu avec un échauffement ne dépassant pas l'échauffement permis par le tableau IV, article 5, de la Publication 56-2 de la CEI.

Les isolants ne doivent pas montrer de signes évidents de perforation interne, de contournement ou de cheminement; on admet toutefois une usure modérée des parties des dispositifs d'extinction d'arc exposées à l'action de ce dernier.

*Note.* — La vérification de la conformité aux exigences ci-dessus n'est nécessaire qu'en cas de doute.

Les renseignements concernant l'état d'un disjoncteur après une série d'essais de mise en et hors circuit lors d'une discordance de phases figurent dans la Publication 267 de la CEI: Guide pour l'essai des disjoncteurs en ce qui concerne la mise en et hors circuit lors d'une discordance de phases.

#### 5.8.5 *Remise en état après une séquence d'essais de court-circuit et d'autres séries d'essais*

Il est admis qu'à la suite d'une séquence d'essais de court-circuit ou d'autres séries d'essais, il peut être nécessaire de procéder à l'entretien du disjoncteur en vue de le remettre dans l'état initial spécifié par le constructeur. Par exemple, il est admis qu'il soit nécessaire:

- a) de réparer ou de remplacer les contacts de coupure ainsi que toute autre pièce interchangeable indiquée par le constructeur;
- b) de filtrer ou de remplacer l'huile ou tout autre fluide extingueur et d'y ajouter la quantité nécessaire pour rétablir son niveau normal;
- c) de nettoyer l'isolement interne pour le débarrasser des dépôts provenant de la décomposition du fluide extingueur.

#### 5.9 *Disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc*

Il est reconnu que lorsqu'on effectue des essais de coupure sur des disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc, il peut y avoir de grandes variations dans la sévérité réelle des essais pour le même réglage du circuit, dues au point de l'onde de courant auquel se produit la séparation des contacts. Pour cette raison, les prescriptions suivantes doivent être remplies par les disjoncteurs ayant des durées d'arc (jusqu'à l'extinction de l'arc principal, pour les disjoncteurs ayant des résistances intercalaires) ne dépassant pas une période pour le premier pôle qui coupe:

##### a) *Essais triphasés*

Des règles strictes relatives à la manière d'obtenir les conditions les plus sévères pour les essais triphasés ne peuvent pas être données, de sorte qu'on ne spécifie pas le point de l'onde de courant auquel doit se produire la séparation des contacts.

##### b) *Essais monophasés*

Les essais 1) et 2) comprennent trois manœuvres valables, quelle que soit la séquence de manœuvres nominale du disjoncteur.

Après avoir effectué le nombre de manœuvres correspondant à la séquence de manœuvres nominale, le disjoncteur peut être remis en état conformément au paragraphe 5.8.5.

before reconditioning, be capable of operating satisfactorily at any making and breaking current up to its rated short-circuit making and breaking current.

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

In addition the circuit-breaker shall be capable of carrying its rated normal current with a temperature rise not in excess of the temperature rise permitted by Table IV, Clause 5, I E C Publication 56-2.

There shall be no evidence of internal puncture, flashover or tracking of insulating materials, except that moderate wear of the parts of arc control devices exposed to the arc is permissible.

*Note.* — Verification of compliance with the above requirements is necessary only in case of doubt.

Provisions for the condition of a circuit-breaker after an out-of-phase switching test series are contained in IEC Publication 267: Guide to the testing of circuit-breakers with respect to out-of-phase switching.

#### 5.8.5 *Reconditioning after a short-circuit test-duty and other test series*

It is understood that after performing a short-circuit test-duty or other test series it may be necessary to carry out maintenance work on the circuit-breaker in order to restore it to the original conditions specified by the manufacturer. For example, the following may be necessary:

- a) repair or replacement of the arcing contacts and any other renewable parts recommended by the manufacturer;
- b) renewal or filtration of the oil, or of any other extinguishing medium, and the addition of any quantity of the medium necessary to restore its normal level;
- c) removal of deposit caused by the decomposition of the extinguishing medium from internal insulation.

#### 5.9 *Circuit-breakers with short arcing times*

It is recognized that, when breaking tests are made on circuit-breakers having short arcing times, there may be great variation in actual severity of tests with the same circuit setting due to the point on the current wave at which contact separation occurs. For this reason the testing procedure for circuit-breakers with arcing times (to the extinction of the main arc for circuit-breakers with switching resistors) not exceeding one cycle for the first pole to clear, is as follows:

##### a) *Three-phase tests*

No strict rules can be given how to obtain the most severe test conditions in three-phase tests so that the point on the current wave at which contact separation occurs is not specified.

##### b) *Single-phase tests*

The tests under 1) and 2) consist of three valid operations irrespective of the rated operating sequence of the circuit-breaker.

After the number of operations provided for in accordance with the rated operating sequence, the circuit-breaker may be reconditioned in accordance with Sub-clause 5.8.5.

1) *Séquences d'essais N<sup>os</sup> 4 et 4b (paragraphe 9.4)*

Lors de la première coupure valable, la séparation des contacts doit se produire suffisamment près du passage par zéro du courant pour garantir que l'extinction de l'arc ne se produit pas à ce passage par zéro. Il peut être nécessaire d'effectuer plus d'un essai pour obtenir ce résultat.

Lors de la deuxième coupure, la séparation des contacts doit être avancée d'environ 60° par rapport à la première coupure valable.

Si, lors de la deuxième coupure, l'extinction de l'arc se produit au premier passage par zéro du courant, la troisième coupure doit être faite comme la première coupure valable en ce qui concerne la séparation des contacts. Si, lors de la deuxième coupure, l'extinction de l'arc ne se produit pas au premier passage par zéro du courant, lors de la troisième coupure, la séparation des contacts doit être avancée d'environ 60° par rapport à la deuxième coupure.

2) *Séquence d'essais N<sup>o</sup> 5 (paragraphe 9.5)*

Lors de la première coupure valable, la séparation des contacts doit se produire sur la petite alternance du courant, suffisamment près du passage par zéro du courant pour garantir que l'extinction de l'arc ne se produit pas à ce passage par zéro. Il peut être nécessaire d'effectuer plus d'un essai pour obtenir ce résultat.

Pour l'une des deux autres coupures, la séparation des contacts doit être avancée et pour l'autre retardée d'environ 60° par rapport à ce qui est exigé pour la première coupure valable.

Pour les trois coupures prescrites, la composante apériodique spécifiée doit toujours être vérifiée en la mesurant à l'instant correspondant à la séparation des contacts exigée pour la première coupure valable.

6. **Circuits d'essais pour les essais de fermeture et de coupure en court-circuit**

6.1 *Facteur de puissance*

Le facteur de puissance sur chaque phase doit être déterminé suivant l'une des méthodes indiquées à l'annexe B.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Lors des essais, cette valeur moyenne ne doit pas être supérieure à 0,15.

Le facteur de puissance d'une phase quelconque ne doit pas s'écarter de la moyenne de plus de 25 % de la moyenne.

6.2 *Fréquence*

Les disjoncteurs doivent être essayés à la fréquence nominale avec une tolérance de  $\pm 10\%$ .

Toutefois, pour des raisons de commodité d'essais, des écarts sur les tolérances ci-dessus sont permis; par exemple, lorsque les disjoncteurs dont la fréquence nominale est de 50 Hz sont essayés à 60 Hz et vice versa, l'interprétation des résultats devra être faite avec précaution et tenir compte de toutes les données significatives telles que le type du disjoncteur et le type d'essai effectué.

*Note.* — Dans certains cas, les caractéristiques nominales d'un disjoncteur peuvent être différentes suivant qu'il est utilisé à 60 Hz ou à 50 Hz.

1) *Test-duties Nos. 4 and 4b (Sub-clause 9.4)*

During the first valid breaking operation, contact separation shall occur sufficiently close to one current zero to ensure that arc extinction does not occur at this current zero. It may be necessary to make more than one test to achieve this.

During the second breaking operation, contact separation control shall be advanced approximately  $60^\circ$  from that of the first valid breaking operation.

If during the second breaking operation arc extinction occurs at the first current zero, then the third breaking operation shall be made with the same timing of contact separation as the first valid breaking operation. If during the second breaking operation arc extinction does not occur at the first current zero, then the third breaking operation shall be made with contact separation control advanced approximately  $60^\circ$  from that of the second breaking operation.

2) *Test-duty No. 5 (Sub-clause 9.5)*

During the first valid breaking operation, contact separation shall occur during the minor loop of current sufficiently close to the current zero to ensure that arc extinction does not occur at this current zero. It may be necessary to make more than one test to achieve this.

For one of the other two breaking operations, contact separation control shall be advanced, and for the other retarded, by approximately  $60^\circ$  from that required for the first valid breaking operation.

For all three breaking operations the specified d.c. component shall be verified by measurement at the instant corresponding to the contact separation required for the first valid breaking operation.

6. **Test circuits for short-circuit making and breaking tests**

6.1 *Power factor*

The power factor in each phase shall be determined in accordance with one of the methods described in Appendix B.

The power factor of a polyphase circuit shall be taken as the average of the power factors in each phase.

During the tests, this average value shall not exceed 0.15.

The power factor of any phase shall not vary from the average by more than 25% of the average.

6.2 *Frequency*

Circuit-breakers shall be tested at rated frequency with a tolerance of  $\pm 10\%$ .

However, for convenience of testing, some deviations from the above tolerance are allowable; for example, when circuit-breakers rated at 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be exercised in the interpretation of the results, taking into account all significant facts such as the type of the circuit-breaker and the type of test performed.

*Note.* — In some cases, the rated characteristics of a circuit-breaker may be different for use at 60 Hz and for use at 50 Hz.

### 6.3 Mise à la terre du circuit d'essai

Les connexions à la terre du circuit d'essai pour les essais de fermeture et de coupure en court-circuit doivent être conformes aux prescriptions suivantes et doivent dans tous les cas figurer sur le schéma du circuit d'essai faisant partie du rapport d'essai (voir annexe A, paragraphe 2.4, point g)).

a) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,5:

Le disjoncteur (avec son bâti mis à la terre comme en service) doit être branché dans un circuit ayant le point neutre de l'alimentation isolé et le point de court-circuit mis à la terre comme indiqué sur la figure 1a, page 122, ou vice versa comme indiqué sur la figure 1b, page 122, si l'essai ne peut être effectué que de cette dernière façon.

Ces circuits d'essai donnent un facteur de premier pôle de 1,5.

Conformément à la figure 1a, le neutre du circuit d'alimentation peut être mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance. La valeur de cette résistance sera aussi élevée que possible et, exprimée en ohms, ne sera en aucun cas inférieure à  $U/10$ , où  $U$  est la valeur numérique, exprimée en volts, de la tension entre phases du circuit d'essai.

b) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,3:

Le disjoncteur (avec son bâti mis à la terre comme en service) doit être branché dans un circuit ayant le point neutre de l'alimentation mis à la terre par une impédance appropriée et le point de court-circuit mis à la terre comme indiqué sur la figure 2a, page 123, ou vice versa comme indiqué sur la figure 2b, page 123, si l'essai ne peut être effectué que de cette dernière façon.

On choisira l'impédance reliée au point neutre de façon à obtenir un facteur de premier pôle de 1,3.

c) Pour les essais en monophasé d'un pôle séparé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,5,

i) destiné à une utilisation générale, quelles que soient les conditions de mise à la terre du neutre du réseau:

Le circuit et le bâti du disjoncteur doivent être connectés comme indiqué sur la figure 3a, page 124, de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit indiqué sur la figure 1a.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord de l'utilisateur, on peut utiliser un circuit d'essai dont un point intermédiaire de l'alimentation est mis à la terre avec, de préférence, la répartition de tension indiquée sur la figure 3b, page 124.

ii) destiné à être utilisé sur un réseau à neutre effectivement mis à la terre et pouvant faire l'objet de courts-circuits isolés:

Le circuit et le bâti du disjoncteur doivent être connectés comme indiqué sur la figure 3b de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit indiqué sur la figure 1b.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord du constructeur, le circuit d'essai indiqué sur la figure 3a peut être utilisé.

d) Pour les essais en monophasé d'un pôle séparé d'un disjoncteur tripolaire, facteur de premier pôle 1,3:

Le circuit et le bâti du disjoncteur doivent être connectés comme indiqué sur la figure 4a, page 125, de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait sur le pôle du disjoncteur qui coupe le premier, s'il avait été essayé complet sur le circuit indiqué sur la figure 2a.

### 6.3 Earthing of test circuit

The connections to earth of the test circuit for short-circuit making and breaking tests shall be in accordance with the following requirements and shall in all cases be indicated in the diagram of the test circuit included in the test report (see Appendix A, Sub-clause 2.4, Item g)).

- a) For three-phase tests of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.5:

The circuit-breaker (with its structure earthed as in service) shall be connected in a circuit having the neutral point of the supply isolated and the short-circuit point earthed as shown in Figure 1a, page 122, or vice versa as shown in Figure 1b, page 122, if the test can be made only in the latter way.

These test circuits give a first-pole-to-clear factor of 1.5.

In accordance with Figure 1a, the neutral of the supply source may be earthed through a resistor, the resistance of which is as high as possible and, expressed in ohms, in no case less than  $U/10$ , where  $U$  is the numerical value in volts of the voltage between lines of the test circuit.

- b) For three-phase tests of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.3:

The circuit-breaker (with its structure earthed as in service) shall be connected in a circuit having the neutral point of the supply connected to earth by an appropriate impedance and the short-circuit point earthed as shown in Figure 2a, page 123, or vice versa as shown in Figure 2b, page 123, if the test can be made only in the latter way.

The impedance in the neutral connection shall be selected appropriate to a first-pole-to-clear factor of 1.3.

- c) For single-phase tests of a single-pole unit of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.5,

- i) intended for universal use irrespective of the earthing condition of the system neutral.

The circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 3a, page 124, so that the voltage conditions between live parts and the structure after arc extinction are the same as those which would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the circuit shown in Figure 1a.

For convenience of the test station, subject to agreement of the user, the test circuit can be used with an intermediate point of the supply earthed, the voltage distribution preferably being as shown in Figure 3b, page 124.

- ii) intended for use on an effectively earthed system subject to unearthed short-circuits:

The circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 3b so that the voltage conditions between live parts and the structure after arc extinction are the same as those which would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the circuit shown in Figure 1b.

For convenience of the test station, subject to agreement of the manufacturer, the test circuit shown in Figure 3a can be used.

- d) For single-phase tests of a single-pole unit of a three-pole circuit-breaker, first-pole-to-clear factor 1.3:

The circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 4a, page 125, so that the voltage conditions between live parts and the structure after extinction are approximately the same as those that would exist in the first pole to clear of a three-pole circuit-breaker if tested in the circuit shown in Figure 2a.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord de l'utilisateur, on peut utiliser un circuit d'essai dont un point intermédiaire de l'alimentation est mis à la terre avec, de préférence, la répartition de tension indiquée sur la figure 4b, page 125.

e) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur unipolaire:

Le circuit et le bâti du disjoncteur doivent être connectés de façon que la différence de tension entre les pièces sous tension et la masse dans le disjoncteur soit la même après la coupure qu'en service normal. Il doit être fait mention sur le rapport d'essai des connexions adoptées.

#### 6.4 Raccordement du circuit d'essai au disjoncteur

Dans le cas où les dispositions matérielles d'un côté du disjoncteur ne sont pas semblables à celles qui existent de l'autre côté, le côté sous tension du circuit d'essai devra être relié, lors de l'essai, au côté du disjoncteur dont le raccordement présente les conditions les plus sévères, en ce qui concerne la tension par rapport à la terre, sauf dans le cas spécial où l'alimentation du disjoncteur s'effectue toujours du même côté.

En cas de doute, les séquences d'essais N<sup>os</sup> 1 et 2 (article 9) seront effectuées avec une alimentation différente et de même les séquences d'essai N<sup>os</sup> 4 et 5. Si la séquence d'essai N<sup>o</sup> 5 n'est pas effectuée, la séquence d'essai N<sup>o</sup> 4 sera effectuée une fois avec chacune des deux alimentations.

### 7. Caractéristiques pour les essais de court-circuit \*

#### 7.1 Tension appliquée avant les essais de fermeture en court-circuit \*\*

Pour les essais de fermeture en court-circuit du paragraphe 9.4, la tension appliquée doit être la suivante:

- a) Pour les essais en triphasé d'un disjoncteur tripolaire, la valeur moyenne des tensions appliquées doit être au moins égale à la tension nominale  $U$  divisée par  $\sqrt{3}$  et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

Les différences entre la valeur moyenne des tensions appliquées et les tensions appliquées sur chacun des pôles, ne doivent pas dépasser 5 %.

- b) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur tripolaire, la tension appliquée doit être au moins égale à la valeur de la tension entre phase et neutre  $U/\sqrt{3}$  et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

Notes 1. — Avec l'accord du constructeur et pour des raisons de commodité d'essais, il est permis d'appliquer une tension égale à la tension entre phase et neutre multipliée par le facteur de premier pôle (1,3 ou 1,5) du disjoncteur.

2. — Lorsque le disjoncteur peut être prévu pour une manœuvre de re fermeture unipolaire et que l'écart de temps maximal entre les entrées en contact des pôles lors de la manœuvre de fermeture tripolaire qui suit dépasse une demi-période de la fréquence nominale (voir article 2, note 2, de la Publication 56-3 de la CEI), la tension appliquée doit être égale à la tension entre phase et neutre multipliée par le facteur de premier pôle (1,3 ou 1,5) du disjoncteur.

- c) Pour un disjoncteur unipolaire, la tension appliquée doit être au moins égale à la tension nominale et ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

\* Lorsqu'une tolérance n'est pas spécifiée, les essais de type doivent être effectués à des valeurs au moins aussi sévères que les valeurs spécifiées; les limites supérieures doivent recevoir l'accord du constructeur.

\*\* La tension appliquée avant les essais de coupure en court-circuit n'est pas nommément fixée dans cette spécification.

For convenience of the test station, subject to agreement of the user, the test circuit can be used with an intermediate point of the supply earthed, the voltage distribution preferably being as shown in Figure 4b, page 125.

e) For single-phase tests of a single-pole circuit-breaker:

The circuit and the circuit-breaker structure shall be connected so that the voltage conditions between live parts and earth within the circuit-breaker after arc extinction reproduce the service voltage conditions. The connections used shall be indicated in the test report.

#### 6.4 Connection of test circuit to circuit-breaker

Where the physical arrangement of one side of the circuit-breaker differs from that of the other side, the live side of the test circuit shall be connected for test to that side of the circuit-breaker, connection with which gives the more onerous conditions with respect to voltage to earth, unless the circuit-breaker is especially designed for feeding from one side only.

In case of doubt, the Test-duties Nos. 1 and 2 (Clause 9) shall be made with opposite connections, and likewise Test-duties Nos. 4 and 5. If Test-duty No. 5 is omitted, Test-duty No. 4 shall be made with each of the two connections.

### 7. Short-circuit test quantities \*

#### 7.1 Applied voltage before short-circuit making tests \*\*

For the short-circuit making tests of Sub-clause 9.4, the applied voltage shall be as follows:

- a) For three-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the average value of the applied voltages shall not be less than the rated voltage  $U$  divided by  $\sqrt{3}$  and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

The differences between the average value and the applied voltages of each pole shall not exceed 5 %.

- b) For single-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the applied voltage shall not be less than the phase-to-neutral value  $U/\sqrt{3}$  and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

Notes 1. — With the manufacturer's consent it is permissible, for convenience of testing, to apply a voltage equal to the product of the phase-to-neutral voltage and the first-pole-to-clear factor (1.3 or 1.5) of the circuit-breaker.

2. — Where the circuit-breaker can be arranged for a single-pole reclosing operation and the maximum time difference between the contacts touching in a subsequent three-pole closing operation exceeds one half cycle of rated frequency (compare Clause 2, Note 2, IEC Publication 56-3) the applied voltage shall be the product of the phase-to-neutral voltage and the first-pole-to-clear factor (1.3 or 1.5) of the circuit-breaker.

- c) For a single-pole circuit-breaker, the applied voltage shall not be less than the rated voltage and shall not exceed it by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

\* Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values not less severe than the specified values; the upper limits are subject to the consent of the manufacturer.

\*\* The applied voltage before short-circuit breaking tests is not specifically laid down in this specification.

### 7.2 (Valeur de crête du) Courant établi en court-circuit

Lorsque la valeur de crête du courant établi n'atteint pas 100 % du pouvoir de fermeture nominal en court-circuit au cours de chacun des deux essais, pour lesquels cette valeur est spécifiée au paragraphe 9.4, ces essais restent valables si la valeur de crête du courant établi atteint 100 % au cours d'un essai et 90 % au cours de l'autre essai.

Cependant, en raison du pré-arc, il n'est pas toujours possible d'atteindre ces valeurs; dans ce cas, il devra être prouvé que la valeur maximale (de crête) du courant établi qui a été atteinte est représentative des conditions que le disjoncteur doit pouvoir supporter compte tenu de son pouvoir de fermeture nominal en court-circuit. La valeur maximale (de crête) du courant présumé établi du circuit d'essai ne doit pas être inférieure à 100 % du pouvoir de fermeture nominal en court-circuit ni supérieure à 110 % de cette valeur.

*Note.* — Pour un disjoncteur comportant un pré-arc appréciable, il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait que l'instant de la fermeture, correspondant à un courant de court-circuit symétrique par suite du pré-arc, peut provoquer une contrainte sévère; un essai spécial de fermeture-ouverture peut être nécessaire pour prouver que le fonctionnement du disjoncteur est satisfaisant dans ces conditions.

### 7.3 Courant coupé en court-circuit

Le courant coupé en court-circuit par un disjoncteur doit être mesuré à l'instant de la séparation des contacts, conformément aux indications de la figure 1 de la Publication 56-2 de la CEI, et doit être exprimé par les deux valeurs ci-dessous.

- a) La moyenne des valeurs efficaces des composantes périodiques sur tous les pôles;
- b) La valeur instantanée de la composante apériodique du courant la plus élevée obtenue sur l'un quelconque des pôles.

La différence entre la moyenne des valeurs efficaces des composantes périodiques et les valeurs obtenues sur chaque pôle ne doit pas dépasser 10 % de la valeur moyenne.

Alors que le courant coupé est mesuré à l'instant de la séparation des contacts, l'aptitude du disjoncteur à la coupure est déterminée entre autres choses par le courant qui est finalement coupé dans la dernière alternance de l'arc. Le décrément de la composante périodique du courant de court-circuit peut par conséquent être très important, en particulier pour les disjoncteurs qui comportent plusieurs alternances de courant. Pour éviter une réduction des contraintes, il est recommandé d'utiliser un décrément de la composante périodique du courant de court-circuit tel qu'à l'instant correspondant à l'extinction finale de l'arc principal sur le dernier pôle qui coupe, la composante périodique du courant présumé soit au moins égale à 90 % de la valeur correspondant à la séquence d'essais.

Si les caractéristiques du disjoncteur sont telles que le courant de court-circuit est réduit à une valeur inférieure à celle du courant présumé coupé, ou si l'oscillogramme ne permet pas de tracer correctement l'enveloppe des ondes de courant, la valeur moyenne du courant présumé coupé sur tous les pôles, mesurée sur l'oscillogramme du courant présumé à l'instant correspondant à la séparation des contacts, sera considérée comme étant le courant coupé.

On peut déterminer l'instant de la séparation des contacts selon l'expérience de la station d'essais et le type de l'appareil en essai par diverses méthodes, par exemple, par l'enregistrement de la course des contacts pendant l'essai, par l'enregistrement de la tension d'arc, par un essai à vide sur le disjoncteur.

### 7.4 Composante apériodique du courant coupé en court-circuit

Pour les disjoncteurs dont la durée de fonctionnement est telle que la composante apériodique ne peut être contrôlée, par exemple, les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum