

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1633**

Première édition
First edition
1995-04

**Disjoncteurs à courant alternatif
à haute tension –
Guide pour la procédure d’essai d’établissement
et de coupure de courants de court-circuit
et de courants de charge pour les disjoncteurs
sous enveloppe métallique et à cuve
mise à la terre**

**High-voltage alternating current
circuit-breakers –
Guide for short-circuit and switching
test procedures for metal-enclosed
and dead tank circuit-breakers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1633: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2
TECHNICAL
REPORT – TYPE 2**

**CEI
IEC
1633**

Première édition
First edition
1995-04

**Disjoncteurs à courant alternatif
à haute tension –
Guide pour la procédure d'essai d'établissement
et de coupure de courants de court-circuit
et de courants de charge pour les disjoncteurs
sous enveloppe métallique et à cuve
mise à la terre**

**High-voltage alternating current
circuit-breakers –
Guide for short-circuit and switching
test procedures for metal-enclosed
and dead tank circuit-breakers**

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Généralités	8
3.1 Caractéristiques particulières des disjoncteurs sous enveloppe métallique soumis aux essais de fermeture et de coupure en court-circuit et en charge	8
3.2 Nombre réduit d'éléments destinés aux essais	10
3.3 Description générale des caractéristiques particulières et des interactions éventuelles	10
3.3.1 Influence des éléments environnants du poste	12
3.3.2 Interaction entre les pôles, les éléments de coupure et les enveloppes	12
4 Essais d'un pôle unique dans une seule enveloppe	14
4.1 Essais de défaut aux bornes	14
4.1.1 Essais unipolaires des disjoncteurs tripolaires	14
4.1.2 Essais par éléments séparés	16
4.2 Essais de défaut proche en ligne	18
4.3 Etablissement et coupure de courants capacitifs	18
4.3.1 Essais unipolaires des disjoncteurs tripolaires	24
4.3.2 Essais par éléments séparés	24
4.4 Etablissement et coupure en discordance de phases	26
4.4.1 Essais unipolaires des disjoncteurs tripolaires	26
4.4.2 Essais par éléments séparés	26
5 Essais de trois pôles dans une seule enveloppe	28
5.1 Essais de défaut aux bornes	28
5.1.1 Procédure d'essais	28
5.1.2 Circuits d'essais	32
5.2 Essais de défaut proche en ligne	32
5.3 Essais d'établissement et de coupure de courant capacitif	34
5.4 Essai d'établissement et de coupure en discordance de phases	34
Figures	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 General	9
3.1 Special features of metal-enclosed circuit-breakers with respect to short-circuit making and breaking tests and switching tests	9
3.2 Reduced number of units for testing purposes	11
3.3 General description of special features and possible interactions	11
3.3.1 Influence of the surrounding parts of a substation	13
3.3.2 Interaction between poles, interrupting units and enclosures	13
4 Tests for single pole in one enclosure	15
4.1 Short-circuit making and breaking tests	15
4.1.1 Single-pole testing of a three-pole circuit-breaker	15
4.1.2 Unit testing	17
4.2 Short-line fault tests	19
4.3 Switching of capacitive currents	19
4.3.1 Single-pole testing of three-pole circuit-breakers	25
4.3.2 Unit testing	25
4.4 Out-of-phase switching	27
4.4.1 Single-pole testing of three-pole circuit-breakers	27
4.4.2 Unit testing	27
5 Tests for three poles in one enclosure	29
5.1 Terminal fault tests	29
5.1.1 Test procedure	29
5.1.2 Test circuits	33
5.2 Short-line fault tests	33
5.3 Capacitive current switching tests	35
5.4 Out-of-phase switching test	35
Figures	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF À HAUTE TENSION –
GUIDE POUR LA PROCÉDURE D'ESSAI D'ÉTABLISSEMENT
ET DE COUPURE DE COURANTS DE COURT-CIRCUIT ET
DE COURANTS DE CHARGE POUR LES DISJONCTEURS SOUS
ENVELOPPE MÉTALLIQUE ET À CUVE MISE À LA TERRE**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1633, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS –
GUIDE FOR SHORT-CIRCUIT AND SWITCHING TEST PROCEDURES
FOR METAL-ENCLOSED AND
DEAD TANK CIRCUIT-BREAKERS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1633, which is a technical report of type 2, has been prepared by sub-committee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

CDV	Rapports de vote
17A(SEC)380	17A(SEC)402
	17A(SEC)402A
	17A(SEC)402B

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine de l'appareillage à haute tension car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

The text of this technical report is based on the following documents:

CDV	Reports on voting
17A(SEC)380	17A(SEC)402
	17A(SEC)402A
	17A(SEC)402B

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document is issued in the type 2 Technical Report series of publications (according to G.4.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of high-voltage switchgear and controlgear because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 Technical Report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF À HAUTE TENSION – GUIDE POUR LA PROCÉDURE D'ESSAI D'ÉTABLISSEMENT ET DE COUPURE DE COURANTS DE COURT-CIRCUIT ET DE COURANTS DE CHARGE POUR LES DISJONCTEURS SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE ET À CUVE MISE À LA TERRE

1 Domaine d'application et objet

Le présente rapport technique contient des informations et des recommandations relatives aux circuits et aux procédures d'essais utilisées concernant les essais de type d'établissement et de coupure de courants de court-circuit et de courant de charge des disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre. D'autres méthodes ne sont pas à écarter, à condition qu'elles apportent les contraintes correctes au disjoncteur. Les autres essais, tels que les essais diélectriques, les essais individuels de série, les essais de mise en service et les essais sur site ne font pas partie du domaine d'application de ce rapport.

Les différentes situations d'essais sont évaluées et des circuits d'essais spéciaux ainsi que des précautions particulières requises pour l'utilisation de circuits d'essais développés pour du matériel utilisé à l'extérieur sont indiqués. Les essais décrits peuvent en principe être effectués avec des circuits d'essais directs et des circuits d'essais synthétiques.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 56: 1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 427: 1989, *Essais synthétiques des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

3 Généralités

3.1 Caractéristiques particulières des disjoncteurs sous enveloppe métallique soumis aux essais de fermeture et de coupure en court-circuit et en charge

Les disjoncteurs sous enveloppe métallique doivent assurer leurs fonctions dans des conditions qui sont différentes de celles qui prévalent dans les enveloppes isolantes.

HIGH-VOLTAGE ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS – GUIDE FOR SHORT-CIRCUIT AND SWITCHING TEST PROCEDURES FOR METAL-ENCLOSED AND DEAD TANK CIRCUIT-BREAKERS

1 Scope and object

This technical report contains information and recommendations for test circuits and procedures for type testing relevant to short-circuit making and breaking and switching performance of metal-enclosed and dead tank circuit-breakers. Other methods are not excluded, provided that they supply the correct stresses to the circuit-breaker. Other tests, such as dielectric tests, routine tests, commissioning tests and site tests are not within the scope of this report.

The various test cases are evaluated and special test circuits are given, or special precautions required to use test circuits developed for open-air equipment. The tests described can be made in principle in both direct and synthetic circuits.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this technical report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 56: 1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 427: 1989, *Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit-breakers*

3 General

3.1 *Special features of metal-enclosed circuit-breakers with respect to short-circuit making and breaking tests and switching tests*

Circuit-breakers in metal enclosures have to fulfil their duties under conditions which are different from those prevailing in insulating enclosures.

Les principales caractéristiques susceptibles d'avoir des conséquences sur les essais d'établissement et de coupure sont les suivantes:

- 1) Les organes de coupure font partie intégrante de la structure d'un poste donné. Par conséquent, les composants du poste qui sont voisins des organes de coupure doivent être pris en compte lors de la détermination des conditions d'essais.
- 2) Plusieurs organes de coupure d'un pôle, ou même des trois pôles, peuvent être placés dans une enveloppe commune. Divers composants des organes de coupure du poste aussi bien que des parties sous tension ou mises à la terre sont très proches les uns des autres du fait de la résistance disruptive élevée du milieu isolant. Ce phénomène peut générer de fortes interactions, de nature physique variée, entre les éléments des organes de coupure et leur environnement. Il en résulte également une haute valeur de la capacité et une faible valeur de l'inductance des éléments soumis aux essais et des éléments avoisinants.

Les conséquences de telles interactions doivent être prises en compte lors de la détermination des exigences d'essais.

- 3) Dans les installations sous enveloppe métallique, les surfaces isolantes sont exposées à une contrainte diélectrique relativement élevée, ce qui peut les rendre sensibles aux dépôts.

3.2 *Nombre réduit d'éléments destinés aux essais*

Dans les installations d'essais à grande puissance, les dispositifs d'essais utilisés ne permettent pas toujours de soumettre un disjoncteur complet ou un pôle entier aux essais, même dans des laboratoires utilisant des circuits d'essais synthétiques.

Par conséquent, les essais doivent être effectués sur des parties d'un disjoncteur complet.

En fonction du choix qui est fait, les interactions existant entre l'élément soumis à l'essai et les éléments non soumis à l'essai doivent être étudiées:

- interactions entre les éléments des disjoncteurs et les parties environnantes du poste;
- interactions entre les pôles, ou entre les pôles et l'enveloppe;
- interactions entre les différents éléments, ou entre les éléments et l'enveloppe.

Dans cette étude, il est nécessaire de faire la distinction entre:

- un pôle unique situé dans une seule enveloppe et
- trois pôles situés dans une même enveloppe.

Il est, par ailleurs, nécessaire de faire la distinction entre deux types différents de contraintes qui peuvent, habituellement, être traités séparément:

- contrainte de l'intervalle de coupure;
- contrainte de l'isolation entre les phases adjacentes ou entre les phases et l'enveloppe.

3.3 *Description générale des caractéristiques particulières et des interactions éventuelles*

Lorsque les interactions sont susceptibles d'influencer les résultats des essais et ne peuvent pas être prises en compte lors des essais sur les éléments séparés ou sur un pôle unique, les essais doivent être effectués sur un pôle entier ou sur trois pôles.

The main features with certain consequences on making and breaking tests are:

- 1) The switching units are integrated parts of a given substation design. Thus, the surrounding components of a substation have to be considered when defining the test conditions.
- 2) Several breaking units of one pole, or even all three poles, can be placed within a common enclosure. Various components of switching units of the substation as well as other live and earthed parts, are in close spatial neighbourhood, due to the high dielectric strength of the insulating medium. This may lead to strong interactions of different physical nature between parts of switching units and their surroundings. It also results in a relatively high capacitance and low inductance of tested and surrounding parts.

The implications of such interactions have to be considered in determining the test requirements.

- 3) In metal-enclosed equipment, the insulating surfaces are exposed to a relatively high dielectric stress and this may make them sensitive to deposits.

3.2 *Reduced number of units for testing purposes*

Suitable facilities might not be available in high-power test plants for the testing of a complete circuit-breaker or a full pole, even in laboratories which make use of synthetic test circuits.

Hence the necessity exists to perform tests on parts of a complete circuit-breaker.

Depending on the alternatives, the interactions between the tested object and the omitted parts should be analysed:

- between circuit-breaker units and surrounding parts of the substation;
- between poles or between poles and the enclosure;
- between different units or between units and the enclosure.

In this analysis, it is necessary to differentiate between:

- single pole in one enclosure;
- three poles in one enclosure.

It is also necessary to distinguish between two different stresses, which usually can be treated separately:

- stress of the interrupting gap;
- stress of insulation between phases, or between phases and the enclosure.

3.3 *General description of special features and possible interactions*

Interactions, which might influence the test results and cannot be taken into account by unit testing or single-pole testing, will require full-pole or three-pole testing, respectively.

3.3.1 *Influence des éléments environnants du poste*

Des éléments intégrés, par exemple des tronçons de jeux de barres, des câbles d'alimentation, des traversées, des transformateurs de tension ou des parafoudres sont susceptibles d'influencer les contraintes prévues du circuit d'essai.

L'influence de ces éléments intégrés au système dépend de la séquence d'essais. Ainsi, dans le cas du défaut proche en ligne et du défaut aux bornes avec TTTRI, la capacité élevée des éléments environnants réduit la contrainte exercée sur le disjoncteur alors que, d'un autre côté, la fermeture et l'ouverture d'une batterie de condensateurs peut s'avérer plus sévère lorsque des connexions de faible impédance sont utilisées.

3.3.2 *Interaction entre les pôles, les éléments de coupure et les enveloppes*

Divers types d'interactions, de nature physique différente, sont susceptibles de se produire entre les éléments du disjoncteur considéré. Les plus importantes sont:

- mécaniques;
- électrostatiques;
- électromagnétiques;
- dues à la dynamique des gaz.

Dans la plupart des cas, l'intensité de ces interactions dépendra de la conception spécifique de l'objet soumis à l'essai. Si une interaction particulière est éliminée pour un modèle donné, il n'est plus nécessaire d'ajuster les essais pour couvrir cette interaction. Dans ce cas, il est nécessaire de démontrer à l'aide d'un calcul type ou d'une démonstration expérimentale faisant appel à des méthodes de mesure spéciales que l'interaction considérée a une influence négligeable sur les résultats de l'essai. Il est possible d'effectuer la même démonstration pour juger du niveau d'interaction qui doit être représenté lors des essais. En outre, le cas d'un appareil de connexion dont la configuration n'est pas symétrique par rapport aux bornes doit être pris en considération.

3.3.2.1 *Interaction mécanique*

Les prescriptions de 6.102.2 et 6.102.3 de la CEI 56 s'appliquent.

3.3.2.2 *Interaction électrostatique*

Les prescriptions de 6.102.3.2.2 de la CEI 56 s'appliquent.

La répartition de la tension entre les éléments des disjoncteurs à plusieurs organes de coupure ainsi que le champ électrique dans l'intervalle de contact sont influencés par les capacités élevées et, en particulier, par la présence de l'enveloppe mise à la terre et des autres parties sous tension. Lors de séquences d'essais différentes et dans d'autres conditions de mise à la terre, cela peut se révéler différent.

La répartition de la tension entre les éléments peut être déterminée en fonction de la capacité entre les éléments et par rapport à l'enveloppe. Les gradients maximaux sur les surfaces de contact dépendent également du nombre d'organes de coupure et, pour le même disjoncteur, de la position de l'organe d'interruption dans le disjoncteur, même lorsque l'on suppose que la répartition de la tension est idéale.

3.3.1 *Influence of the surrounding parts of a substation*

Integrated parts, for example bus-bar sections, feeding cables, bushings, voltage transformers, and surge arresters, may influence the prospective stresses of the test circuit.

The influence of these integrated parts of the system depends on the test sequence. On the one hand, the large capacitance of surrounding elements reduces the stress on the circuit-breaker in the case of SLF and terminal fault ITRV, while, on the other hand, switching of capacitor banks may be more severe when low impedance connections are used.

3.3.2 *Interaction between poles, interrupting units and enclosures*

Various types of interactions of a different physical nature can arise between the elements of the circuit-breaker considered. The most important are:

- mechanical;
- electrostatic;
- electro-magnetic;
- gas dynamical.

The intensity of these interactions will, in most cases, depend on the individual design of the object under test. If a special interaction is eliminated in a given design, it is no longer necessary to adjust the tests to cover this interaction. In that case, it is necessary to demonstrate that the interaction under consideration has negligible influence on the test results, which could be made by model calculation, or experimental demonstration, using special measuring techniques. The same demonstration could be applied for the judgement of the degree of interaction which has to be represented in tests. In addition, consideration must be given to the case of a switching device where the configuration is not symmetrical in respect to the terminals.

3.3.2.1 *Mechanical interaction*

Subclauses 6.102.2 and 6.102.3 of IEC 56 apply.

3.3.2.2 *Electrostatic interaction*

Subclause 6.102.3.2.2 of IEC 56 applies.

The voltage distribution between units of multi-break circuit-breakers, as well as the electric field in the contact gap, is influenced by the high capacitances and especially by the presence of the earthed enclosure and of other live parts. It may be different in various test sequences and for different earthing conditions.

The voltage distribution between units can be determined as a function of the capacitance across the units and to the enclosure. The maximum gradients on the contact surfaces depend also on the number of interrupters and, for the same circuit-breaker, on the position of the interrupting unit in the circuit-breaker, even when an ideal voltage distribution is assumed.

Le champ électrique dans l'intervalle de contact est influencé par les facteurs suivants:

- faibles distances entre les éléments sous tension et l'enveloppe;
- présence d'éléments adjacents sous tension.

Dans ce cas, la détermination d'une contrainte représentative dépend de la conception spécifique du disjoncteur et de l'emplacement de la zone de contrainte la plus critique.

3.3.2.3 *Interaction électromagnétique*

Les disjoncteurs unipolaires et les disjoncteurs tripolaires peuvent subir des interactions électromagnétiques susceptibles de générer des forces supplémentaires sur les arcs et sur les pièces en mouvement. Lorsque trois pôles sont situés dans une seule enveloppe, l'interaction entre phases est accentuée.

Les courants induits et les courants de retour dans l'enveloppe sont susceptibles de provoquer d'autres effets, par exemple, une chute de tension entre les éléments mis à la terre qui détériore les matériels auxiliaires ou de protection.

3.3.2.4 *Interaction due à la dynamique des gaz*

Les gaz d'échappement chauds, ionisés et/ou pollués sont susceptibles d'influencer la résistance disruptive entre les pôles situés dans une enveloppe commune et entre le(s) pôle(s) et l'enveloppe. Des effets analogues peuvent apparaître entre les éléments d'un pôle qui comporte plus d'un élément de coupure.

4 **Essais d'un pôle unique dans une seule enveloppe**

4.1 *Essais de défaut aux bornes*

Les circuits d'essais doivent être conformes aux figures 19a, 20a, 21a et 22a de la CEI 56. Les circuits d'essais 19b, 20b, 21b et 22b de la CEI 56 ne soumettent pas les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre à des contraintes correctes dans des conditions de défaut à la terre.

La condition prescrite en 6.102 de la CEI 56 doit être satisfaite. Les circuits d'essais synthétiques doivent être conformes aux prescriptions de 4.2.1, 4.2.2 et de l'article 5 de la CEI 427.

Deux situations doivent être prises en compte pour les essais monophasés:

- a) essais d'un seul pôle de disjoncteurs tripolaires (se reporter à 4.1.1);
- b) essais par éléments séparés (se reporter à 4.1.2).

4.1.1 *Essais unipolaires des disjoncteurs tripolaires*

Lorsque les circuits d'essais 21a et 22a de la CEI 56 sont utilisés, la pleine tension doit être appliquée à l'une des bornes du disjoncteur, l'autre borne et l'enveloppe étant mises à la terre. Il est préférable de choisir une tension de rétablissement alternative. Les circuits conventionnels directs ou synthétiques doivent être utilisés.

The electrical field in the contact gap is influenced by the following factors:

- short distances between live parts and the enclosure;
- presence of adjacent live parts.

Here the determination of a representative stress depends on the individual design of the circuit-breaker and on the location of the most critical stress area.

3.3.2.3 *Electromagnetic interaction*

Both single- and three-pole circuit-breakers can experience electromagnetic interaction, which may cause additional forces on the arcs and on moving parts. In the case of three poles in one enclosure, the interaction between phases is pronounced.

Induced currents and return currents in the enclosure may cause additional effects, for instance a voltage drop between earthed parts affecting auxiliary or protective equipment.

3.3.2.4 *Gas dynamical interaction*

Hot, ionized and/or contaminated exhaust gases may influence the dielectric strength between poles in a common enclosure, and between the pole(s) and the enclosure. Similar effects may occur between the units of a pole with more than one interrupting unit.

4 Tests for single pole in one enclosure

4.1 *Short-circuit making and breaking tests*

The test circuits shall comply with figures 19a, 20a, 21a and 22a of IEC 56. Test circuits 19b, 20b, 21b and 22b of IEC 56 do not stress metal-enclosed and dead tank circuit-breakers in earthed fault conditions correctly.

The conditions of 6.102 of IEC 56 shall be fulfilled. The synthetic test circuits shall comply with 4.2.1, 4.2.2 and clause 5 of IEC 427.

For single-phase testing purposes two situations have to be considered:

- a) single-pole testing of three-pole circuit-breakers (see 4.1.1);
- b) unit testing (see 4.1.2).

4.1.1 *Single-pole testing of a three-pole circuit-breaker*

When test circuits 21a and 22a of IEC 56 are used, the full voltage has to be applied to one terminal of the circuit-breaker, the other terminal and the enclosure being earthed. The recovery voltage should preferably be a.c. The conventional direct or synthetic circuits shall be used.

4.1.2 Essais par éléments séparés

Il est nécessaire de prendre des précautions particulières en ce qui concerne les interactions (se reporter à 2.3 et à 6.102.3.2.1 C de la CEI 56).

Les contraintes de tension requises durant les essais par éléments séparés sont:

- les tensions transitoires de rétablissement du pôle complet et les tensions de rétablissement entre les éléments sous tension correspondants et les enveloppes. Il est préférable d'utiliser une tension de rétablissement alternative;
- la portion de ces tensions, dépendant du nombre d'unités soumises aux essais et de la répartition de la tension, traversant l'unité (les unités) soumise(s) aux essais.

Toutes les unités doivent interrompre le courant de court-circuit, ce qui assure une interaction correcte entre les unités et une influence correcte sur les isolations situées entre les éléments sous tension et l'enveloppe.

Cette méthode d'essai ne peut être utilisée que si le disjoncteur est alimenté par une troisième traversée. Cette traversée, connectée entre la ou les unités soumises aux essais et le circuit de tension, permet l'utilisation de la ou des autres unités comme disjoncteur auxiliaire. Cette traversée ne doit pas générer d'interaction mécanique, électrostatique ou magnétique avec l'unité ou les unités soumises aux essais.

La figure 1 représente le circuit synthétique pour injection de courant et de tension.

Il consiste en:

- un circuit d'essai synthétique conventionnel qui fournit la portion requise de la TTR totale entre les bornes de la ou des unités soumises à l'essai (u_B de la figure 2);
- un circuit d'essai supplémentaire (synthétique, source de courant continu ou alternatif) qui alimente l'enveloppe, isolée de la terre, à une tension appropriée (u_E dans la figure 2).

La figure 2 illustre un exemple d'essai effectué sur un demi-pôle et montre les tensions requises u_B et u_E , ainsi que la tension u_A qui en résulte entre la borne des unités auxiliaires, connectées au circuit de courant et l'enveloppe. Les contraintes de tension du pôle complet sont appliquées entre la borne mise à la terre des unités soumises à l'essai et l'enveloppe.

Lorsqu'il est impossible d'appliquer simultanément les contraintes de tension u_B et u_E , il est possible d'utiliser une méthode d'essai en plusieurs parties (se reporter à 6.102.1.3 de la CEI 56). Dans la première partie, seules les performances des unités soumises à l'essai sont vérifiées (l'enveloppe du disjoncteur est mise à la terre). Dans la seconde partie, l'isolation entre les éléments sous tension du pôle et l'enveloppe est vérifiée. Ceci peut être fait en faisant interrompre le courant de court-circuit par tous les éléments du pôle, mais sous tension réduite (en fonction de la source de courant disponible) et en appliquant une tension entre l'enveloppe isolée et la terre. Au moment où se produit le pic de la TTR, la valeur instantanée de la tension appliquée à l'enveloppe doit être égale à la différence entre la «tension réduite» et le pic de la TTR devant être appliquée entre la borne subissant la contrainte et l'enveloppe.

4.1.2 Unit testing

Particular precautionary measures regarding interaction must be taken (see 2.3 and 6.102.3.2.1 C of IEC 56).

The required voltage stresses during the unit testing are:

- the full-pole transient recovery voltage and recovery voltage between the relevant live parts and the enclosures. The recovery voltage should preferably be a.c.;
- the portion of these voltages, depending on the number of tested units and on the voltage distribution, across the unit(s) submitted to tests.

All units must break the short-circuit current, which guarantees the correct interaction between units and the correct influence on the insulation between live parts and the enclosure.

This test procedure can only be used if the circuit-breaker is supplied with a third bushing. This bushing, connected between the unit(s) under test and the voltage circuit, allows the use of the other unit(s) as auxiliary circuit-breakers. This bushing should not produce any mechanical, electrostatic, or magnetic interaction with the unit(s) under test.

The synthetic circuit is shown in figure 1, both for current and for voltage injection.

It consists of:

- a conventional synthetic test circuit that gives the required portion of the total TRV between the terminals of the unit(s) under test (u_B of figure 2);
- an additional test circuit (synthetic, d.c., or a.c. source) that energizes the enclosure, insulated from earth, with a suitable voltage (u_E of figure 2).

In figure 2, an example relevant to a half-pole testing, shows the required voltage u_B , u_E and the resulting voltage u_A between the terminal of the auxiliary unit(s) connected to the current circuit and the enclosure. The full-pole voltage stresses are applied between the earthed terminal of the unit(s) under test and the enclosure.

If it is not possible to apply the voltage stresses u_B and u_E at the same time, a multipart testing procedure can be used (see 6.102.1.3 of IEC 56). In the first part, only the performance of the unit(s) under test is checked (the enclosure of the circuit-breaker is earthed). In the second part, the insulation between the live parts of the pole and the enclosure is checked. This can be done, for instance, with all units breaking the short-circuit current, but at a reduced voltage (dependent on the available current source) and applying voltage between the insulated enclosure and the earth. At the moment when the TRV peak is produced, the instantaneous value of the applied voltage to the enclosure shall be equal to the differences between the "reduced voltage" and the total TRV peak to be applied between the stressed terminal and the enclosure.

Il existe des circuits d'essais ne faisant pas appel à une troisième traversée. La tension requise aux bornes de l'unité soumise à l'essai est produite en shuntant les autres unités à l'aide de gros condensateurs. De tels circuits ne sont pas valables pour l'intervalle d'interaction et ne peuvent être utilisés qu'après accord entre le constructeur et l'utilisateur. Ces circuits peuvent être utilisés pour les séquences d'essais de court-circuit de base, si le comportement thermique du disjoncteur durant l'intervalle d'interaction est vérifié séparément (par exemple soit par un essai en deux parties, soit en réalisant les essais de défaut proche en ligne).

Une attention particulière sera portée aux temps d'arc des séquences d'essais de court-circuit de base pour qu'ils ne soient pas très différents de ceux obtenus lors de l'essai thermique de vérification.

NOTES

1 Dans le passé, des essais par éléments séparés ont été effectués avec un circuit d'essai dans lequel toutes les unités ne coupaient pas le courant de court-circuit. Un tel circuit d'essai ne peut être utilisé que dans les cas où l'interaction due à la circulation de gaz est négligeable. Ce n'est généralement pas le cas et c'est très difficile à prouver.

Dans ce circuit, une partie du disjoncteur a été court-circuitée. On suppose que cela n'entraîne aucune interaction mécanique, électrostatique ou électromagnétique et une attention particulière devra être apportée à l'interaction due à la circulation de gaz.

La figure 3 illustre un circuit d'essai synthétique à injection de courant ou de tension. Le principe de fonctionnement de ce circuit est le même que celui du circuit de la figure 1.

La valeur et la polarité de la tension u_E à appliquer à l'enveloppe sont telles que la tension qui en résulte entre la borne alimentée du disjoncteur et l'enveloppe est égale à la valeur requise pour la tension d'essai du pôle complet.

La figure 4 illustre un exemple d'essai effectué sur un demi-pôle et indique les tensions requises.

2 Pour la plupart des disjoncteurs, l'isolation entre les éléments sous tension et l'enveloppe durant l'établissement et la coupure des courants de court-circuit peut être vérifiée à l'aide des séquences d'essais de court-circuit n° 4 et n° 5. Les séquences d'essais de court-circuit n°s 1, 2 et 3 peuvent être effectuées en appliquant les méthodes d'essais par éléments séparés conventionnelles.

3 La technique de transmission par fibres optiques peut être utilisée avec succès pour découpler le circuit de commande du disjoncteur de l'enveloppe sous tension; le courant nécessaire à la fermeture et au fonctionnement de la bobine d'excitation peut être fourni par une génératrice à turbine entraînée par de l'air comprimé.

4.2 Essais de défaut proche en ligne

Lorsqu'on utilise une méthode d'essai synthétique, les prescriptions de 6.109 de la CEI 56 ainsi que celles de 4.2.1, 4.2.2 et 6.109 de la CEI 427 s'appliquent.

Si les séquences d'essais de court-circuit de base ont été effectuées, il n'est pas nécessaire de porter une attention particulière à l'isolation entre les éléments sous tension et l'enveloppe lors des essais de défaut proche en ligne.

4.3 Etablissement et coupure de courants capacitifs

La méthode d'essai doit être conforme aux prescriptions de 6.111 de la CEI 56.

Pour des essais monophasés réalisés en laboratoire conformément aux prescriptions de 6.111.7 de la CEI 56, seule la contrainte diélectrique entre les bornes du disjoncteur est correctement reproduite. Lorsque la contrainte diélectrique entre les bornes et l'enveloppe ne peut pas être correctement reproduite, des essais supplémentaires doivent être effectués.

Test circuits without the use of a third bushing exist. The required voltage across the unit under test is produced by shunting the other units with large capacitors. The application of such circuits is not valid for the interaction interval, and may only be used subject to agreement between manufacturer and user. These circuits can be used for basic short-circuit test sequences, if the thermal behaviour of the circuit-breaker during interaction interval is verified separately (for example either by two-part testing, or by performing short-line fault tests).

Pay attention that during the basic short-circuit test sequences, the arcing times are not considerably at variance with those obtained during the thermal verification test.

NOTES

1 In the past, some unit testing has been carried out in a test circuit in which not all units break the short-circuit current. Such a test circuit may only be used for cases with negligible interaction, due to gas circulation. This is, however, mostly not the case and is also very difficult to prove.

In this circuit, a portion of the circuit-breaker has been short-circuited. It is assumed that this does not produce any mechanical, electrostatic, or electromagnetic interaction, and special attention should be paid to the interaction due to gas circulation.

A synthetic test circuit is shown in figure 3, both for current and voltage injection. The working principle of this circuit is the same as that of the circuit in figure 1.

The value and polarity of the voltage u_E , to be applied to the enclosure are such that the resulting voltage between the energized terminal of the circuit-breaker and the enclosure is equal to the required value of the full-pole test voltage.

In figure 4 an example relevant to a half-pole testing shows the required voltages.

2 Insulation between live parts and enclosures during making and breaking short-circuit currents for most circuit-breakers can be proved by short-circuit test sequences nos. 4 and 5. Short-circuit test sequences nos. 1, 2 and 3 may be performed by conventional unit test procedures.

3 To uncouple the control circuit of the circuit-breaker from the energized enclosure, the fibre-optics transmission technique can be applied successfully; the power required to operate the closing and trip coils can be provided by a turbine generator group driven by compressed air.

4.2 Short-line fault tests

Subclause 6.109 of IEC 56 and 4.2.1, 4.2.2, and 6.109 of IEC 427, when the synthetic testing method is used, apply.

Provided that the basic short-circuit test duties have been carried out, no further attention need be paid to the insulation between the live parts and the enclosure during short-line fault tests.

4.3 Switching of capacitive currents

The testing procedure shall be in agreement with 6.111 of IEC 56.

For single-phase laboratory tests, according to 6.111.7 of IEC 56, only the dielectric stress between terminals of the circuit-breaker is correctly reproduced. When the dielectric stress between the terminals and the enclosure cannot be reproduced correctly, additional tests shall be carried out.