

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 62271-308

Première édition
First edition
2002-08

Appareillage à haute tension –

**Partie 308:
Guide pour la séquence d'essais T100a
de coupure de courants de court-circuit
asymétriques**

High-voltage switchgear and controlgear –

**Part 308:
Guide for asymmetrical short-circuit
breaking test duty T100a**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 62271-308:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 62271-308

Première édition
First edition
2002-08

Appareillage à haute tension –

**Partie 308:
Guide pour la séquence d'essais T100a
de coupure de courants de court-circuit
asymétriques**

High-voltage switchgear and controlgear –

**Part 308:
Guide for asymmetrical short-circuit
breaking test duty T100a**

© IEC 2002 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Généralités	12
1.1 Domaine d'application	12
1.2 Documents de référence	12
2 Définitions	12
3 Caractéristiques assignées	14
4 Procédure d'essais	14
4.1 Démonstration des durées d'arc lors d'essais triphasés pour la séquence d'essais T100a	14
4.2 Démonstration des durées d'arc lors d'essais monophasés en substitution d'essais triphasés pour les systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour la séquence d'essais T100a	18
4.3 Démonstration des durées d'arc lors d'essais monophasés en substitution d'essais triphasés pour les systèmes à neutre directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour la séquence d'essais T100a	40
4.4 Composante apériodique du courant coupé en court-circuit	40
4.5 Séquence d'essais T100a	40
5 Critères d'asymétrie	42
5.1 Essais directs	44
5.2 Essais synthétiques	46
5.3 Procédures d'ajustement des paramètres d'essais	48
Annexe A Calcul des paramètres de la TTR durant des conditions de défauts asymétriques (T100a)	58
Annexe B Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	68
Annexe C Variante à C.2.5 de la CEI 62271-100	70
Annexe D Exemples d'application des critères d'asymétrie durant la séquence d'essais asymétriques	72
Annexe E Des informations mises à jour du point g) de I.2.1 de la CEI 62271-100	86
Figure 1 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en triphasé dans des systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	50
Figure 2 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en triphasé dans des systèmes à neutre directement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,3)	52
Figure 3 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en monophasé en remplacement des conditions triphasés dans des systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	54
Figure 4 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en monophasé en remplacement des conditions triphasés dans des systèmes à neutre directement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,3)	56
Figure D.1 – Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais	76
Figure D.2 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essais	82

CONTENTS

FOREWORD	7
1 General.....	13
1.1 Scope	13
1.2 Reference documents	13
2 Definitions.....	13
3 Ratings	15
4 Test procedure.....	15
4.1 Demonstration of arcing times during three-phase tests for test-duty T100a.....	15
4.2 Demonstration of arcing times during single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5) for test-duty T100a	19
4.3 Demonstration of arcing times during single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3) for test-duty T100a	41
4.4 DC component of short-circuit breaking current	41
4.5 Test-duty T100a.....	41
5 Asymmetry criteria	43
5.1 Direct tests	45
5.2 Synthetic tests	47
5.3 Adjustment measures	49
Annex A Calculation of the TRV parameters during asymmetrical fault condition (T100a)	59
Annex B Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests.....	69
Annex C Alternative to C.2.5 of IEC 62271-100.....	71
Annex D Examples for the application of the asymmetry criteria during asymmetrical test duty	73
Annex E Updated information regarding item g) of I.2.1 of IEC 62271-100.....	87
Figure 1 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for three-phase tests in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5).....	51
Figure 2 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for three-phase tests in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3).....	53
Figure 3 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5)	55
Figure 4 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3)	57
Figure D.1 – Three-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant	77
Figure D.2 – Single phase testing of circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current shorter than the test circuit time constant.....	83

Figure D.3 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais84

Tableau 1a – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 45$ ms24

Tableau 1b – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 60$ ms26

Tableau 1c – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 75$ ms28

Tableau 1d – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 120$ ms30

Tableau 2a – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 45$ ms32

Tableau 2b – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 60$ ms34

Tableau 2c – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 75$ ms36

Tableau 2d – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a $\tau = 120$ ms38

Tableau D.1 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai triphasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus courte que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit74

Tableau D.2 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus longue que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.....78

Tableau D.3 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus courte que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit80

Figure D.3 – Single-phase testing of circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant	85
Table 1a – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45$ ms	25
Table 1b – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60$ ms	27
Table 1c – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75$ ms	29
Table 1d – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120$ ms.....	31
Table 2a – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45$ ms	33
Table 2b – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60$ ms	35
Table 2c – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75$ ms	37
Table 2d – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120$ ms.....	39
Table D.1 – Example showing the test parameters obtained during a three-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	75
Table D.2 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is longer than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	79
Table D.3 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 308: Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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 devrait être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent rapport technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il 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.

Un rapport technique ne devrait pas nécessairement être révisé avant que les données qu'il contient ne soient plus jugées valables ou utiles par le groupe de maintenance.

La CEI 62271-308, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
17A/596/CDV	17A/616/RVC

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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 308: Guide for asymmetrical short-circuit
breaking test duty T100a**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organisation for standardisation comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardisation 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 organisations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organisation for Standardisation (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organisations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it 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 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful by the maintenance team.

IEC 62271-308, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

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

Enquiry draft	Report on voting
17A/596/CDV	17A/616/RVC

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 publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

This document which is purely informative is not to be regarded as an International Standard.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

.

Document provided by IHS Licensee=Qatar Petroleum/5943408001, 10/06/2004

The committee has decided that this publication remains valid until 2008. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

NUMÉROTATION COMMUNE DES NORMES TOMBANT SOUS LA RESPONSABILITÉ DU SC 17A ET DU SC 17C

En accord avec la décision prise lors du meeting commun des SC 17A et SC 17S à Frankfurt (article 20.7 de 17A/535/RM), un système commun de numérotation sera établi pour les normes tombant sous la responsabilité du SC 17A et du SC 17C. La CEI 62271 avec le titre «Appareillage à haute tension» constitue la base de la norme commune.

La numérotation suivra le principe suivant:

- a) Les normes communes préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-001;
- b) Les normes du SC 17A commenceront avec la CEI 62271-100;
- c) Les normes du SC 17C commenceront avec la CEI 62271-200;
- d) Les guides préparés par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-300.

Le tableau ci-dessous met en évidence les nouveaux numéros par rapport aux anciens:

Partie	Titre	Ancien numéro
001	Spécifications communes	IEC 60694 IEC 60517
100	Disjoncteurs à haute tension à courant alternatif	IEC 60056
101	Essais synthétiques	IEC 60427
102	Sectionneurs et sectionneurs de terre à haute tension à courant alternatif	IEC 60129
103	Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV	IEC 60265-1
104	Interrupteurs pour tensions assignées égale ou supérieure à 52 kV	IEC 60265-2
105	Combinés interrupteurs-fusibles à haute tension à courant alternatif	IEC 60420
106	Contacteurs et démarreurs de moteurs à haute tension à courant alternatif	IEC 60470
107	Combinés appareillage-fusibles à haute tension ¹	
108	Switchgear having combined functions ²	
109	Alternating-current series capacitor by-pass switches	
200	Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV	IEC 60298
201	Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 38 kV	IEC 60466
202	Postes préfabriqués haute tension/basse tension	IEC 61330
203	Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	IEC 60517
204	Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	IEC 61640
300	Guide pour la qualification sismique	IEC 61166
301	Guide pour l'établissement et la coupure de charge inductive	IEC 61233
302	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	IEC 61633
303	Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF6) dans l'appareillage à haute tension	IEC 61634
304	Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères	IEC 60932
305	Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	IEC 60859
306	Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	IEC 61639
307	Utilisation de l'électronique et des technologies associées dans les équipements auxiliaires de l'appareillage	IEC 62063
308	Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques	IEC 62215

¹ A publier.

² A publier.

COMMON NUMBERING OF STANDARDS FALLING UNDER THE RESPONSIBILITY OF SC 17A AND SC 17C

In accordance with the decision taken at the joint SC 17A/SC 17C meeting in Frankfurt (item 20.7 of 17A/535/RM) a common numbering system will be established of the standards falling under the responsibility of SC 17A and SC 17C. IEC 62271 (with title High-voltage switchgear and controlgear) is the basis of the common standard.

Numbering of the standards will follow the following principle:

- a) Common standards prepared by SC 17A and SC 17C will start with IEC 62271-001;
- b) Standards of SC 17A will start with IEC 62271-100;
- c) Standards of SC 17C will start with number IEC 62271-200;
- d) Guides prepared by SC 17A and SC 17C will start with number IEC 62271-300.

The table below relates the new numbers to the old numbers:

Part	Title	Old number
1	Common specifications	IEC 60694 IEC 60517
100	High-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 60056
101	Synthetic testing	IEC 60427
102	High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches	IEC 60129
103	High-voltage switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV	IEC 60265-1
104	High-voltage switches for rated voltages of 52 kV and above	IEC 60265-2
105	High-voltage alternating current switch-fuse combinations	IEC 60420
106	High-voltage alternating current contactors and contactor based motor-starters	IEC 60470
107	High-voltage alternating current switchgear-fuse combinations ¹	
108	Switchgear having combined functions ²	
109	Alternating-current series capacitor by-pass switches	
200	Metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60298
201	Insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60466
202	High-voltage/low voltage prefabricated substations	IEC 61330
203	Gas-insulated metal enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above	IEC 60517
204	High-voltage gas-insulated transmission lines for rated voltages of 72,5 kV and above	IEC 61640
300	Guide for seismic qualification	IEC 61166
301	Guide for inductive load switching	IEC 61233
302	Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	IEC 61633
303	Use and handling of sulphur hexafluoride (SF ₆) in high-voltage switchgear and controlgear	IEC 61634
304	Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions	IEC 60932
305	Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60859
306	Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 61639
307	The use of electronic and associated technologies in auxiliary equipment of switchgear and controlgear	IEC 62063
308	Guide for asymmetrical short-circuit breaking test duty T100a	IEC 62215

¹ To be published.

² To be published.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 308: Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Ce rapport technique contient des informations et des procédures d'essais applicables aux essais de type sur disjoncteurs pour la démonstration du pouvoir de coupure en court-circuit durant la séquence d'essais avec courant asymétrique (T100a) telle que requise par la CEI 62271-100.

Ce rapport technique couvre toutes les situations d'essais possibles c'est-à-dire essais en monophasé, essais en triphasé, essais directs, essais synthétiques, facteurs de premier pôle 1,3 et 1,5.

Les procédures d'essais données dans la CEI 62271-100 pour la vérification du pouvoir de coupure en court-circuit durant la séquence d'essais avec courant asymétrique (T100a) sont seulement valables lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Ce rapport technique peut être généralement appliqué et donne les règles à suivre lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est égale ou différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. Des tolérances sur les paramètres d'essais sont aussi données de façon à permettre de couvrir plus d'une constante de temps c.c. assignée avec une seule série d'essais. Ce concept d'équivalence de l'asymétrie peut aussi aider l'utilisateur à établir une équivalence entre les besoins du réseau et les exigences relatives aux caractéristiques assignées.

Lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit, les procédures d'essais données dans la CEI 62271-100 ne peuvent pas être appliquées directement et il convient que les procédures d'essais données dans ce guide soient suivies. Les procédures données dans ce rapport technique sont aussi pleinement applicables lorsque que la constante de temps c.c. du circuit d'essais est égale à la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

1.2 Documents de référence

CEI 62271-100:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60427:2000, *Essais synthétiques des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

2 Définitions

2.1

durée minimale d'interruption

somme de la durée minimale d'ouverture, temps minimal de la protection par relais (0,5 cycle), et la durée minimale d'arc du premier pôle qui coupe, lors de la séquence T100a seulement, tel que spécifiée par le constructeur. Il convient que cette définition soit utilisée seulement pour la détermination des paramètres d'essais durant les essais de coupure de courants de court-circuit selon la séquence d'essais T100a.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 308: Guide for asymmetrical short-circuit breaking test duty T100a

1 General

1.1 Scope

This technical report contains information and test procedures for type testing of circuit-breakers relevant to short-circuit breaking performance during asymmetrical test duty (T100a) as required by IEC 62271-100.

This technical report covers all possible testing cases, i.e. single-phase, three-phase, direct tests, synthetic tests, first pole-to-clear factors 1,3 and 1,5.

IEC 62271-100 testing procedures for short-circuit breaking performance during asymmetrical test duty (T100a) are valid only when the d.c. time constant of the test circuit is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

This technical report can be generally applied, and it gives rules to be followed when the d.c. time constant of the test circuit is equal to, or different from, the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current. Tolerances on the test parameters are also given in order to allow that more than one rated d.c. time constant with a single test series be covered. This concept of asymmetry equivalence may also help the user in establishing equivalence between system needs and the rating requirements.

When the d.c. time constant of the test circuit is different from the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current, the testing procedures given in IEC 62271-100 cannot be applied directly and the testing procedure given in this technical report should be followed. The procedures given in this guide are also fully valid when the d.c. time constant of the test circuit is equal to the to rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

1.2 Reference documents

IEC 62271-100:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 60427:2000, *Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit-breakers*

2 Definitions

2.1

minimum clearing time

sum of the minimum opening time, minimum relay time (0,5 cycle), and the minimum arcing time of the first pole-to-clear, during test duty T100a only, as declared by the manufacturer. This definition should be used only for the determination of the test parameters during short-circuit breaking tests according to test duty T100a

NOTE 1 Il convient que la durée minimale d'interruption obtenue lors des essais ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée par le constructeur. Avant les essais, il est recommandé de mesurer la durée minimale d'ouverture avec la tension maximale appliquée sur les déclencheurs d'ouverture, avec la pression maximale pour la manœuvre et la pression minimale pour la coupure. Si la durée minimale d'ouverture mesurée avant les essais est inférieure à celle spécifiée par le constructeur, alors la durée minimale d'interruption déclarée par le constructeur est à revoir en conséquence. Il convient qu'une valeur égale ou inférieure à la valeur révisée soit utilisée pour la détermination des paramètres d'essais demandés.

NOTE 2 Cette définition assume que la durée minimale d'interruption obtenue avec la pression minimale pour la coupure est similaire à celle qui aurait été obtenue avec la pression maximale pour la coupure. Pour des considérations pratiques, la durée minimale d'interruption est déterminée en utilisant la pression minimale pour la coupure. Normalement, la durée minimale d'interruption est obtenue avec la pression maximale pour l'interruption. Si une telle condition de pression résulte en une durée minimale d'interruption telle que la gamme de durées minimales d'interruption applicable pour les essais (telle que donnée aux tableaux 1a à 2d) est différente que celle obtenue à la pression minimale pour la coupure alors il est permis de vérifier la durée minimale d'interruption en utilisant la pression maximale pour la coupure.

3 Caractéristiques assignées

Constante de temps c.c. du pouvoir de coupure en court-circuit

Ce paragraphe a été introduit comme une alternative à 4.101.2 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

La constante de temps c.c. normale est de 45 ms. Les constantes de temps suivantes sont pour des applications particulières, suivant la tension assignée du disjoncteur:

- 120 ms pour les tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV;
- 60 ms pour les tensions assignées à partir de 72,5 kV jusques et y compris 420 kV;
- 75 ms pour les tensions assignées égales ou supérieures à 550 kV.

Ces constantes de temps pour des applications particulières reconnaissent le fait que la valeur normale est inadaptée pour certains réseaux. Elles sont fournies comme valeurs unifiées pour ces besoins de réseaux spéciaux, prenant en compte les caractéristiques des différentes gammes de tensions assignées, par exemple leurs structures de réseau particulières, la conception des lignes, etc.

NOTE 1 De plus, des applications spéciales peuvent nécessiter des valeurs encore plus élevées, par exemple pour un disjoncteur proche d'un générateur. Dans ces cas, il convient de préciser la valeur de la composante aperiodique spécifiée et toute spécification d'essai additionnelle dans l'appel d'offre.

NOTE 2 Des informations détaillées sur l'usage de la constante de temps normale et sur les valeurs alternatives sont données dans la note explicative en I.2.1 de la CEI 62271-100.

4 Procédure d'essais

Il convient que ce rapport technique soit utilisé conjointement avec la CEI 62271-100.

4.1 Démonstration des durées d'arc lors d'essais triphasés pour la séquence d'essais T100a

Ce paragraphe a été introduit comme une alternative à 6.102.10.1.2 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Voir 6.106.5 de la CEI 62271-100.

NOTE 1 The minimum clearing time obtained during the tests should not be lower than the value declared by the manufacturer. Prior to the tests, the minimum opening time should be measured at maximum trip coil voltage, maximum pressure for operation and minimum pressure for interruption. If the minimum opening time measured prior to the tests is lower than the one declared by the manufacturer then the minimum clearing time declared by the manufacturer should be reviewed accordingly. A value equal to, or lower than, the revised value should be used for the determination of the required test parameters.

NOTE 2 This definition assumes that the minimum clearing time obtained with the minimum pressure for interruption is similar to the one that would be obtained with the maximum pressure for interruption. The minimum clearing time is determined, for practical considerations, by using the minimum pressure for interruption. Normally, the minimum clearing time is obtained with the maximum pressure for interruption. If such pressure condition is giving a minimum clearing time such that the minimum clearing time range applicable (as given in tables 1a to 2d) for tests is different than the one obtained at minimum pressure for interruption, then it is permissible to verify the minimum clearing time by using the maximum pressure for interruption.

3 Ratings

DC time constant of the rated short-circuit breaking current

This clause has been introduced as an alternative to 4.101.2 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

The standard d.c. time constant is 45 ms. The following are special case d.c. time constants, related to the rated voltage of the circuit-breaker:

- 120 ms for rated voltages up to and including 52 kV;
- 60 ms for rated voltages from 72,5 kV up to and including 420 kV;
- 75 ms for rated voltages 550 kV and above.

These special case time constants recognize that the standard value may be inadequate in some systems. They are provided as unified values for such special system needs, taking into account the characteristics of the different ranges of rated voltage, for example, their particular system structures, design of lines, etc.

NOTE 1 In addition, some applications may require even higher values, for example if a circuit-breaker is close to generators. In these circumstances, the required d.c. time constant and any additional test requirements should be specified in the inquiry.

NOTE 2 More detailed information on the use of the standard time constant and the special case time constants is given in the explanatory note I.2.1 of IEC 62271-100.

4 Test procedure

This technical report should be used in conjunction with IEC 62271-100.

4.1 Demonstration of arcing times during three-phase tests for test-duty T100a

This subclause has been introduced as an alternative to 6.102.10.1.2 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

See 6.106.5 of IEC 62271-100.

Etant donné que la sévérité des essais de cette séquence peut varier beaucoup en fonction de l'instant de séparation des contacts, une procédure a été mise au point pour aboutir à une contrainte correcte du disjoncteur en essai. L'objectif est d'arriver à une série de trois essais valables. L'instant d'établissement du court-circuit est modifié de 60° entre chaque essai afin de transférer successivement sur chaque phase les critères d'asymétrie requis.

L'intention est d'obtenir une série de trois essais valables et la séquence est considérée satisfaisante si les conditions suivantes sont rencontrées.

- a) Une opération où l'extinction de l'arc du premier pôle qui coupe se produit à la fin d'une grande alternance de courant avec une durée d'arc la plus grande possible et avec les critères d'asymétrie demandés tels que donnés dans l'article 5 de façon à satisfaire les exigences de la TTR.

NOTE Certains disjoncteurs ne couperont pas à la fin d'une grande alternance. L'arc se prolongera durant la petite alternance suivante de courant et ce pôle sera le dernier à interrompre. Toutefois, cet essai est considéré valable si, durant un essai subséquent, il est démontré que la durée d'arc la plus grande possible a été obtenue.

- b) Une opération où l'extinction de l'arc dans un des derniers pôles qui coupent se produit à la fin d'une grande alternance allongée de courant avec une durée d'arc la plus grande possible et avec les critères d'asymétrie demandés tels que donnés dans l'article 5.

Un essai où le disjoncteur interrompt à la fin d'une grande alternance réduite de courant ou à la fin d'une petite alternance dans la phase qui rencontre les critères d'asymétrie est invalide (sauf pour la situation donnée dans la note du point a) ci-dessus).

- c) Une opération avec les critères d'asymétrie demandés, tels que donnés dans l'article 6, pour démontrer les conditions d'essais décrites aux points a) et b) ci-dessus.

L'ordre des essais n'a pas de conséquence pour autant que la série d'essais soit conforme aux conditions d'essais mentionnées en a), b) et c).

Si à cause des caractéristiques du disjoncteur, il n'est pas possible de respecter les exigences citées précédemment, il convient d'augmenter le nombre d'opérations pour démontrer, dans ce cas particulier, que les conditions d'essais les plus sévères ont été obtenues. Il convient que le disjoncteur ne soit pas sujet à plus de six opérations d'ouverture lorsqu'on essaye de satisfaire aux exigences citées précédemment.

Le disjoncteur peut être remis en état avec des pièces interchangeables avant les opérations additionnelles (voir 6.102.9.5 de la CEI 62271-100). Un spécimen d'essai complémentaire peut aussi être utilisé pour les opérations additionnelles.

La procédure est la suivante.

Pour la première manœuvre valable, il convient que l'établissement du court-circuit et le réglage de l'ordre d'ouverture soient tels que

- les critères d'asymétrie sont obtenus dans une phase;
- l'extinction de l'arc se produit dans la phase rencontrant les critères d'asymétrie à l'issue d'une grande alternance (ou la plus grande partie possible de cette alternance) dans le cas de la première phase qui coupe ou à l'issue d'une grande alternance allongée (ou de la plus grande partie possible de cette alternance) dans le cas de l'une des dernières phases qui coupent.

Pour la deuxième manœuvre valable, il convient d'avancer l'instant d'établissement du court-circuit de 60° et que le réglage de l'ordre d'ouverture soit tel que

- si la première manœuvre était valable parce que l'extinction de l'arc s'est produite sur la phase avec les critères d'asymétrie requis après une grande alternance, l'ordre d'ouverture devrait être avancé approximativement de 130° par rapport au premier essai valable;

Since the severity of the tests for this duty can vary widely depending on the moment of contact separation, a procedure has been developed in order to arrive at realistic stresses on the circuit-breaker under test. The intention is to arrive at a series of three valid tests. The initiation of the short-circuit changes 60° between tests in order to transfer the required asymmetry criteria from phase to phase.

The intention is to achieve a series of three valid tests and the duty is considered satisfactory if the following conditions are met.

- a) One operation where in the first pole-to-clear arc extinction occurs at the end of a major current loop with the longest possible arc duration and with the required asymmetry criteria as given in clause 5 in order to comply with the TRV requirements.

NOTE Some circuit-breakers will not clear at the end of a major loop. Arcing then continues during the subsequent minor current loop and becomes a last pole-to-clear. However, this test is considered valid if, during a subsequent test, it is proven that the longest possible arc-duration was achieved.

- b) One operation where in one of the last poles-to-clear arc extinction occurs at the end of a major extended current loop with the longest possible arc duration and with the required asymmetry criteria as given in clause 5.

A test where the circuit-breaker clears at the end of a reduced major current loop or a minor loop in the phase meeting the asymmetry criteria is invalid (with the exception of the situation described in the note to a) above.

- c) One operation with the required asymmetry criteria as given in clause 5 to prove the validity of test conditions outlined in a) and b) above.

The sequence of the tests is of no consequence as long as the series of tests fulfils the test conditions mentioned in a), b) and c).

If it is not possible to achieve the above requirements because of the characteristics of the circuit-breaker, the number of operations should be extended to prove that, in this particular case, the most severe test conditions have been achieved. The circuit-breaker should not be subjected to more than six opening operations when attempting to meet the above requirements.

The circuit-breaker may be reconditioned with renewable parts before the extended operations (see 6.102.9.5 of IEC 62271-100). An additional test sample can also be used for the extended operations.

The procedure is as follows.

For the first valid operation the initiation of short circuit and the setting of the control of the tripping impulse should be such that

- the required asymmetry criteria are obtained in one phase;
- arc extinction occurs in the phase with the required asymmetry criteria after a major loop (or the greatest possible part of that loop) in the case of the first phase-to-clear or after a major extended loop (or the greatest possible part of that loop) in the case of one of the last phases-to-clear.

For the second valid operation, the initiation of short-circuit should be advanced by 60° and the setting of the control of the tripping impulse should be as follows:

- if the first operation was valid because the arc extinction occurred in the phase with the required asymmetry criteria after a major loop, the setting of the control of the tripping impulse should be advanced by approximately 130° with respect to the first valid operation;

- si la première manœuvre était valable parce que l'extinction de l'arc s'est produite sur la phase avec les critères d'asymétrie requis après une grande alternance allongée, l'ordre d'ouverture devrait être avancé approximativement de 25° par rapport au premier essai valable.

Pour la troisième manœuvre, la procédure de la deuxième manœuvre peut être répétée. Il convient d'avancer l'instant d'établissement du court-circuit de 60° par rapport au deuxième essai et l'ordre d'ouverture devrait être réglé comme suit:

- si la seconde manœuvre était valable parce que l'extinction de l'arc s'est produite sur la phase avec les critères d'asymétrie requis après une grande alternance, il convient d'avancer l'ordre d'ouverture approximativement de 130° par rapport au deuxième essai valable.
- si la deuxième manœuvre était valable parce que l'extinction de l'arc s'est produite sur la phase avec les critères d'asymétrie requis après une grande alternance allongée, il convient d'avancer l'ordre d'ouverture approximativement de 25° par rapport au deuxième essai valable.

Si les caractéristiques du disjoncteur ne sont pas constantes, il peut être nécessaire d'utiliser d'autres procédures pour réaliser les trois opérations valables décrites ci-dessus.

Cette procédure d'essais est applicable aux systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5) et à ceux avec neutre mis directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3).

Les figures 1 et 2 donnent des exemples graphiques des trois opérations de coupure valables.

4.2 Démonstration des durées d'arc lors d'essais monophasés en substitution d'essais triphasés pour les systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour la séquence d'essais T100a

Ce paragraphe a été introduit comme une alternative à 6.102.10.2.1.2 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Voir 6.106.5 de la CEI 62271-100.

a) Durées d'arc

Il est recommandé que la première manœuvre de coupure valable démontre l'interruption à la fin de la petite alternance avec une durée d'arc aussi petite que possible. La durée d'arc résultante est définie dans ce rapport technique comme la durée d'arc minimale ($t_{arc\ min}$). Elle est obtenue lorsqu'un retard de séparation supplémentaire des contacts par rapport au passage à zéro du courant entraîne la coupure au passage à zéro suivant après une grande alternance du courant. Cette durée d'arc minimale est trouvée en modifiant le réglage de l'ordre d'ouverture par pas d'environ 18° ($d\alpha$).

NOTE 1 Certains disjoncteurs peuvent montrer une durée d'arc minimale plus courte sur la grande alternance que sur la petite alternance. Dans de tels cas, il convient d'utiliser la durée d'arc minimale obtenue sur la grande alternance comme durée d'arc minimale. Pour ces cas, il convient que le constructeur démontre ce comportement par des essais additionnels en utilisant la même méthode que celle décrite ci-dessus pour la petite alternance. Si des essais additionnels sont nécessaires, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Il convient que la deuxième manœuvre de coupure valable démontre le fonctionnement avec la durée d'arc maximale. La durée d'arc maximale requise dans ce rapport technique est identifiée comme $t_{arc\ max}$ et est déterminée par

$$t_{arc\ max} \geq t_{arc\ min} + \Delta t_1 - T \times \frac{30^\circ + d\alpha}{360^\circ}$$

- if the first operation was valid because the arc extinction occurred in the phase with the required asymmetry criteria after a major extended loop, then the setting of the control of the tripping impulse should be advanced by approximately 25° with respect to the first valid operation.

For the third operation, the procedure for the second operation may be repeated. The initiation of short circuit should be advanced by 60° with respect to the second operation and the setting of the control of the tripping impulse should be as follows:

- if the second operation was valid because the arc extinction occurred in the phase with the required asymmetry criteria after a major loop, the setting of the control of the tripping impulse should be advanced by approximately 130° with respect to the second operation;
- if the second operation was valid because the arc extinction occurred in the phase with the required asymmetry criteria after a major extended loop, the setting of the control of the tripping impulse should be advanced by approximately 25° with respect to the second operation.

If the characteristics of the circuit-breaker are not constant it may be necessary to use other procedures to achieve the three valid operations described above.

This test procedure is applicable to non-solidly earthed neutral systems (first pole-to-clear factor 1,5) and to solidly earthed neutral systems (first pole-to-clear factor 1,3).

Figures 1 and 2 give graphical examples of the three valid breaking operations.

4.2 Demonstration of arcing times during single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5) for test-duty T100a

This subclause has been introduced as an alternative to 6.102.10.2.1.2 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

See 6.106.5 of IEC 62271-100.

a) Arcing times

The first valid breaking operation should demonstrate interruption at the end of the minor loop with an arc duration as small as possible. The resultant arc duration is known in this technical report as the minimum arcing time ($t_{\text{arc min}}$). This is established when any extra delay in the contact separation with respect to the current waveform results in interruption at the next current zero which will be at the end of a major loop. This minimum arc duration is found by changing the setting of the tripping impulse by steps of approximately 18° ($d\alpha$).

NOTE 1 Some circuit-breakers may exhibit a shorter minimum arcing time on the major loop than on the minor loop. In such cases, the minimum arcing time obtained on the major loop should be used as the minimum arcing time. For such cases, the manufacturer should demonstrate this behaviour by some additional tests by using the same methodology as the described above for the minor loop. If additional tests are necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted

The second valid breaking operation should demonstrate interruption with the maximum arcing time. The required maximum arcing time is known in this technical report as $t_{\text{arc max}}$ and is determined by

$$t_{\text{arc max}} \geq t_{\text{arc min}} + \Delta t_1 - T \times \frac{30^\circ + d\alpha}{360^\circ}$$

où l'intervalle de temps Δt_1 est la durée de la grande alternance donnée aux tableaux 1 et 2.

L'intervalle de temps Δt_1 est fonction de la constante de temps du circuit (τ), de la fréquence assignée du système, du temps d'ouverture et de la durée d'arc minimale du disjoncteur. L'intervalle de temps Δt_1 est égal à la durée (valeur arrondie) de la grande alternance suivante (sur la forme de courant asymétrique requise) qui se produira après la durée minimale d'interruption. Il convient que l'interruption survienne après une grande alternance ou après la petite alternance subséquente si le disjoncteur n'interrompt pas le courant après la grande alternance. Cela est obtenu en retardant l'ordre d'ouverture par rapport à la première opération d'interruption valable.

Les tableaux 1 et 2 considèrent un temps de relais de 0,5 cycle de la fréquence assignée (10 ms à 50 Hz et 8,3 ms à 60 Hz). Si le disjoncteur n'a pas coupé après la grande alternance requise et coupe après la petite alternance suivante, la durée d'arc maximale requise est prolongée par la durée de la petite alternance suivante (Δt_2) donnée aux tableaux 1 et 2.

NOTE 2 Dans un circuit d'essais directs, tout retard de l'ordre d'ouverture après l'essai à $t_{\text{arc min}}$ résultera en une durée d'arc sur la grande alternance de

$$t_{\text{arc max}} = t_{\text{arc min}} + \Delta t_1 - T \times \frac{d\alpha}{360^\circ}$$

Cela implique que seulement une fenêtre d'arc de 180° peut être démontrée dans un circuit d'essais monophasé. Cette condition peut conduire à des contraintes excessives sur le disjoncteur. Si tel est le cas, seulement pour des applications à neutre autre que solidement mis à la terre, il est permis de retarder davantage l'ordre d'ouverture de façon à obtenir la durée d'arc maximale demandée.

Il convient que la troisième manœuvre de coupure valable démontre une interruption avec une durée d'arc approximativement égale à la moyenne de celles des première et deuxième manœuvres de coupure valables. Cette durée d'arc a été définie dans ce document comme la durée d'arc moyenne ($t_{\text{arc med}}$) et est déterminée par

$$t_{\text{arc med}} = (t_{\text{arc max}} + t_{\text{arc min}}) / 2$$

Il convient que cette coupure se produise également après une grande alternance ou après la petite alternance suivante si le disjoncteur n'a pas coupé après la grande alternance requise.

NOTE 3 Dans les cas spécifiques où un disjoncteur interrompt après une petite alternance de courant lors de l'essai avec la durée d'arc maximale, il convient que la durée d'arc moyenne soit déterminée en utilisant la durée d'arc maximale présumée avec interruption suivant une grande alternance de courant.

Il est recommandé de retarder l'ordre d'ouverture de la troisième manœuvre de coupure valable par rapport à celui de la deuxième manœuvre de coupure valable afin d'obtenir cette durée d'arc.

La figure 3 donne un exemple graphique des trois manœuvres de coupure valables.

b) Courant de court-circuit pendant la période d'arc

Les manœuvres de coupure sont valables si les conditions suivantes sont remplies:

- le courant de court-circuit crête au cours de la dernière alternance précédant la coupure est compris entre 90 % et 110 % de la valeur requise et
- la durée de l'alternance du courant de court-circuit précédant la coupure est comprise entre 90 % et 110 % de la valeur requise.

ou si les tolérances sur l'amplitude du courant ne peuvent pas être satisfaites:

- le produit « $I \times t$ », « I » étant la valeur crête requise de la dernière alternance du courant de court-circuit et « t » étant la durée requise de la dernière alternance du courant de court-circuit, est compris entre 81 % et 121 % des valeurs demandées pour autant que la durée de la dernière alternance du courant de court-circuit précédant la coupure soit comprise entre 90 % et 110 % de la valeur demandée.

Les tableaux 1 et 2 donnent les valeurs requises du courant de court-circuit crête et des durées d'alternance qui sont à atteindre par la dernière alternance précédant la coupure. Le produit « $I \times t$ » requis peut aussi être déterminé à partir de ces tableaux.

where the time interval Δt_1 is the duration of the major loop given in tables 1 and 2.

The time interval Δt_1 is a function of the system circuit time constant (τ), the rated frequency of the system, the opening time and the minimum arcing time of the circuit-breaker. The time interval Δt_1 is equal to the duration (rounded) of the subsequent major loop (on the appropriate asymmetrical current waveform) which will occur after the minimum clearing time. Interruption should occur after a major loop or after the subsequent minor loop if the circuit-breaker failed to interrupt after the required major loop. This is achieved by setting the tripping impulse later than that of the first valid breaking operation.

Tables 1 and 2 consider a relay time of 0,5 cycle of the rated frequency (10 ms at 50 Hz and 8,3 ms at 60 Hz). If the circuit-breaker fails to interrupt after the required major loop and interrupts after the subsequent minor loop, the required maximum arcing time is extended by the duration of the appropriate minor loop (Δt_2) given in tables 1 and 2.

NOTE 2 In a direct test circuit, any delay of the tripping impulse after the test at $t_{\text{arc min}}$ will result in a subsequent major loop with an arc duration of

$$t_{\text{arc max}} = t_{\text{arc min}} + \Delta t_1 - T \times \frac{d \alpha}{360^\circ}$$

Therefore, only an arcing window of 180° can be demonstrated in a single-phase test circuit. This condition may lead to overstressing of the circuit-breaker. If that is the case, for non-solidly earthed neutral applications only, it is permissible to further delay the tripping impulse in order to obtain the required maximum arcing time.

The third valid breaking operation should demonstrate interruption with an arcing time that is approximately equal to the average value of those of the first and second valid breaking operations. This arcing time is known in this document as the medium arcing time ($t_{\text{arc med}}$) and is determined by

$$t_{\text{arc med}} = (t_{\text{arc max}} + t_{\text{arc min}}) / 2$$

This interruption should also occur after a major loop or after the subsequent minor loop if the circuit-breaker failed to interrupt after the required major loop.

NOTE 3 In the specific cases where a circuit-breaker interrupts after a minor current loop during the maximum arcing time test, the medium arcing time should be determined by using the prospective maximum arcing time considering an interruption following a major current loop.

The tripping impulse for the third valid breaking operation should be delayed from that of the second valid breaking operation in order to achieve this arcing time.

Figure 3 gives a graphical example of the three valid breaking operations.

b) Short-circuit current during arcing interval

The breaking operations are valid if the following conditions are met:

- the peak short-circuit current during the last loop prior to the interruption is between 90 % and 110 % of the required value and
- the duration of the short-circuit current loop prior to the interruption is between 90 % and 110 % of the required value.

or if the tolerances on the current amplitude cannot be fulfilled:

- the product “ $I \times t$ ”, “ I ” being the required peak value of the last short-circuit current loop and “ t ” being the required duration of the last short-circuit current loop, is between 81 % and 121 % of the required values provided that the last current-loop duration prior to the interruption is between 90 % and 110 % of the required value.

Tables 1 and 2 give required values of the peak short-circuit current and loop duration that should be attained by the last loop prior to the interruption. The required product “ $I \times t$ ” can also be derived from these tables.

NOTE 1 Pour les essais directs, ces conditions s'appliquent au courant de court-circuit présumé seulement si l'instant d'initiation du courant est compris entre $\pm 10^\circ$ de celui obtenu durant l'essai de calibration du courant présumé.

NOTE 2 Pour les disjoncteurs ayant des tensions d'arc relativement élevées, la procédure pour obtenir l'amplitude et la durée de l'alternance de courant demandées durant les essais synthétiques est expliquée dans la CEI 60427.

NOTE 3 Les valeurs de di/dt données aux tableaux 1 et 2 sont seulement applicables au premier pôle qui interrompt. Pour les deuxième et troisième pôles qui coupent, le di/dt peut être considéré similaire au di/dt des deuxième et troisième pôles qui interrompent un courant de défaut symétrique. Voir tableau 2 de la CEI 62271-100.

NOTE 1 For direct tests, these conditions apply to the prospective short-circuit current only provided that the instant of current initiation is within $\pm 10^\circ$ of that obtained during the prospective current calibration test.

NOTE 2 For circuits-breakers having relatively high arc voltages, the procedure to obtain the required current-loop amplitude and duration during synthetic tests is explained in IEC 60427.

NOTE 3 The corresponding di/dt values given in tables 1 and 2 are only applicable to the first pole-to-clear. For the second and third pole-to-clear, the di/dt can be approximated as the di/dt of the second and third pole-to-clear in case of a symmetrical fault current. See table 2 of IEC 62271-100.

**Tableau 1a – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 45$ ms**

$\tau = 45$ ms	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,51	13,5	44,6	92,6	0,36	5,5	60,2	75,6
22,5 < t ≤ 43,0	1,33	12,0	28,9	97,8	0,59	7,5	37,9	89,9
43,0 < t ≤ 63,5	1,21	11,5	18,7	99,6	0,74	8,5	24,0	95,4
63,5 < t ≤ 84,0	a	a	a	a	a a	a	a	a
84,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a		a	a	a

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau
 Toutes les valeurs du tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 10 ms.

^a Séquence d'essais T100a n'est pas applicable, niveau d'asymétrie inférieur à 20 % pour les deux alternances de courant.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45$ ms est la valeur normalisée, $\tau = 60$ ms, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimal obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimal réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 1a – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 45$ ms

$\tau = 45$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,51	13,5	44,6	92,6	0,36	5,5	60,2	75,6
22,5 < t ≤ 43,0	1,33	12,0	28,9	97,8	0,59	7,5	37,9	89,9
43,0 < t ≤ 63,5	1,21	11,5	18,7	99,6	0,74	8,5	24,0	95,4
63,5 < t ≤ 84,0	a	a	a	a	a	a	a	a
84,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant
 All values in this table have been calculated with a protection relay time of 10 ms.

^a Test duty T100a is not applicable, asymmetry level lower than 20 % for both current loops.

NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.

NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

**Tableau 1b – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 60$ ms**

$\tau = 60$ ms	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,61	14,0	54,2	86,9	0,28	5,0	68,7	69,0
22,5 < t ≤ 43,0	1,44	13,0	39,2	94,1	0,49	7,0	48,6	84,8
43,0 < t ≤ 63,5	1,31	12,0	28,3	97,4	0,63	8,0	34,5	92,0
63,5 < t ≤ 84,0	1,22	11,5	20,4	99,0	0,74	8,5	24,6	95,7
84,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 10 ms.

^a Séquence d'essais T100a n'est pas applicable, niveau d'asymétrie inférieur à 20 % pour les deux alternances de courant.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45$ ms est la valeur normalisée, $\tau = 60$ ms, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 1b – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 60$ ms

$\tau = 60$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < $t \leq$ 22,5	1,61	14,0	54,2	86,9	0,28	5,0	68,7	69,0
22,5 < $t \leq$ 43,0	1,44	13,0	39,2	94,1	0,49	7,0	48,6	84,8
43,0 < $t \leq$ 63,5	1,31	12,0	28,3	97,4	0,63	8,0	34,5	92,0
63,5 < $t \leq$ 84,0	1,22	11,5	20,4	99,0	0,74	8,5	24,6	95,7
84,0 < $t \leq$ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant

All values in this table have been calculated with a protection relay time of 10 ms.

^a Test duty T100a is not applicable, asymmetry level lower than 20 % for both current loops.

NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.

NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

**Tableau 1c – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 75$ ms**

$\tau = 75$ ms	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,67	15,0	61,0	81,9	0,23	4,5	74,3	63,8
22,5 < t ≤ 43,0	1,51	13,5	47,1	90,2	0,41	6,0	56,3	80,3
43,0 < t ≤ 63,5	1,39	12,5	36,3	94,7	0,55	6,5	42,9	88,5
63,5 < t ≤ 84,0	1,30	12,0	27,9	97,2	0,66	8,0	32,7	93,1
84,0 < t ≤ 104,0	1,23	11,5	21,4	98,6	0,74	8,5	24,9	95,8

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 10 ms.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45$ ms est la valeur normalisée, $\tau = 60$ ms, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 1c – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 75$ ms

$\tau = 75$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,67	15,0	61,0	81,9	0,23	4,5	74,3	63,8
22,5 < t ≤ 43,0	1,51	13,5	47,1	90,2	0,41	6,0	56,3	80,3
43,0 < t ≤ 63,5	1,39	12,5	36,3	94,7	0,55	6,5	42,9	88,5
63,5 < t ≤ 84,0	1,30	12,0	27,9	97,2	0,66	8,0	32,7	93,1
84,0 < t ≤ 104,0	1,23	11,5	21,4	98,6	0,74	8,5	24,9	95,8

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant
 All values in this table have been calculated with a protection relay time of 10 ms.

NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.
 NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

**Tableau 1d – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 50 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 120$ ms**

$\tau = 120$ ms	Grande alternance				Petite alternance				
	Durée minimale d'interruption ms	\hat{i} p.u.	Δt_1 ms	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant %	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné) %	\hat{i} p.u.	Δt_2 ms	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant %	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné) %
	$10,0 < t \leq 22,5$	1,78	15,5	73,1	70,0	0,16	3,5	83,3	53,1
	$22,5 < t \leq 43,0$	1,66	14,5	62,1	80,1	0,28	5,0	70,2	69,4
	$43,0 < t \leq 63,5$	1,56	14,0	52,8	86,3	0,40	6,0	59,2	79,1
	$63,5 < t \leq 84,0$	1,47	13,0	44,8	90,6	0,49	6,5	50,0	85,3
	$84,0 < t \leq 104,0$	1,40	12,5	38,0	93,5	0,57	7,0	42,2	89,5

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 10 ms.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45$ ms est la valeur normalisée, $\tau = 60$ ms, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 1d – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 120$ ms

$\tau = 120$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
10,0 < t ≤ 22,5	1,78	15,5	73,1	70,0	0,16	3,5	83,3	53,1
22,5 < t ≤ 43,0	1,66	14,5	62,1	80,1	0,28	5,0	70,2	69,4
43,0 < t ≤ 63,5	1,56	14,0	52,8	86,3	0,40	6,0	59,2	79,1
63,5 < t ≤ 84,0	1,47	13,0	44,8	90,6	0,49	6,5	50,0	85,3
84,0 < t ≤ 104,0	1,40	12,5	38,0	93,5	0,57	7,0	42,2	89,5

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant
 All values in this table have been calculated with a protection relay time of 10 ms.

NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.
 NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

Tableau 2a – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 45 \text{ ms}$

$\tau = 45 \text{ ms}$	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
$8,3 < t \leq 18,5$	1,57	11,0	50,7	89,2	0,31	5,0	65,8	71,4
$18,5 < t \leq 36,0$	1,39	10,0	35,4	95,6	0,52	6,0	44,9	86,7
$36,0 < t \leq 53,0$	1,27	9,5	24,6	98,4	0,67	6,5	30,7	93,4
$53,0 < t \leq 70,0$	1,19	9,5	17,1	99,6	0,77	7,0	21,1	96,8
$70,0 < t \leq 87,0$	a	a	a	a	a	a	a	a
$87,0 < t \leq 104,0$	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 8,3 ms.

^a Séquence d'essais T100a n'est pas applicable, niveau d'asymétrie inférieur à 20 % pour les deux alternances de courant.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45 \text{ ms}$ est la valeur normalisée, $\tau = 60 \text{ ms}$, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 2a – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 45$ ms

$\tau = 45$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
8,3 < t ≤ 18,5	1,57	11,0	50,7	89,2	0,31	5,0	65,8	71,4
18,5 < t ≤ 36,0	1,39	10,0	35,4	95,6	0,52	6,0	44,9	86,7
36,0 < t ≤ 53,0	1,27	9,5	24,6	98,4	0,67	6,5	30,7	93,4
53,0 < t ≤ 70,0	1,19	9,5	17,1	99,6	0,77	7,0	21,1	96,8
70,0 < t ≤ 87,0	a	a	a	a	a	a	a	a
87,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant
 All values in this table have been calculated with a protection relay time of 8,3 ms.

^a Test duty T100a is not applicable, asymmetry level lower than 20 % for both current loops.
 NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.
 NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

**Tableau 2b – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 60$ ms**

$\tau = 60$ ms	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
8,3 < t ≤ 18,5	1,66	12,0	59,8	82,8	0,24	4,0	73,4	64,7
18,5 < t ≤ 36,0	1,50	11,0	45,7	91,0	0,42	5,0	55,0	81,1
36,0 < t ≤ 53,0	1,38	10,5	34,8	95,3	0,57	6,0	41,4	89,2
53,0 < t ≤ 70,0	1,29	10,0	26,4	97,6	0,67	6,5	31,2	93,6
70,0 < t ≤ 87,0	1,22	9,5	20,1	98,9	0,75	7,0	23,5	96,2
87,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 8,3 ms.

^a Séquence d'essais T100a n'est pas applicable, niveau d'asymétrie inférieur à 20 % pour les deux alternances de courant.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45$ ms est la valeur normalisée, $\tau = 60$ ms, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 2b – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 60$ ms

$\tau = 60$ ms	Major loop				Minor loop			
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
8,3 < t ≤ 18,5	1,66	12,0	59,8	82,8	0,24	4,0	73,4	64,7
18,5 < t ≤ 36,0	1,50	11,0	45,7	91,0	0,42	5,0	55,0	81,1
36,0 < t ≤ 53,0	1,38	10,5	34,8	95,3	0,57	6,0	41,4	89,2
53,0 < t ≤ 70,0	1,29	10,0	26,4	97,6	0,67	6,5	31,2	93,6
70,0 < t ≤ 87,0	1,22	9,5	20,1	98,9	0,75	7,0	23,5	96,2
87,0 < t ≤ 104,0	a	a	a	a	a	a	a	a

\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current
 Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms)
 Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms)
 τ system circuit time constant
 All values in this table have been calculated with a protection relay time of 8,3 ms.

^a Test duty T100a is not applicable, asymmetry level lower than 20% for both current loops.
 NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1.
 NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.

Tableau 2c – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 75 \text{ ms}$

$\tau = 75 \text{ ms}$	Grande alternance				Petite alternance			
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%
8,3 < t ≤ 18,5	1,72	12,5	66,1	77,4	0,20	3,5	78,2	59,5
18,5 < t ≤ 36,0	1,57	11,5	53,2	86,6	0,36	4,5	62,1	76,2
36,0 < t ≤ 53,0	1,46	11,0	42,8	91,9	0,49	6,0	49,5	85,1
53,0 < t ≤ 70,0	1,37	10,5	34,4	95,1	0,59	6,0-	39,5	90,5
70,0 < t ≤ 87,0	1,29	10,0	27,6	97,1	0,67	6,5	31,5	93,8
87,0 < t ≤ 104,0	1,24	9,5	22,2	98,3	0,74	7,0	25,2	95,9

\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique
 Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms)
 Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms)
 τ constante de temps du réseau

Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 8,3 ms.

NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45 \text{ ms}$ est la valeur normalisée, $\tau = 60 \text{ ms}$, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.

NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.

Table 2c – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 75$ ms

$\tau = 75$ ms	Major loop				Minor loop				
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%	
8,3 < $t \leq$ 18,5	1,72	12,5	66,1	77,4	0,20	3,5	78,2	59,5	
18,5 < $t \leq$ 36,0	1,57	11,5	53,2	86,6	0,36	4,5	62,1	76,2	
36,0 < $t \leq$ 53,0	1,46	11,0	42,8	91,9	0,49	6,0	49,5	85,1	
53,0 < $t \leq$ 70,0	1,37	10,5	34,4	95,1	0,59	6,0-	39,5	90,5	
70,0 < $t \leq$ 87,0	1,29	10,0	27,6	97,1	0,67	6,5	31,5	93,8	
87,0 < $t \leq$ 104,0	1,24	9,5	22,2	98,3	0,74	7,0	25,2	95,9	
<p>\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms) Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms) τ system circuit time constant All values in this table have been calculated with a protection relay time of 8,3 ms.</p>									
<p>NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1. NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.</p>									

**Tableau 2d – Paramètres de la dernière alternance de courant pour une opération à 60 Hz
applicables à la séquence d'essais de court-circuit T100a
 $\tau = 120 \text{ ms}$**

$\tau = 120 \text{ ms}$	Grande alternance				Petite alternance				
	Durée minimale d'interruption	\hat{i}	Δt_1	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)	\hat{i}	Δt_2	Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant	di/dt correspondant au zéro du courant (pourcentage du di/dt du courant symétrique assigné)
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%	
$8,3 < t \leq 18,5$	1,81	13,5	76,9	65,6	0,13	2,5	86,0	49,1	
$18,5 < t \leq 36,0$	1,70	12,5	67,2	75,5	0,24	3,5	74,6	65,0	
$36,0 < t \leq 53,0$	1,61	12,0	58,6	82,3	0,34	4,5	64,7	74,9	
$53,0 < t \leq 70,0$	1,53	11,5	51,1	87,1	0,42	5,0	56,2	81,5	
$70,0 < t \leq 87,0$	1,46	11,0	44,6	90,5	0,50	5,5	48,8	86,2	
$87,0 < t \leq 104,0$	1,41	10,5	38,8	93,1	0,57	6,0	42,4	89,6	
<p>\hat{i} valeur en p.u. du courant crête en fonction du courant crête de court-circuit symétrique Δt_1 durée de la grande alternance (arrondie à 0,5 ms) Δt_2 durée de la petite alternance (arrondie à 0,5 ms) τ constante de temps du réseau</p> <p>Toutes les valeurs de ce tableau ont été calculées avec un temps du relais de protection de 8,3 ms.</p> <p>NOTE 1 La constante de temps du réseau $\tau = 45 \text{ ms}$ est la valeur normalisée, $\tau = 60 \text{ ms}$, 75 ms et 120 ms sont les constantes de temps applicables à des conditions particulières telles qu'indiquées en 4.1.</p> <p>NOTE 2 Si la durée d'arc minimale obtenue durant les essais est différente de la valeur déclarée par le constructeur et que la durée d'arc minimale réelle fait en sorte que la classe de durée d'interruption minimale est différente (interruption sur une autre alternance de courant) alors il peut s'avérer nécessaire de répéter l'essai avec des valeurs d'alternance de courant appropriées. Si une répétition est nécessaire, la remise en état du disjoncteur selon 6.102.9.5 de la CEI 62271-100 ou l'utilisation d'un spécimen d'essais supplémentaire selon 6.102.2 de la CEI 62271-100 sont permis.</p>									

Table 2d – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a
 $\tau = 120$ ms

$\tau = 120$ ms	Major loop				Minor loop				
	Minimum clearing time	\hat{i}	Δt_1	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)	\hat{i}	Δt_2	Percentage of asymmetry level at current zero	Corresponding di/dt at current zero (percentage of the di/dt of the rated symmetrical current)
ms	p.u.	ms	%	%	p.u.	ms	%	%	
8,3 < t ≤ 18,5	1,81	13,5	76,9	65,6	0,13	2,5	86,0	49,1	
18,5 < t ≤ 36,0	1,70	12,5	67,2	75,5	0,24	3,5	74,6	65,0	
36,0 < t ≤ 53,0	1,61	12,0	58,6	82,3	0,34	4,5	64,7	74,9	
53,0 < t ≤ 70,0	1,53	11,5	51,1	87,1	0,42	5,0	56,2	81,5	
70,0 < t ≤ 87,0	1,46	11,0	44,6	90,5	0,50	5,5	48,8	86,2	
87,0 < t ≤ 104,0	1,41	10,5	38,8	93,1	0,57	6,0	42,4	89,6	
\hat{i} p.u. value of the peak current related to the peak value of the symmetrical short-circuit current Δt_1 duration of major loop (rounded to 0,5 ms) Δt_2 duration of minor loop (rounded to 0,5 ms) τ system circuit time constant All values in this table have been calculated with a protection relay time of 8,3 ms.									
NOTE 1 The system circuit time constant $\tau = 45$ ms is the standard time constant, $\tau = 60$ ms, 75 ms and 120 ms are the special case time constants according to 4.1. NOTE 2 If the minimum arcing time obtained during test is different from the value declared by the manufacturer and if the real minimum arcing time leads to another minimum clearing time class (interruption to another current loop), then it could be necessary to repeat the test with the appropriate current loop values. If a repetition is necessary, reconditioning of the circuit-breaker according to 6.102.9.5 of IEC 62271-100 or the use of an additional test sample according to 6.102.2 of IEC 62271-100 are permitted.									

4.3 Démonstration des durées d'arc lors d'essais monophasés en substitution d'essais triphasés pour les systèmes à neutre directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour la séquence d'essais T100a

Ce paragraphe a été introduit comme une alternative à 6.102.10.2.2.2 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Voir 6.106.5 de la CEI 62271-100.

La procédure permettant d'obtenir les trois manœuvres de coupure valables est la même que celle décrite pour les systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre, avec les modifications suivantes:

Il convient que la durée d'arc maximale requise soit

$$t_{\text{arc max}} \geq t_{\text{arc min}} + \Delta t_1 - T \times \frac{d\alpha}{360^\circ}$$

où Δt_1 est donné dans les tableaux 1 et 2.

La figure 4 donne un exemple graphique des trois manœuvres de coupure valables.

4.4 Composante apériodique du courant coupé en court-circuit

Ce paragraphe a été introduit comme une alternative à 6.104.4 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale à ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Pour les disjoncteurs dont la durée d'ouverture est telle que la composante apériodique ne peut être contrôlée, par exemple les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant et préparés pour l'essai comme indiqué en 6.102.3, la composante apériodique peut être supérieure à celle spécifiée pour les séquences d'essais T10, T30, T60 et T100s de 6.106 de la CEI 62271-100.

Ces disjoncteurs sont considérés comme ayant satisfait la séquence d'essais T100a si les critères d'asymétrie définis à l'article 5 sont satisfaits.

4.5 Séquence d'essais T100a

Ce paragraphe a été introduit comme une variante au 6.106.5 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

La séquence d'essais T100a ne s'applique qu'aux disjoncteurs pour lesquels l'intervalle de temps qui est égal à la durée d'ouverture minimale T_{op} du disjoncteur, déclarée par le constructeur, plus la durée du relais de protection, est tel que la composante apériodique à l'instant de séparation des contacts est supérieure à 20 %. La composante c.c. à la séparation des contacts est déterminée par l'équation suivante:

$$\% dc = 100 \times e^{-\frac{(T_{op} + T_r)}{\tau}}$$

4.3 Demonstration of arcing times during single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3) for test-duty T100a

This subclause has been introduced as an alternative to 6.102.10.2.2.2 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

See 6.106.5 of IEC 62271-100.

The procedure to obtain the three valid breaking operations is the same as the one described for non-solidly earthed neutral systems, with the following modifications:

The required maximum arcing time should be

$$t_{\text{arc max}} \geq t_{\text{arc min}} + \Delta t_1 - T \times \frac{d\alpha}{360^\circ}$$

where Δt_1 is given in tables 1 and 2.

Figure 4 gives a graphical example of the three valid breaking operations.

4.4 DC component of short-circuit breaking current

This subclause has been introduced as an alternative to 6.104.4 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

For circuit-breakers which operate in opening times preventing the control of the d.c. component, for example self-tripping circuit-breakers when in a condition for test as set out in 6.102.3 of IEC 62271-100, the d.c. component may be greater than that specified for test-duties T10, T30, T60 and T100s of 6.106 of IEC 62271-100.

Circuit-breakers should be considered to have satisfied test-duty T100a if the asymmetry criteria defined in clause 5 are fulfilled.

4.5 Test-duty T100a

This subclause has been introduced as an alternative to 6.106.5 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

Test-duty T100a is only applicable when the minimum opening time T_{op} of the circuit-breaker, as stated by the manufacturer, plus the relay time is such that the d.c. component at the instant of contact separation is greater than 20 %. The d.c. component at contact separation is determined by the following equation:

$$\% dc = 100 \times e^{\frac{-(T_{\text{op}} + T_r)}{\tau}}$$

où

$\% dc$ est le pourcentage de la composante c.c. à la séparation des contacts;

T_{op} est la durée d'ouverture minimale déclarée par le constructeur;

T_r est la durée du relais de protection (0,5 cycle; 10 ms pour 50 Hz et 8,3 ms pour 60 Hz);

τ est la constante de temps c.c. du pouvoir de coupure assigné en court-circuit (45 ms, 60 ms, 75 ms ou 120 ms; voir 4.1).

La séquence d'essais T100a se compose de trois manœuvres d'ouverture avec des intervalles de temps en accord avec 6.105.1 de la CEI 62271-100, à 100 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec les critères d'asymétrie donnés à l'article 6 et des tensions transitoires de rétablissement et à fréquence industrielle telles que spécifiées en 6.104.5.2 et 6.104.7 de la CEI 62271-100 (voir également 6.104.6 de la CEI 62271-100 et l'annexe A de ce rapport technique; pour les références aux tableaux, voir 6.106.4 de la CEI 62271-100).

De plus, selon les paramètres d'essais qui sont obtenus, un essai individuel peut couvrir plusieurs valeurs assignées si les critères d'asymétrie pour chacune des valeurs assignées avec leurs tolérances respectives sont rencontrés.

5 Critères d'asymétrie

Il est recommandé d'obtenir les critères d'asymétrie suivants lorsqu'on effectue T100a:

- amplitude de la dernière alternance de courant;
- durée de la dernière alternance de courant;
- niveau d'asymétrie au zéro de courant (paramètre contrôlant le di/dt et les paramètres de la TTR qui suit).

Il convient que plusieurs paramètres d'essais soient simultanément reproduits lors de T100a de façon à obtenir une coupure valable. Ces critères sont différents selon que les essais sont réalisés avec un circuit d'essais direct ou par une méthode d'essais synthétiques.

Il convient que le pourcentage de la composante c.c. présumée au zéro du courant soit calculé à partir du pourcentage de la composante c.c. à la séparation des contacts durant l'essai et à partir de la constante de temps c.c. du circuit d'essais. La constante de temps du circuit d'essais est à mesurer à partir d'un oscillogramme obtenu lors de l'essai de calibration du courant présumé dans la région correspondante à l'instant de séparation des contacts. Il convient également que l'instant d'établissement du court-circuit durant les essais réels et durant l'essai de calibration du courant présumé soient comparables ($\pm 10^\circ$).

Pour l'essai de calibration du courant présumé, il est nécessaire de prolonger la durée du courant par au moins une alternance de courant additionnelle de façon à pouvoir mesurer précisément le niveau d'asymétrie présumé au zéro du courant anticipé.

NOTE Le pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant durant les essais réels peut aussi être calculé par l'équation suivante:

$$p_0 = p_{cs} \times e^{\left(\frac{t_a}{\tau}\right)}$$

où

p_0 est le niveau d'asymétrie au zéro du courant durant l'essai réel;

p_{cs} est le niveau d'asymétrie mesuré à la séparation des contacts durant l'essai réel;

t_a est la durée d'arc;

τ est la constante de temps c.c. du circuit d'essais mesurée lors de l'essai de calibration du courant présumé.

where

$\% dc$ is the percentage of d.c. component at contact separation;

T_{op} is the minimum opening time declared by the manufacturer;

T_r is the relay time (0,5 cycle; 10 ms for 50 Hz and 8,3 ms for 60 Hz);

τ is the d.c. time constant of the rated short circuit current (45 ms, 60 ms, 75 ms or 120 ms; see 4.1).

Test-duty T100a consists of three opening operations at intervals in accordance with 6.105.1 of IEC 62271-100 at 100 % of the rated short-circuit breaking current with the required asymmetry criteria given in clause 6 and the prospective transient and power frequency recovery voltages as specified in 6.104.5.2 and 6.104.7 of IEC 62271-100 (see also 6.104.6 of IEC 62271-100 and annex A of this technical report; for table references see 6.106.4 of IEC 62271-100).

Moreover, depending on the actual test parameters, an individual test may cover several ratings if the applicable asymmetry criteria for each rating with their associated tolerances are met.

5 Asymmetry criteria

The following asymmetry criteria should be fulfilled when performing T100a:

- last current loop amplitude;
- last current loop duration;
- asymmetry level at current zero (parameter controlling the di/dt and the following TRV parameters).

Several test parameters should be simultaneously reproduced during T100a in order to obtain a valid interruption. These criteria are different depending on, whether the tests are performed with a direct test circuit or with a synthetic test method.

The prospective percentage d.c. component at current zero should be calculated from the percentage d.c. component at contact separation during the test and from the d.c. time constant of the test circuit. The d.c. time constant of the test circuit should be measured from the oscillogram of a prospective current calibration test in the region corresponding to the instant of contact separation. The instant of initiation of the short circuit during the actual tests and during the prospective current calibration test should be comparable (within $\pm 10^\circ$).

For the prospective current calibration test, it is necessary to extend the duration of the current by at least an extra current loop in order to be able to measure accurately the prospective asymmetry level at the predicted current zero.

NOTE The percentage of asymmetry level at current zero during actual tests can also be calculated by the following formula:

$$p_0 = p_{cs} \times e^{\left(-\frac{t_a}{\tau}\right)}$$

where

p_0 is the asymmetry level at current zero during the actual test;

p_{cs} is the asymmetry level at contact separation measured during the actual test;

t_a is the racing time;

τ is the d.c. time constant of the test circuit measured during the prospective current calibration test.

Les critères d'asymétrie applicables pour chaque méthode particulière d'essais sont décrits en 5.1 et 5.2.

5.1 Essais directs

5.1.1 Essais en monophasé

5.1.1.1 Amplitude du courant d'essais et durée de la dernière alternance de courant

Il est recommandé d'obtenir les critères donnés en 4.2 b).

Le disjoncteur peut modifier la forme de la dernière alternance de courant au-delà des critères donnés en 4.2 b). Pour de tels cas, il convient de déterminer préalablement la forme de l'alternance du courant présumé à partir d'un essai de calibration du courant présumé. L'essai est considéré valable si l'instant d'établissement du courant est à l'intérieur d'un intervalle de $\pm 10^\circ$ par rapport à celui obtenu durant l'essai de calibration du courant présumé.

5.1.1.2 Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant

Il convient que le pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant soit égal ou inférieur (voir note 1) à ceux donnés aux tableaux 1 et 2.

Si le pourcentage de la composante c.c. au zéro du courant dans une opération d'ouverture est supérieure (voir note 1) à la valeur spécifiée, le disjoncteur est réputé avoir satisfait la séquence d'essais T100a pour autant que la moyenne des pourcentages de la composante c.c. au zéro du courant obtenus lors des opérations d'ouverture pour la séquence d'essais n'excède pas la valeur spécifiée du pourcentage de la composante c.c. au zéro du courant. Dans aucun des essais de la séquence d'essais, la composante c.c. au zéro du courant n'est supérieure à 110 % de la valeur spécifiée.

NOTE 1 Le niveau d'asymétrie au zéro du courant contrôle le di/dt et la TTR résultants. Un niveau d'asymétrie inférieur au zéro du courant produit un di/dt supérieur ainsi qu'une amplitude et un du/dt supérieurs de la TTR. Une tolérance de -5% est donnée au tableau B.1.

NOTE 2 Il peut être difficile de mesurer avec une précision suffisante le niveau d'asymétrie au zéro du courant car le disjoncteur peut modifier la forme de la dernière alternance de courant. Le niveau d'asymétrie au zéro du courant peut être déterminé à partir des résultats obtenus d'un essai précédent de calibration du courant présumé. L'essai est réputé valable si l'instant de l'établissement du courant est à l'intérieur d'un intervalle de $\pm 10^\circ$ par rapport à celui obtenu lors de l'essai de calibration du courant présumé.

5.1.2 Essais en triphasé

5.1.2.1 Amplitude du courant d'essais et durée de la dernière alternance de courant

Les critères donnés en 4.2 b) pour les essais en monophasé s'appliquent aussi à la phase ayant le niveau d'asymétrie maximal (grande alternance ou grande alternance allongée). L'amplitude et la durée des alternances de courant dans les deux autres phases sont automatiquement rencontrées à l'intérieur de tolérances raisonnables.

NOTE Il convient que la durée présumée de la grande alternance allongée soit déterminée à partir d'un essai de calibration du courant présumé. Il est recommandé que la durée de la grande alternance de courant obtenue lors de l'essai de calibration du courant présumé et qui sera allongée durant l'essai de coupure réel soit à l'intérieur des limites données en 4.2 b). Si la durée de cette alternance rencontre les critères donnés en 4.2 b) alors la durée résultante de la grande alternance allongée durant l'essai de coupure réel est automatiquement rencontrée à l'intérieur de tolérances raisonnables.

Le disjoncteur peut modifier la forme de la dernière alternance de courant au-delà des critères donnés en 4.2 b). Pour de tels cas, il convient que la forme de l'alternance du courant présumé soit préalablement déterminée à partir d'un essai de calibration du courant présumé. L'essai est considéré valable si l'instant d'établissement du courant est à l'intérieur d'un intervalle de $\pm 10^\circ$ par rapport à celui obtenu durant l'essai de calibration du courant présumé.

The applicable asymmetry criteria for each particular test method are described in 5.1 and 5.2.

5.1 Direct tests

5.1.1 Single-phase tests

5.1.1.1 Test current amplitude and last current loop duration

The criteria given in item b) of 4.2 should be met.

The circuit-breaker may modify the last current loop shape beyond the criteria given in item b) of 4.2. In such cases, the prospective current loop shape should be determined from a previous prospective current calibration test. The test is considered to be valid if the moment of current initiation is within $\pm 10^\circ$ of that obtained during the prospective current calibration test.

5.1.1.2 Percentage of asymmetry level at current zero

The percentage of asymmetry level at current zero should be equal to or less than (see note 1) those given in tables 1 and 2.

If the percentage of d.c. component at current zero in one opening operation is higher (see note 1) than the specified value, the circuit-breaker should be considered to have satisfied test-duty T100a provided that the average of the percentage of d.c. components at current zero of the opening operations of the test-duty does not exceed the specified percentage d.c. component at current zero. In any one test of the test-duty, the d.c. component at current zero should not be higher than 110 % of the specified value.

NOTE 1 The asymmetry level at current zero is controlling the resultant di/dt and TRV. A lower asymmetry level at current zero gives higher di/dt and higher TRV amplitude and du/dt . A tolerance of -5% is given in table B.1.

NOTE 2 The asymmetry level at current zero can be difficult to be measured with sufficient accuracy since the circuit-breaker may modify the last loop current shape. The asymmetry level at current zero can be determined with the results obtained from a previous prospective current calibration test. The test is considered to be valid if the moment of current initiation is within $\pm 10^\circ$ of that obtained during the prospective current calibration test.

5.1.2 Three-phase tests

5.1.2.1 Test current amplitude and last current loop duration

The criteria given in item b) of 4.2 for single-phase tests apply also to the phase having the maximum asymmetry level (major loop or extended major loop). The resultant amplitude and duration of the current loops in the other two phases are automatically met within reasonable tolerances.

NOTE The prospective duration of the extended major loop should be determined from the prospective current calibration test. The duration of the major current loop during the prospective current calibration test that will be extended during the actual breaking test should be within the limits given in item b) of 4.2. If the duration of that loop meet the criteria given in item b) of 4.2 then the duration of the extended major loop during the actual breaking test is automatically met within reasonable tolerances.

The circuit-breaker may modify the last current loop shape beyond the criteria given in item b) of 4.2. In such cases, the prospective current loop shape should be determined from a previous prospective current calibration test. The test is considered to be valid if the moment of current initiation is within $\pm 10^\circ$ of that obtained during the prospective current calibration test.

5.1.2.2 Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant

Il convient que le pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant pour la phase ayant le niveau d'asymétrie maximal soit égal ou inférieur (voir note 1) à ceux donnés aux tableaux 1 et 2. Les niveaux d'asymétrie résultant dans les deux autres phases sont automatiquement rencontrés.

Pour l'essai de calibration du courant, il est recommandé de prolonger la durée du courant par au moins une alternance de courant additionnelle de façon à pouvoir mesurer précisément le niveau d'asymétrie présumé au zéro du courant anticipé.

Si le pourcentage de la composante c.c. au zéro du courant dans une opération d'ouverture est supérieure (voir note 1) à la valeur spécifiée, le disjoncteur est réputé avoir satisfait la séquence d'essais T100a pour autant que la moyenne des pourcentages de la composante c.c. au zéro du courant obtenus lors des opérations d'ouverture pour la séquence d'essais n'excède pas la valeur spécifiée du pourcentage de la composante c.c. au zéro du courant. Il convient que la composante c.c. au zéro de courant ne soit supérieure à 110 % de la valeur spécifiée dans aucun des essais de la séquence d'essais.

NOTE 1 Le niveau d'asymétrie au zéro du courant contrôle le di/dt et la TTR résultants. Un niveau d'asymétrie inférieur au zéro du courant produit un di/dt supérieur ainsi qu'une amplitude et un dI/dt supérieurs de la TTR. Une tolérance de –5 % est donnée au tableau B.1.

NOTE 2 Il peut être difficile de mesurer avec une précision suffisante le niveau d'asymétrie au zéro du courant car le disjoncteur peut modifier la forme de la dernière alternance de courant. Le niveau d'asymétrie au zéro du courant peut être déterminé à partir des résultats obtenus d'un essai précédent de calibration du courant présumé. L'essai est réputé valable si l'instant de l'établissement du courant est à l'intérieur d'un intervalle de $\pm 10^\circ$ par rapport à celui obtenu lors de l'essai de calibration du courant présumé.

5.2 Essais synthétiques

5.2.1 Essais en monophasé

5.2.1.1 Amplitude du courant d'essais et durée de la dernière alternance de courant

Il est recommandé d'obtenir les critères donnés en 4.2 b).

NOTE Lors d'essais synthétiques avec une méthode d'injection de courant, la durée pendant laquelle l'arc n'est alimenté que par le courant injecté « t_h » (voir CEI 60427) est à considérer dans la détermination de la durée de la dernière alternance de courant.

5.2.1.2 Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant

Il n'est pas nécessaire de contrôler de façon précise le niveau d'asymétrie au zéro du courant car

- a) il convient que l'amplitude et la durée de la dernière alternance de courant satisfassent aux critères donnés en 4.2 b);
- b) le di/dt et la TTR sont contrôlés par le circuit d'essais synthétiques.

Il convient que le niveau requis d'asymétrie au zéro du courant soit utilisé pour calculer le di/dt et la TTR applicables.

Lorsqu'une méthode par injection de tension est utilisée, les critères relatifs au di/dt au zéro du courant ne sont pas pris en compte. De plus, il est recommandé de considérer les exigences de 4.2.2 de la CEI 60427

5.2.2 Essais en triphasé

5.2.2.1 Amplitude du courant d'essais et durée de la dernière alternance de courant

Les critères donnés en 4.2 b) pour les essais en monophasé s'appliquent aussi à la phase ayant le niveau d'asymétrie maximal (grande alternance ou grande alternance allongée).

5.1.2.2 Percentage of asymmetry level at current zero

The percentage of asymmetry level at current zero for the phase having the highest asymmetry level should be equal to, or less than (see note 1), those given in tables 1 and 2. The resultant asymmetry level in the two other phases are automatically met.

For the current calibration test, it is recommended the duration of the current be extended by at least an extra current loop in order to be able to measure accurately the prospective asymmetry level at the predicted current zero.

If the percentage of d.c. component at current zero in one opening operation is higher (see note 1) than the specified value, the circuit-breaker should be considered to have satisfied test-duty T100a provided that the average of the percentage of d.c. components at current zero of the opening operations of the test-duty does not exceed the specified percentage d.c. component at current zero. In any one test of the test-duty, the d.c. component at current zero should not be higher than 110 % of the specified value.

NOTE 1 The asymmetry level at current zero is controlling the resultant di/dt and TRV. A lower asymmetry level at current zero gives higher di/dt and higher TRV amplitude and du/dt . A tolerance of –5 % is given in table B.1.

NOTE 2 The asymmetry level at current zero can be difficult to be measured with sufficient accuracy since the circuit-breaker may modify the last loop current shape. The asymmetry level at current zero can be determined with the results obtained from a previous prospective current calibration test. The test is considered to be valid if the moment of current initiation is within $\pm 10^\circ$ of that obtained during the prospective current calibration test.

5.2 Synthetic tests

5.2.1 Single-phase tests

5.2.1.1 Test current amplitude and last current loop duration

The criteria given in item b) of 4.2 should be met.

NOTE During synthetic tests with a current injection method, the time during which the arc is fed only by the injected current “ t_h ” (see IEC 60427) should be considered in the determination of the last current loop duration.

5.2.1.2 Asymmetry level at current zero

It is not necessary to accurately control the asymmetry level at current zero since

- a) the last current loop amplitude and duration should fulfil the criteria given in item b) of 4.2;
- b) the di/dt and the TRV are controlled by the synthetic test circuit.

The required asymmetry level at current zero should be used to calculate the applicable di/dt and TRV.

When a voltage injection method is used, the criteria regarding the di/dt at current zero should be disregarded. Moreover, the requirements of 4.2.2 of IEC 60427 should be considered.

5.2.2 Three-phase tests

5.2.2.1 Test current and last current loop duration

The criteria given in item b) of 4.2 for single-phase tests apply also to the phase having the highest asymmetry level (major loop or extended major loop).

L'amplitude et la durée des alternances de courant dans les deux autres phases sont automatiquement rencontrées à l'intérieur de tolérances raisonnables.

Dans les cas d'essais démontrant la performance du disjoncteur pour une condition de réseau à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5), la durée requise de la grande alternance allongée est déterminée en ajoutant 1,4 ms (pour 50 Hz et 60 Hz) aux durées de la grande alternance (Δt_1) données aux tableaux 1 et 2.

Dans les cas d'essais démontrant la performance du disjoncteur pour une condition de réseau à neutre directement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,3), la durée requise de la grande alternance allongée est déterminée en ajoutant 1,0 ms (pour 50 Hz et 60 Hz) aux durées de la grande alternance (Δt_1) données aux tableaux 1 et 2.

NOTE Lors d'essais synthétiques avec une méthode d'injection de courant, il convient de considérer la durée pendant laquelle l'arc n'est alimenté que par le courant injecté « t_1 » (voir CEI 60427) dans la détermination de la durée de la dernière alternance de courant.

5.2.2.2 Pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant

Il n'est pas nécessaire de contrôler de façon précise le niveau d'asymétrie au zéro du courant car

- a) il convient que l'amplitude et la durée de la dernière alternance de courant de la phase ayant le niveau d'asymétrie maximal (grande alternance ou grande alternance allongée) satisfassent aux critères donnés en 4.2 b);
- b) le di/dt et la TTR sont contrôlés par le circuit d'essais synthétiques.

Il est recommandé d'utiliser le niveau requis d'asymétrie au zéro du courant pour calculer le di/dt et la TTR applicables.

Lorsqu'une méthode par injection de tension est utilisée, il convient que les critères relatifs au di/dt au zéro du courant soient pas pris en compte. De plus, il convient de considérer les exigences de 4.2.2 de la CEI 60427.

5.3 Procédures d'ajustement des paramètres d'essais

Plusieurs paramètres d'essais peuvent être modifiés pour rencontrer les critères d'asymétrie. Entre autres,

- a) l'amplitude et la durée de la dernière alternance du courant peuvent être ajustés par plusieurs méthodes dont
 - l'augmentation ou la diminution de la valeur efficace du courant de court-circuit utilisé lors de l'essai (à l'intérieur de $\pm 10\%$ de la valeur demandée);
 - la modification de la fréquence du courant d'essais à l'intérieur des tolérances données en 6.103.2 de la CEI 62271-100;
 - l'utilisation d'un déclenchement anticipé ou un déclenchement retardé, le déclenchement anticipé étant permis seulement si le déplacement des contacts débute après l'établissement du courant;

NOTE 1 Le déclenchement anticipé est défini comme étant l'alimentation du déclencheur d'ouverture avant le temps prévu dans des conditions de service (avant la durée minimale de fonctionnement du relais de protection: 0,5 cycle). Le déclenchement anticipé peut signifier que l'alimentation du déclencheur d'ouverture est effectuée avant l'établissement du courant. Cela est permis seulement si le déplacement des contacts débute après l'établissement du courant.

NOTE 2 Le déclenchement retardé est défini comme étant l'alimentation du déclencheur d'ouverture après le temps prévu dans des conditions de service (après la durée minimale de fonctionnement du relais de protection: 0,5 cycle).

- la modification de l'instant d'établissement du courant (composante c.c. initiale).
- b) Les paramètres de la TTR peuvent être compensés en changeant le facteur d'amplitude du circuit de réglage de la TTR. L'annexe A donne la méthode de calcul pour déterminer les paramètres de la TTR présumée durant des conditions de défauts asymétriques.

The resultant amplitude and duration of the current loops in the other two phases are automatically met within reasonable tolerances.

In cases of tests demonstrating the performance of the circuit-breaker for non-solidly earthed neutral condition (first-pole-to-clear factor of 1,5), the required duration of the extended major loop is determined by adding 1,4 ms (for 50 Hz and 60 Hz) to the major loop duration values (Δt_1) given in tables 1 and 2.

In cases of tests demonstrating the performance of the circuit-breaker for solidly earthed neutral condition (first-pole-to-clear factor of 1,3), the required duration of the extended major loop is determined by adding 1,0 ms (for 50 Hz and 60 Hz) to the major loop duration values (Δt_1) given in tables 1 and 2.

NOTE During synthetic tests with a current injection method, the time during which the arc is fed only by the injected current " t_h " (see IEC 60427) should be considered in the determination of the last current loop duration.

5.2.2.2 Asymmetry level at current zero

It is not necessary to accurately control the asymmetry level at current zero since

- a) the last current loop amplitude and duration of the phase having the highest asymmetry level (major loop or extended major loop) should fulfil the criteria given in item b) of 4.2;
- b) the di/dt and the TRV are controlled by the synthetic test circuit.

The required asymmetry level at current zero should be used to calculate the applicable di/dt and TRV.

When a voltage injection method is used, the criteria regarding the di/dt at current zero should be disregarded. Moreover, the requirements of 4.2.2 of IEC 60427 should be considered.

5.3 Adjustment measures

Several test parameters may be modified in order to fulfil the asymmetry criteria. For instance,

- a) the amplitude and the duration of the last current loop may be adjusted by several means, for example,
 - by increasing or decreasing the r.m.s. value of the short-circuit test current (within $\pm 10\%$ of the required value);
 - by changing the frequency of the test current within the tolerances given in 6.103.2 of IEC 62271-100;
 - by using pre-tripping or delayed tripping; pre-tripping being only allowed if the contact system starts to move after current initiation;

NOTE 1 Pre-tripping is defined to be the energization of the opening release before what is expected in service conditions (before the minimum relay time: 0,5 cycle). Pre-tripping may mean that the energization of the opening release is done before current initiation. This is permissible only if the contact system starts to move after current initiation.

NOTE 2 Delayed tripping is defined to be the energization of the opening release after what is expected in service conditions (after the minimum relay time: 0,5 cycle).
 - by changing the instant of current initiation (initial d.c. component).
- b) The TRV parameters may be compensated by changing the amplitude factor of the TRV shaping circuit. Annex A gives the calculation method for the determination of the applicable prospective TRV parameters under asymmetrical fault conditions.

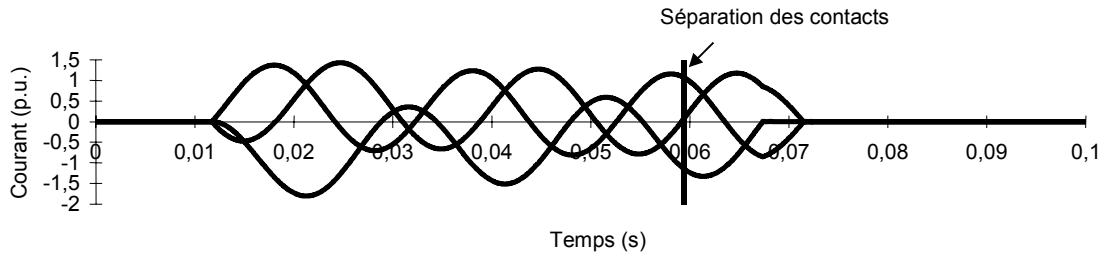


Figure 1a – Première opération valable; le premier pôle coupe sur une grande alternance avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

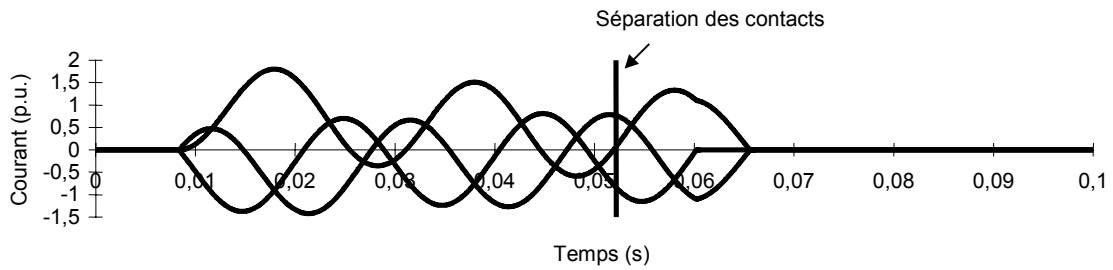


Figure 1b – Deuxième opération valable; un des derniers pôles coupe sur une grande alternance allongée avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

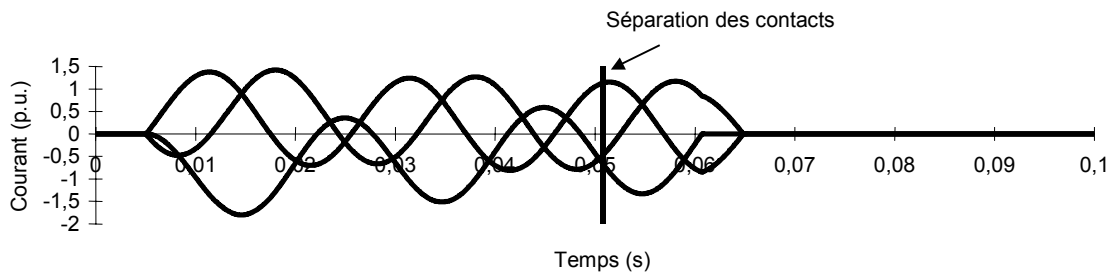


Figure 1c – Troisième opération valable; le premier pôle coupe sur une grande alternance avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

Figure 1 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en triphasé dans des systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5)

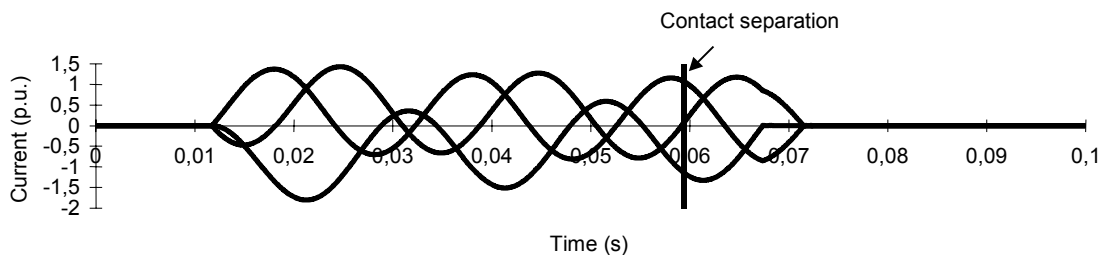


Figure 1a – First valid breaking operation; first pole-to-clear on a major loop with the required d.c. level at current zero

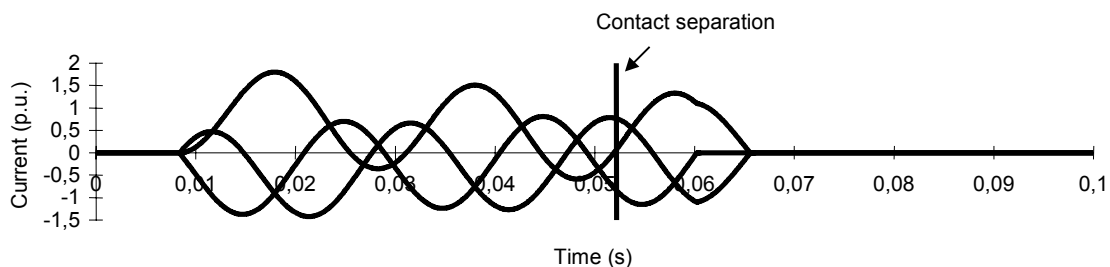


Figure 1b – Second valid breaking operation; one of the last pole-to-clear on an extended major loop with the required d.c. level at current zero

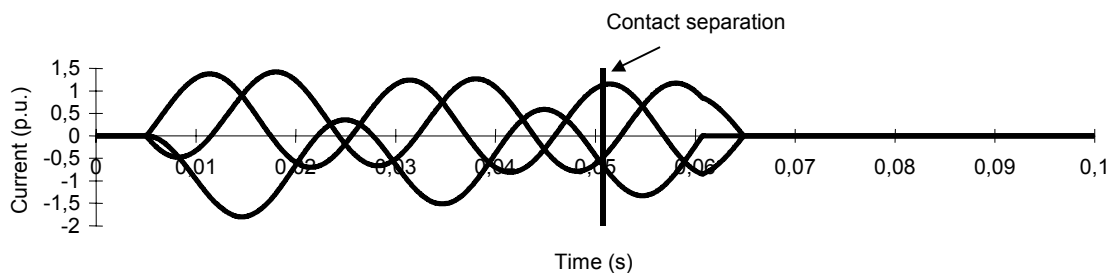


Figure 1c – Third valid breaking operation; first pole-to-clear on a major loop with the required d.c. level at current zero

Figure 1 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for three-phase tests in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5)

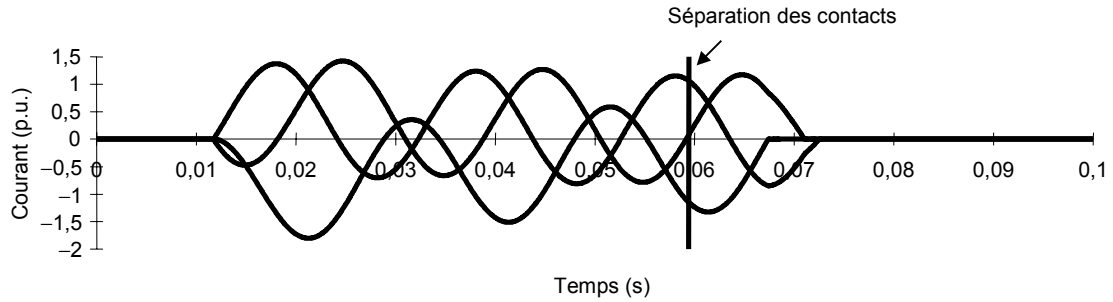


Figure 2a – Première opération valable; le premier pôle coupe sur une grande alternance avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

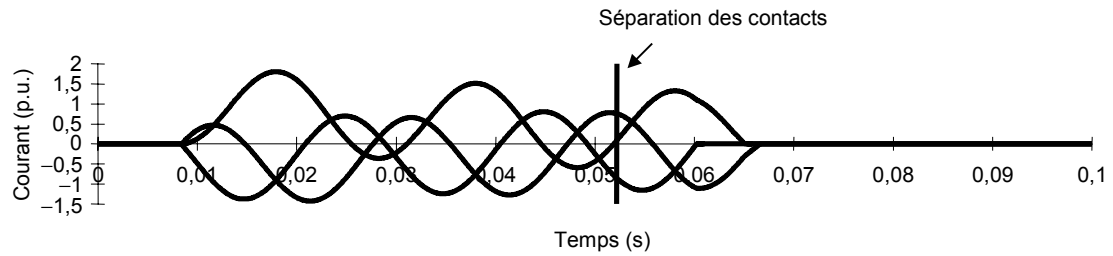


Figure 2b – Deuxième opération valable; le deuxième pôle coupe sur une grande alternance allongée avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

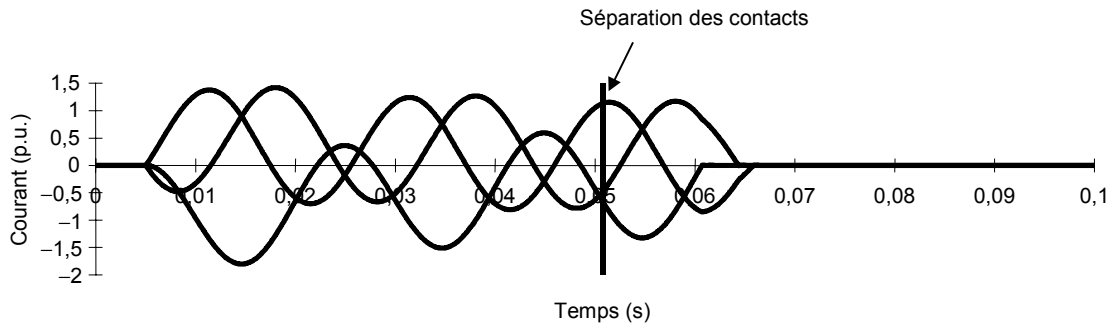


Figure 2c – Troisième opération valable; le premier pôle coupe sur une grande alternance avec le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant

Figure 2 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en triphasé dans des systèmes à neutre directement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,3)

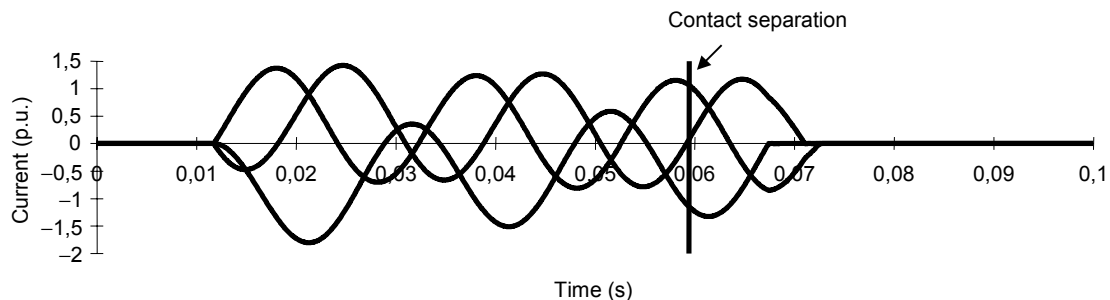


Figure 2a – First valid breaking operation; first pole-to-clear on a major loop with the required d.c. level at current zero

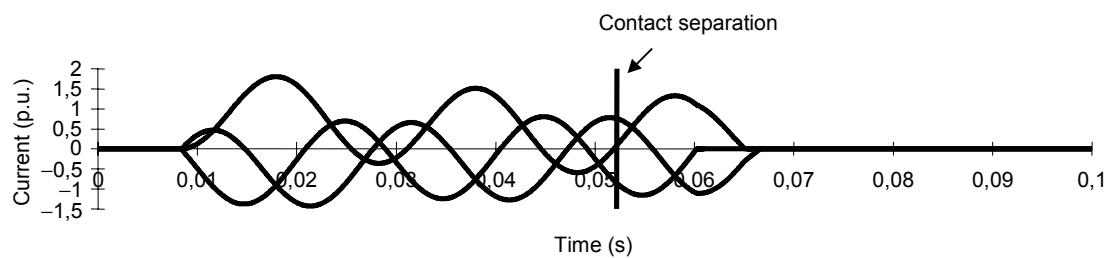


Figure 2b – Second valid operation; second pole-to-clear after an extended major loop with the required d.c. level at current zero

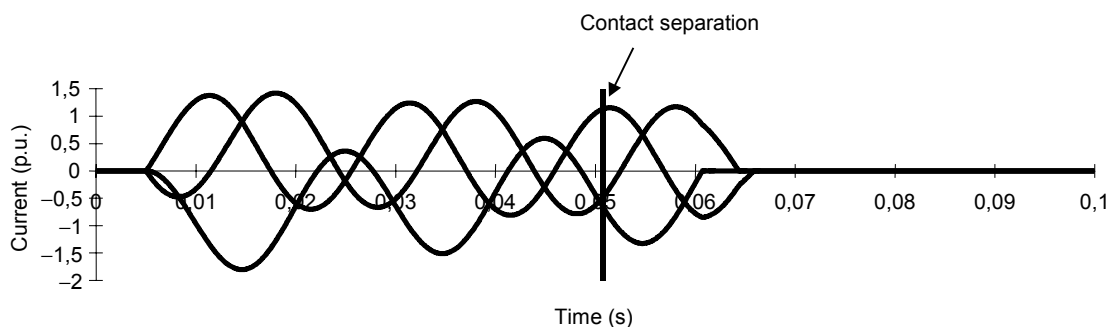


Figure 2c – Third valid breaking operation; first pole-to-clear after a major loop with the required d.c. level at current zero

Figure 2 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for three-phase tests in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3)

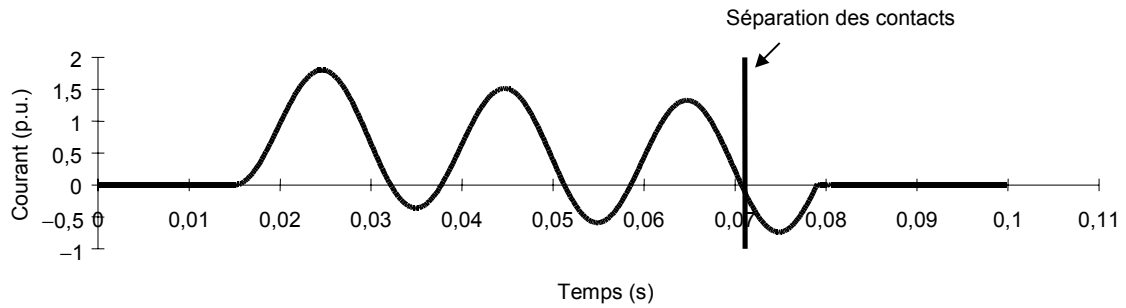


Figure 3a – Première coupure valide, durée d'arc minimale «farc min»

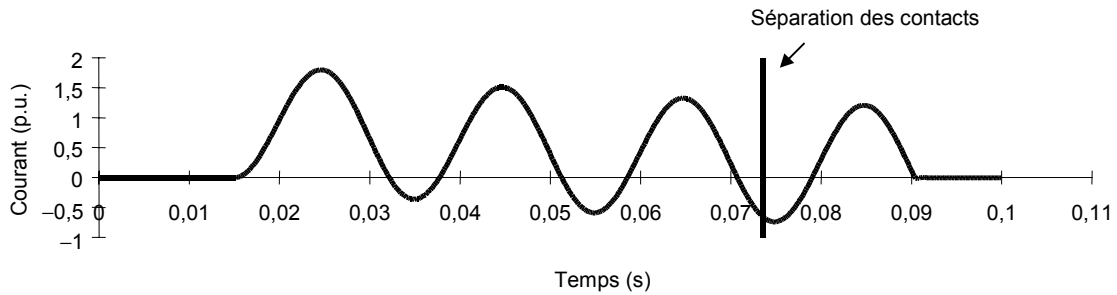


Figure 3b – Deuxième coupure valide, durée d'arc maximale «farc max»

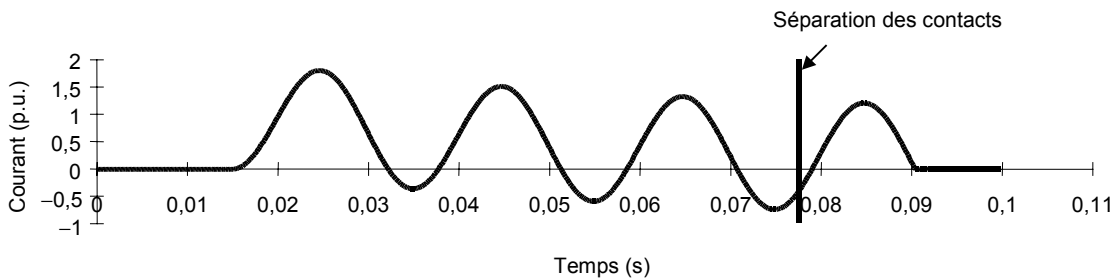


Figure 3c –Troisième coupure valide, durée d'arc moyenne «farc med»

NOTE 1 La polarité du courant peut être inversée.

NOTE 2 Il convient que l'amplitude et la durée de la dernière alternance de courant satisfassent aux critères énoncés en 4.2b)

Figure 3 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en monophasé en remplacement des conditions triphasés dans des systèmes à neutre autre que solidement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,5)

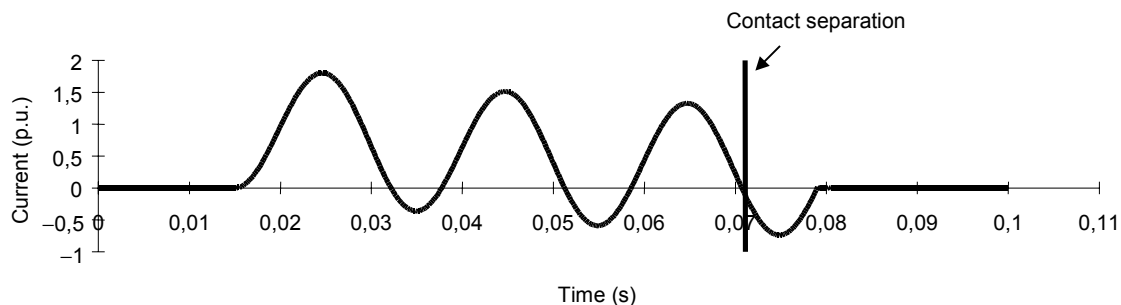


Figure 3a – First valid breaking operation, minimum arcing time “*t_{arc min}*”

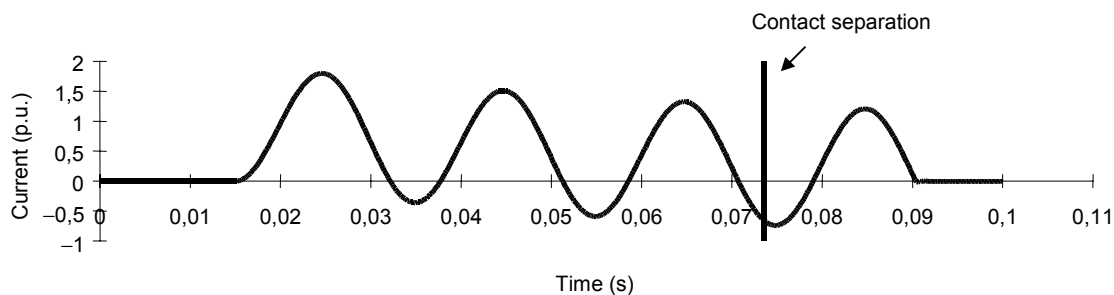


Figure 3b – Second valid breaking operation, maximum arcing time “*t_{arc max}*”

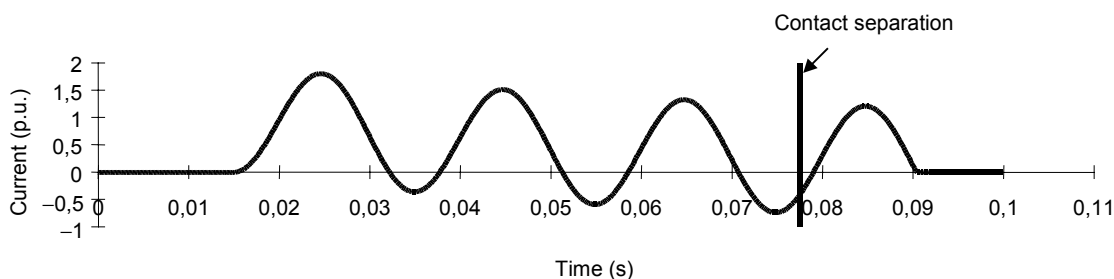


Figure 3c – Third valid breaking operation, medium arcing time “*t_{arc med}*”

NOTE 1 The polarity of the current may be reversed.

NOTE 2 The amplitude and the duration of the last current loop should meet the criteria stated in item b) of 4.2

Figure 3 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,5)

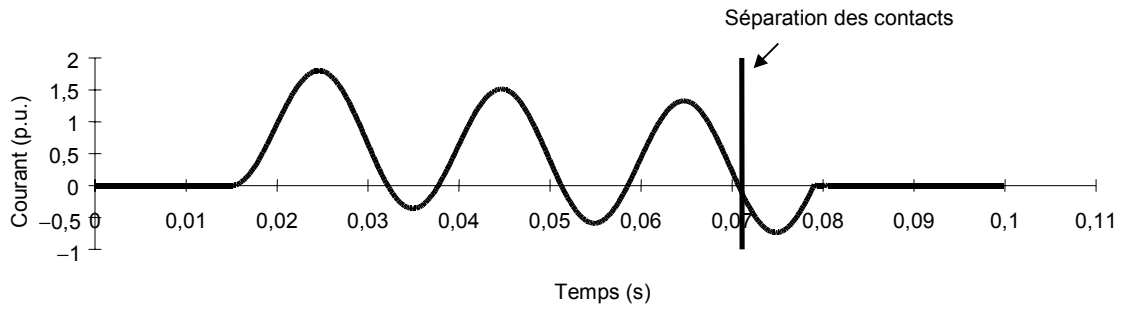


Figure 4a – Première coupure valide, durée d'arc minimale «*tarc min*»

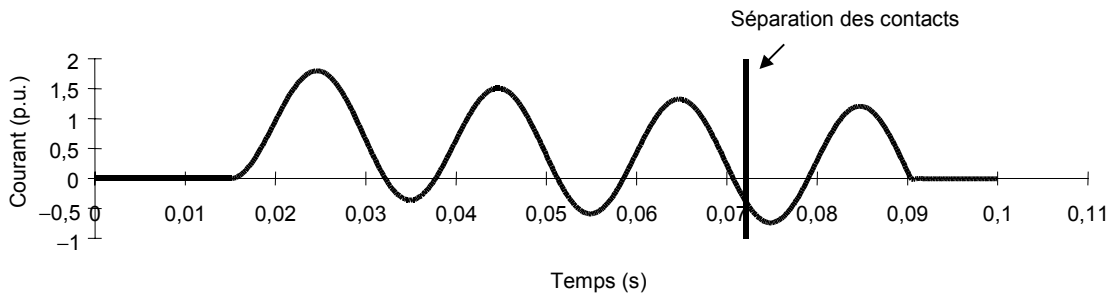


Figure 4b – Deuxième coupure valide, durée d'arc maximale «*tarc max*»

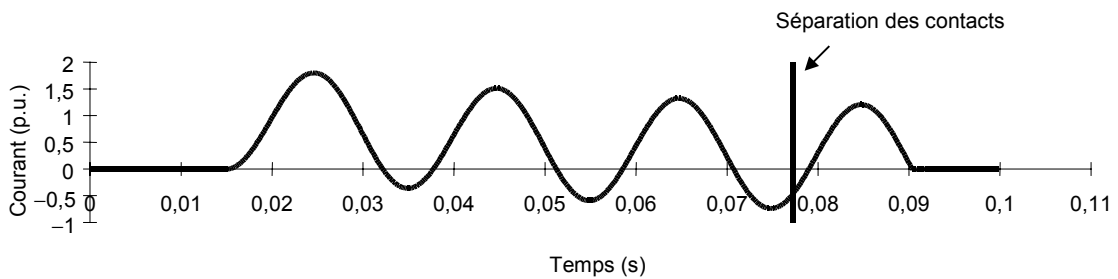


Figure 4c – Troisième coupure valide, durée d'arc moyenne «*tarc med*»

NOTE 1 La polarité du courant peut être inversée

NOTE 2 Il convient que l'amplitude et la durée de la dernière demi-alternance de courant satisfassent aux critères énoncés en 4.2b)

Figure 4 – Exemple graphique des trois coupures valables sur courant asymétrique pour des essais effectués en monophasé en remplacement des conditions triphasés dans des systèmes à neutre directement mis à la terre (facteur de premier pôle 1,3)

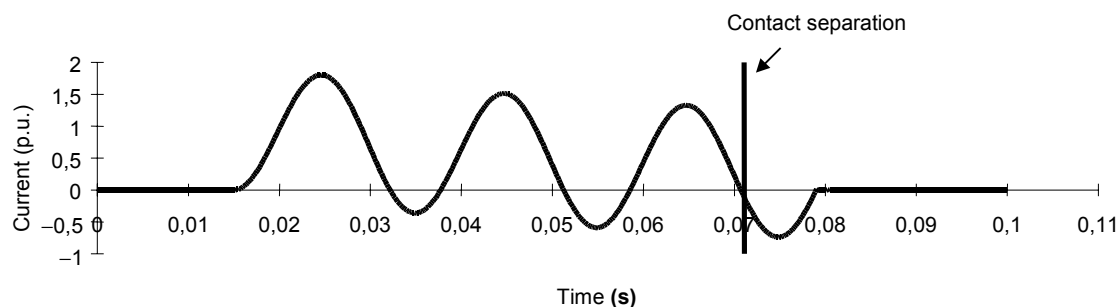


Figure 4a – First valid breaking operation, minimum arcing time “*t_{arc min}*”

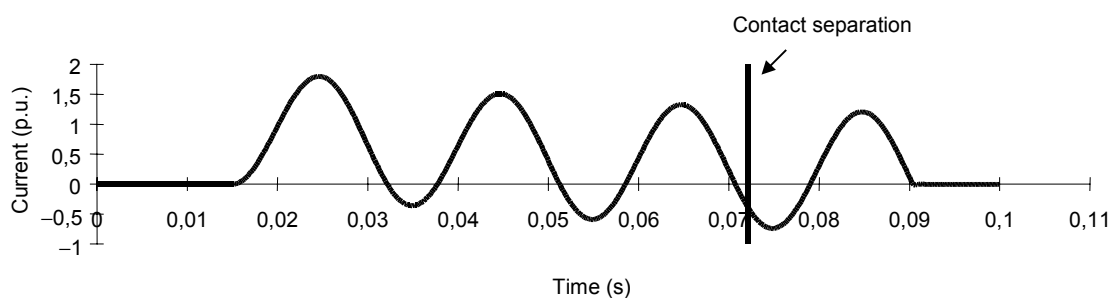


Figure 4b – Second valid breaking operation, maximum arcing time “*t_{arc max}*”

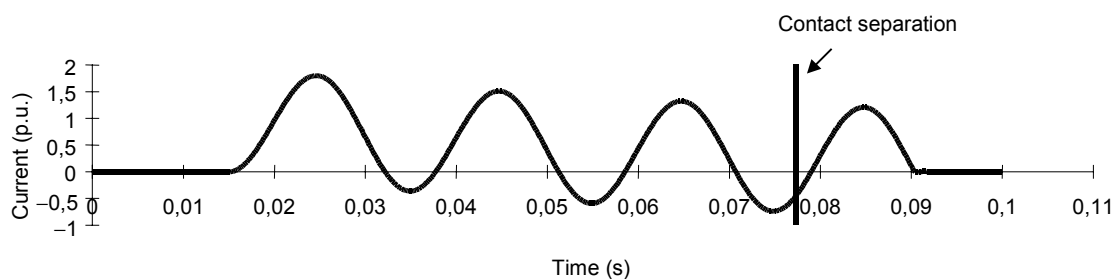


Figure 4c – Third valid breaking operation, medium arcing time “*t_{arc med}*”

NOTE 1 The polarity of the current may be reversed.

NOTE 2 The amplitude and the duration of the last current loop should meet the criteria stated in item b) of 4.2.

Figure 4 – Graphical example of the three valid asymmetrical operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first pole-to-clear factor 1,3)

Annexe A

Calcul des paramètres de la TTR durant des conditions de défauts asymétriques (T100a)

Cette annexe s'applique pour le calcul des paramètres de la TTR présumée lors de conditions de défauts asymétriques.

NOTE Le calcul présenté dans cette annexe s'applique uniquement au premier pôle qui coupe. Pour les deuxième et troisième pôles qui coupent, voir le tableau 2 de la CEI 62271-100 pour information.

Lors d'une condition de défaut asymétrique, le di/dt et la TTR résultants sont modifiés par la composante c.c. superposée au courant de défaut.

Dans le cas du di/dt , la valeur maximale est atteinte pour une condition de défaut symétrique. Durant une condition de défaut asymétrique, le di/dt est réduit et est fonction du niveau d'asymétrie au zéro du courant. Le di/dt requis au zéro du courant est calculé à partir des équations suivantes:

a) Pour la petite alternance:

$$\frac{di}{dt}(\text{p.u.})_- = \sqrt{(1-p^2)} - \frac{p}{2\pi f \tau} \quad (\text{A.1})$$

b) Pour la grande alternance:

$$\frac{di}{dt}(\text{p.u.})_+ = \sqrt{(1-p^2)} + \frac{p}{2\pi f \tau} \quad (\text{A.2})$$

où

di/dt (p.u.) di/dt en p.u. du défaut symétrique;

– est l'indice utilisé pour désigner la petite alternance;

+ est l'indice utilisé pour désigner la grande alternance;

p est le niveau d'asymétrie au zéro du courant en p.u.;

f est la fréquence (Hz);

τ est la constante de temps c.c. du courant de court-circuit (s).

Au moment de l'interruption, l'instant du zéro du courant ne correspond pas à la crête de la tension appliquée comme c'est le cas pour une condition de défaut symétrique. La composante c.c. modifie l'angle de phase entre les zéros du courant et la tension à fréquence industrielle appliquée. Les coordonnées d'amplitude de la TTR (u_1 , u_c) sont donc modifiées selon le déphasage entre l'instant du zéro du courant et la crête de la tension à fréquence industrielle appliquée.

Il convient que les coordonnées d'amplitude de la TTR (u_1 , u_c) correspondantes soient calculées avec les équations suivantes:

a) TTR à deux paramètres:

$$u_c(\text{p.u.}) = \frac{k_1 A_1}{2\pi f} \quad (\text{A.3})$$

Annex A

Calculation of the TRV parameters during asymmetrical fault condition (T100a)

This annex is applicable for the calculation of prospective TRV parameters during asymmetrical fault conditions.

NOTE The calculation shown in this annex applies only to the first pole-to-clear. For the second and third pole-to-clear, see table 2 of IEC 62271-100 for guidance.

During asymmetrical fault condition, the resultant di/dt and TRV are modified by the d.c. component superimposed on the fault current.

For the di/dt , the maximum value is reached for symmetrical fault condition. During asymmetrical fault condition, the di/dt is reduced and it is function of the asymmetry level at current zero. The required di/dt at current zero is calculated by the following equations:

a) For the minor loop:

$$\frac{di}{dt} (\text{p.u.})_- = \sqrt{(1 - p^2)} - \frac{p}{2\pi f \tau} \quad (\text{A.1})$$

b) For the major loop:

$$\frac{di}{dt} (\text{p.u.})_+ = \sqrt{(1 - p^2)} + \frac{p}{2\pi f \tau} \quad (\text{A.2})$$

where

di/dt (p.u.) di/dt in p.u. of the symmetrical fault condition;

– is the index used to designate the minor loop;

+ is the index used to designate the major loop;

p is the asymmetry level at current zero in p.u.;

f is the frequency (Hz);

τ is the d.c. time constant of the short-circuit current (s).

When the interruption occurs, the moment of current zero does not correspond with the peak of the applied voltage as is the case during symmetrical fault condition. The d.c. component modifies the phase angle between current zeros and the applied power frequency voltage. The TRV amplitude co-ordinates (u_1 , u_c) are then modified according to the phase shift between the moment of current zero and the peak of the applied power frequency voltage.

The corresponding TRV amplitude co-ordinates (u_1 , u_c) should be calculated with the following equations:

a) *Two parameter TRV:*

$$u_c (\text{p.u.}) = \frac{k_1 A_1}{2\pi f} \quad (\text{A.3})$$

et
$$k_{1-} = \sin(2\pi f t_3 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_3}{\tau}} \text{ (pour la petite alternance)} \quad (\text{A.4})$$

$$k_{1+} = \sin(2\pi f t_3 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_3}{\tau}} \text{ (pour la grande alternance)} \quad (\text{A.5})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_3)} \quad (\text{A.6})$$

où

u_c est la valeur crête de la TTR en p.u. du cas symétrique;

k_1 est la constante de calcul;

– est l'indice utilisé pour désigner la petite alternance;

+ est l'indice utilisé pour désigner la grande alternance;

A_1 est la constante de calcul;

p est le niveau d'asymétrie au zéro du courant en p.u.;

f est la fréquence (Hz);

τ est la constante de temps c.c. du courant de court-circuit (s);

t_3 est la coordonnée de temps t_3 spécifiée (s).

b) TTR à quatre paramètres:

$$u_1(\text{p.u.}) = \frac{k_1 A_1}{2\pi f} \quad (\text{A.7})$$

et
$$k_{1-} = \sin(2\pi f t_1 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_1}{\tau}} \text{ (pour la petite alternance)} \quad (\text{A.8})$$

$$k_{1+} = \sin(2\pi f t_1 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_1}{\tau}} \text{ (pour la grande alternance)} \quad (\text{A.9})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_1)} \quad (\text{A.10})$$

où

u_1 est la valeur crête de la TTR en p.u. du cas symétrique;

k_1 est la constante de calcul;

– est l'indice utilisé pour désigner la petite alternance;

+ est l'indice utilisé pour désigner la grande alternance;

A_1 est la constante de calcul;

p est le niveau d'asymétrie au zéro du courant en p.u.;

f est la fréquence (Hz);

τ est la constante de temps c.c. du courant de court-circuit (s);

t_1 est la coordonnée de temps t_1 spécifiée (s).

et
$$u_c(\text{p.u.}) = \frac{k_2 A_1}{1,4 \times 2\pi f} - \frac{k_3 A_2}{2\pi f} \quad (\text{A.11})$$

$$\text{and} \quad k_{1-} = \sin(2\pi f t_3 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_3}{\tau}} \quad (\text{for the minor loop}) \quad (\text{A.4})$$

$$k_{1+} = \sin(2\pi f t_3 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_3}{\tau}} \quad (\text{for the major loop}) \quad (\text{A.5})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_3)} \quad (\text{A.6})$$

where

u_c is the TRV peak in p.u. of the symmetrical case;

k_1 is the calculation constant;

– is the index used to designate the minor loop;

+ is the index used to designate the major loop;

A_1 is the calculation constant;

p is the asymmetry level at current zero in p.u.;

f is the frequency (Hz);

τ is the d.c. time constant of the short-circuit current (s);

t_3 is the specified t_3 time co-ordinate (s).

b) *Four parameter TRV:*

$$u_1(\text{p.u.}) = \frac{k_1 A_1}{2\pi f} \quad (\text{A.7})$$

$$\text{and} \quad k_{1-} = \sin(2\pi f t_1 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_1}{\tau}} \quad (\text{for the minor loop}) \quad (\text{A.8})$$

$$k_{1+} = \sin(2\pi f t_1 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_1}{\tau}} \quad (\text{for the major loop}) \quad (\text{A.9})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_1)} \quad (\text{A.10})$$

where

u_1 is the TRV peak in p.u. of the symmetrical case;

k_1 is the calculation constant;

– is the index used to designate the minor loop;

+ is the index used to designate the major loop;

A_1 is the calculation constant;

p is the asymmetry level at current zero in p.u.;

f is the frequency (Hz);

τ is the d.c. time constant of the short-circuit current (s);

t_1 is the specified t_1 time co-ordinate (s).

$$\text{and} \quad u_c(\text{p.u.}) = \frac{k_2 A_1}{1,4 \times 2\pi f} - \frac{k_3 A_2}{2\pi f} \quad (\text{A.11})$$

et
$$k_{2-} = \sin(2\pi f t_2 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_2}{\tau}} \text{ (pour la petite alternance)} \quad (\text{A.12})$$

$$k_{2+} = \sin(2\pi f t_2 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_2}{\tau}} \text{ (pour la grande alternance)} \quad (\text{A.13})$$

$$k_{3-} = \sin(2\pi f (t_2 - t_1) - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{(t_2 - t_1)}{\tau}} \text{ (pour la petite alternance)} \quad (\text{A.14})$$

$$k_{3+} = \sin(2\pi f (t_2 - t_1) + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{(t_2 - t_1)}{\tau}} \text{ (pour la grande alternance)} \quad (\text{A.15})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_1)} \quad (\text{A.16})$$

$$A_2 = \frac{A_1 \sin(2\pi f t_2) / 1,4 - 2\pi f}{\sin(2\pi f (t_2 - t_1))} \quad (\text{A.17})$$

où

u_c est la valeur crête de la TTR en p.u. du cas symétrique;

k_2 est la constante de calcul;

k_3 est la constante de calcul;

– est l'indice utilisé pour désigner la petite alternance;

+ est l'indice utilisé pour désigner la grande alternance;

A_1 est la constante de calcul;

A_2 est la constante de calcul;

p est le niveau d'asymétrie au zéro du courant en p.u.;

f est la fréquence (Hz);

τ est la constante de temps c.c. du courant de court-circuit (s);

t_1 est la coordonnée de temps t_1 spécifiée (s);

t_2 est la coordonnée de temps t_2 spécifiée (s).

À titre d'exemple, les paramètres suivants sont donnés:

- tension assignée du disjoncteur: 145 kV
- fréquence assignée: 50 Hz
- pouvoir de coupure assigné en court-circuit: 40 kA
- constante de temps c.c. du courant de court-circuit: 45 ms
- facteur de premier pôle: 1,3
- durée d'interruption minimale: 43 ms
- TTR assignée (cas symétrique): u_1 154 kV

$$t_1 \quad 77 \mu\text{s}$$

$$u_c \quad 215 \text{ kV}$$

$$t_2 \quad 231 \mu\text{s}.$$

$$\text{and} \quad k_{2-} = \sin(2\pi f t_2 - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{t_2}{\tau}} \quad (\text{for the minor loop}) \quad (\text{A.12})$$

$$k_{2+} = \sin(2\pi f t_2 + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{t_2}{\tau}} \quad (\text{for the major loop}) \quad (\text{A.13})$$

$$k_{3-} = \sin(2\pi f (t_2 - t_1) - a \sin(p)) + p \times e^{-\frac{(t_2-t_1)}{\tau}} \quad (\text{for the minor loop}) \quad (\text{A.14})$$

$$k_{3+} = \sin(2\pi f (t_2 - t_1) + a \sin(p)) - p \times e^{-\frac{(t_2-t_1)}{\tau}} \quad (\text{for the major loop}) \quad (\text{A.15})$$

$$A_1 = \frac{2\pi f}{\sin(2\pi f t_1)} \quad (\text{A.16})$$

$$A_2 = \frac{A_1 \sin(2\pi f t_2) / 1,4 - 2\pi f}{\sin(2\pi f (t_2 - t_1))} \quad (\text{A.17})$$

where

- u_c is the TRV peak in p.u. of the symmetrical case;
- k_2 is the calculation constant;
- k_3 is the calculation constant;
- is the indices used to designate the minor loop;
- + is the indices used to designate the major loop;
- A_1 is the calculation constant;
- A_2 is the calculation constant;
- p is the asymmetry level at current zero in p.u.;
- f is the frequency (Hz);
- τ is the d.c. time constant of the short-circuit current (s);
- t_1 is the specified t_1 time co-ordinate (s);
- t_2 is the specified t_2 time co-ordinate (s).

As an example the following parameters are considered:

- circuit-breaker rated voltage: 145 kV
- rated frequency: 50 Hz
- rated short-circuit current: 40 kA
- d.c. time constant of the short-circuit current: 45 ms
- first pole-to-clear factor: 1,3
- minimum clearing time: 43 ms
- rated TRV (symmetrical case): u_1 154 kV
- t_1 77 μ s
- u_c 215 kV
- t_2 231 μ s.

Selon le tableau 1a, les paramètres suivants sont donnés:

a) Pour la petite alternance:

pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant: 37,9 % (0,379 p.u.);

pourcentage du di/dt au zéro du courant: 89,9 % (0,899 p.u.)

b) Pour la grande alternance:

pourcentage du niveau d'asymétrie au zéro du courant: 28,9 % (0,289 p.u.);

pourcentage du di/dt au zéro du courant: 97,8 % (0,978 p.u.)

Les valeurs suivantes sont calculées à partir des équations précédentes:

$$k_{1-} = 0,02185;$$

$$k_{1+} = 0,02357;$$

$$A_1 = 12988,28;$$

$$u_{1-} = 0,90319 \text{ p.u.};$$

$$u_{1+} = 0,97426 \text{ p.u.};$$

$$k_{2-} = 0,06616;$$

$$k_{2+} = 0,07013;$$

$$k_{3-} = 0,04390;$$

$$k_{3+} = 0,04695;$$

$$A_2 = 7413,155;$$

$$u_{c-} = 0,91764 \text{ p.u.};$$

$$u_{c+} = 0,96325 \text{ p.u.};$$

De ces résultats, le di/dt et la TTR modifiés résultants à être appliqués au disjoncteur sont

a) Pour la petite alternance:

$$di/dt = 0,899 \text{ p.u.} \times 40 \text{ kA} \times \sqrt{2} \times 2 \times \pi \times f = 15,98 \text{ A}/\mu\text{s};$$

$$u_1 = 0,90319 \text{ p.u.} \times 154 \text{ kV} = 139,1 \text{ kV};$$

$$t_1 = 77 \mu\text{s};$$

$$u_1/t_1 = 1,81 \text{ kV}/\mu\text{s}$$

$$u_c = 0,91764 \text{ p.u.} \times 215 \text{ kV} = 197,3 \text{ kV};$$

$$t_2 = 231 \mu\text{s}.$$

b) Pour la grande alternance:

$$di/dt = 0,978 \text{ p.u.} \times 40 \text{ kA} \times \sqrt{2} \times 2 \times \pi \times f = 17,38 \text{ A}/\mu\text{s};$$

$$u_1 = 0,97426 \text{ p.u.} \times 154 \text{ kV} = 150,0 \text{ kV};$$

$$t_1 = 77 \mu\text{s};$$

$$u_1/t_1 = 1,95 \text{ kV}/\mu\text{s}$$

$$u_c = 0,96325 \text{ p.u.} \times 215 \text{ kV} = 207,1 \text{ kV};$$

$$t_2 = 231 \mu\text{s}.$$

Normalement, pour les essais directs, les éléments du circuit sont ajustés pour obtenir l'enveloppe assignée de la TTR et lorsque le niveau d'asymétrie demandé au zéro du courant est obtenu, alors la réduction du di/dt et des coordonnées d'amplitude de la TTR (u_1 et/ou u_c) sont automatiquement satisfaits sans le besoin d'effectuer les calculs décrits ci-dessus.

According to table 1a, the following parameters are given:

- a) For the minor loop:
percentage of asymmetry level at current zero: 37,9 % (0,379 p.u.);
percentage of di/dt at current zero: 89,9 % (0,899 p.u.)
- b) For the major loop:
percentage of asymmetry level at current zero: 28,9 % (0,289 p.u.);
percentage of di/dt at current zero: 97,8 % (0,978 p.u.)

The following values are calculated from the previous equations:

$$\begin{aligned} k_{1-} &= 0,02185; \\ k_{1+} &= 0,02357; \\ A_1 &= 12988,28; \\ u_{1-} &= 0,90319 \text{ p.u.}; \\ u_{1+} &= 0,97426 \text{ p.u.}; \\ k_{2-} &= 0,06616; \\ k_{2+} &= 0,07013; \\ k_{3-} &= 0,04390; \\ k_{3+} &= 0,04695; \\ A_2 &= 7413,155; \\ u_{c-} &= 0,91764 \text{ p.u.}; \\ u_{c+} &= 0,96325 \text{ p.u.}; \end{aligned}$$

With these results, the resultant modified di/dt and TRV to be applied to the circuit-breaker are:

- a) For the minor loop:
- $$\begin{aligned} di/dt &= 0,899 \text{ p.u.} \times 40 \text{ kA} \times \sqrt{2} \times 2 \times \pi \times f = 15,98 \text{ A}/\mu\text{s}; \\ u_1 &= 0,90319 \text{ p.u.} \times 154 \text{ kV} = 139,1 \text{ kV}; \\ t_1 &= 77 \mu\text{s}; \\ u_1/t_1 &= 1,81 \text{ kV}/\mu\text{s} \\ u_c &= 0,91764 \text{ p.u.} \times 215 \text{ kV} = 197,3 \text{ kV}; \\ t_2 &= 231 \mu\text{s}. \end{aligned}$$
- b) For the major loop:
- $$\begin{aligned} di/dt &= 0,978 \text{ p.u.} \times 40 \text{ kA} \times \sqrt{2} \times 2 \times \pi \times f = 17,38 \text{ A}/\mu\text{s}; \\ u_1 &= 0,97426 \text{ p.u.} \times 154 \text{ kV} = 150,0 \text{ kV}; \\ t_1 &= 77 \mu\text{s}; \\ u_1/t_1 &= 1,95 \text{ kV}/\mu\text{s} \\ u_c &= 0,96325 \text{ p.u.} \times 215 \text{ kV} = 207,1 \text{ kV}; \\ t_2 &= 231 \mu\text{s}. \end{aligned}$$

Normally, for direct tests, when the circuit elements are adjusted to get the rated TRV envelope, and that the required asymmetry level at current zero is obtained, the reduction of the di/dt and the TRV amplitude co-ordinates (u_1 and/or u_c) are automatically met without the need to perform the calculation described above.

Il convient d'utiliser les calculs décrits précédemment dans les cas suivants:

- pour les essais synthétiques de façon à sélectionner les composantes du circuit ainsi que la tension de charge de la batterie de condensateurs;
- pour les essais directs de façon à obtenir des tolérances plus serrées sur la TTR appliquée lors des essais;
- pour les essais directs lorsque le niveau d'asymétrie au zéro de courant est à l'extérieur des tolérances permises de façon à obtenir une TTR présumée qui est à l'intérieur des tolérances données au tableau B.1 et en 6.104.5 de la CEI 62271-100.

Pour les essais synthétiques, deux options peuvent être utilisées.

a) Circuit d'essais réglé pour obtenir la TTR assignée associée avec T100s

Dans ce cas, il est impossible de satisfaire simultanément à tous les paramètres (di/dt , u_1 et u_c) parce que ces paramètres ne varient pas linéairement avec le pourcentage d'asymétrie au zéro du courant. Il convient de régler la tension de charge du circuit synthétique pour obtenir le paramètre le plus sévère. Pour les essais sur la petite alternance, le paramètre le plus sévère est toujours u_c tandis que pour les essais sur la grande alternance, le paramètre le plus sévère est le di/dt . Dans le cas d'une méthode par injection de tension, le paramètre le plus sévère pour les essais sur la grande alternance devient u_1 .

b) Utilisation de deux circuits d'essais différents, un premier réglé pour obtenir la TTR modifiée associée aux essais sur la petite alternance et un second circuit réglé pour obtenir la TTR modifiée associée aux essais sur la grande alternance

Dans ce cas, tous les paramètres (di/dt , u_1 et u_c), comme calculés précédemment, peuvent être satisfaits simultanément.

Le choix de l'option est laissé au constructeur étant donné que l'option a) peut produire des contraintes trop sévères au disjoncteur (par exemple, pour les essais sur la grande alternance, la correction requise pour le di/dt produira une valeur u_c plus grande que requise).

The calculation described above should be used in the following cases:

- for synthetic testing in order to set the circuit components as well as the charging voltage of the capacitor bank;
- for direct testing in order to obtain a tighter tolerance on the TRV applied during tests;
- for direct testing when the asymmetry level at current zero is outside the allowable tolerances in order to obtain a prospective TRV which is within the tolerances given in table B.1 and 6.104.5 of IEC 62271-100.

For synthetic testing, two options may be used.

a) Test circuit set to obtain the rated TRV associated with T100s

In that case, it is impossible to meet simultaneously all parameters (di/dt , u_1 and u_c) since these parameters are not varying linearly with the percentage of asymmetry at current zero. The charging voltage of the synthetic circuit should be set to obtain the most onerous test parameter. For tests on the minor loop, the most onerous test parameter is always u_c while the most onerous parameter for tests on the major loop is the di/dt . In case of voltage injection test method, the most onerous test parameter for tests on major loop becomes u_1 .

b) Use two different test circuits; one circuit set to obtain the modified TRV associated with tests on the minor loop and a second circuit set to obtain the modified TRV associated with tests on the on the major loop

In this case, all required parameters (di/dt , u_1 and u_c), as calculated above, can be met simultaneously.

The choice of the option is left to the manufacturer since option a) may overstress the circuit-breaker (for example, for tests on major loop, the required correction on di/dt will produce a higher u_c than required).

Annexe B

Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type

Paragraphe	Identification de l'essai	Paramètres d'essais	Valeur d'essais spécifiée	Tolérance d'essais/limites des valeurs d'essais	Référence à
6.104.3	Courant coupé en court-circuit	Composante c.a. dans n'importe quelle phase/valeur moyenne	1	±10 %	
		Composante c.a. du courant présumé à l'extinction finale de l'arc dans le dernier pôle à interrompre	Courant coupé spécifié pour la séquence d'essais applicable	≥90 % NOTE Pour la séquence d'essais T100a, les tolérances sur la forme de la dernière alternance de courant (amplitude et durée) sont données en 4.2 b) et à l'article 5..	
6.104.4	Composante apériodique du courant coupé en court-circuit	Niveau d'asymétrie au zéro du courant	voir 4.5, 5.1.1.2 et 5.1.2.2	≤110 % de la valeur spécifiée et ≥95 % de la valeur spécifiée	
		Niveau d'asymétrie moyen au zéro du courant	voir 4.5, 5.1.1.2 et 5.1.2.2	≤100 % de la valeur spécifiée et ≥ 95 % de la valeur spécifiée	
6.106	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	Courant coupé pour T100s et T100a	100 % du courant de court-circuit assigné	+ 5 % / – 0 %; pour la séquence d'essais T100a: ±10 %	
<p>NOTE Les tolérances données dans ce tableau, sont une alternative aux valeurs correspondantes données à l'annexe B de la CEI 600056 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale à ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.</p>					

Annex B

Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerances/ limits of test values	Reference to
6.104.3	Short-circuit breaking current	AC component of any phase / average	1	±10 %	
		AC component of the prospective current at final arc extinction in last pole-to-clear	Specified breaking current for the relevant test-duty	≥90 % NOTE For test duty T100a, the tolerances on the last current loop shape (amplitude and duration) are given in item b) of 4.2 and in clause 5.	
6.104.4	DC component of short-circuit breaking current	Asymmetry level at current zero	See 4.5, 5.1.1.2 and 5.1.2.2	≤110 % of specified value and ≥95 % of the specified value	
		Average asymmetry level at current zero	See 4.5, 5.1.1.2 and 5.1.2.2	≤100 % of specified value and ≥95 % of the specified value	
6.106	Basic short-circuit test duties	Breaking current in T100s and T100a	100 % of rated short-circuit breaking current	+5 % / -0 %; for test duty T100a, ±10 %	
NOTE The tolerances given in this table are an alternative to the corresponding values given in annex B of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.					

Annexe C

Variante à C.2.5 de la CEI 62271-100

Cette annexe est donnée comme variante à l'annexe correspondante C.2.5 de la CEI 62271-100 étant donné que le concept du pourcentage d'asymétrie à la séparation des contacts est valable seulement si la constante de temps c.c. du courant de court-circuit présent (en service ou durant les essais) est égale à ou proche de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Essais d'établissement et de coupure en court-circuit

- a) séquence de manœuvres et intervalles de temps; A
- b) tension appliquée, en kV;
- c) courant établi, en kA;
- d) courant coupé:
 - i) valeur efficace de la composante c.a., en kA pour chacune des phases ainsi que la valeur moyenne;
 - ii) pourcentage de la composante c.c. à la séparation des contacts;
 - iii) constante de temps c.c. du circuit d'essais (applicable seulement pour T100a);
 - iv) composante c.c. présumée au zéro du courant (calculée à partir du pourcentage de la composante c.c. à la séparation des contacts et à partir de la constante de temps c.c. du circuit d'essais; applicable seulement pour T100a);
 - v) valeur crête dans la dernière alternance du courant (applicable seulement pour T100a pour la phase ayant la composante c.c. la plus importante);
 - vi) durée de la dernière alternance du courant (applicable seulement pour T100a pour la phase ayant la composante c.c. la plus importante et pour le premier pôle qui coupe; pour une grande alternance allongée, on indique la durée présumée de l'alternance obtenue lors de l'essai de calibration du courant présumé);
- e) tension de rétablissement à fréquence industrielle, en kV;
- f) tension transitoire de rétablissement présumée;
 - i) conformément à la prescription a) de 6.104.5.1 de la CEI 62271-100; la tension et les coordonnées de temps peuvent être indiquées;
 - ii) conformément à la prescription b) de 6.104.5.1 de la CEI 62271-100;
- g) durée d'arc, en ms;
- h) durée d'ouverture, en ms;
- i) durée de coupure, en ms;

Lorsque cela est applicable, on indique les durées de coupure jusqu'à l'instant de l'extinction de l'arc principal et jusqu'à l'instant de la coupure du courant dans la résistance.
- j) durée de fermeture, en ms;
- k) durée d'établissement, en ms;
- l) comportement du disjoncteur durant les essais, incluant lorsque cela est applicable, l'émission de flammes, gaz, huile ou l'occurrence de NSDDs, etc.;
- m) état après les essais;
- n) pièces remplacées ou remises à neuf durant les essais.

Annex C

Alternative to C.2.5 of IEC 62271-100

This annex is given as an alternative to the corresponding C.2.5 of IEC 62271-100 since the concept of percentage of asymmetry at contact separation is only valid if the d.c. time constant of the actual short-circuit current (in service or during tests) is equal or close to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current.

Short-circuit making and breaking tests

- a) operating sequence and time intervals;
- b) applied voltage, in kV;
- c) making current, in kA;
- d) breaking current:
 - i) r.m.s. value of a.c. component in kA for each phase and average;
 - ii) percentage d.c. component at contact separation;
 - iii) d.c. time constant of the test circuit (applicable only to T100a);
 - iv) prospective d.c. component at current zero (calculated from percentage of d.c. component at contact separation and from the d.c. time constant of the test circuit; applicable only to T100a);
 - v) peak current in the last current loop (applicable only to T100a for the phase having the highest d.c. component);
 - vi) loop duration of the last current loop (applicable only to T100a for the phase having the highest d.c. component and first-pole-to-clear; for extended major loop, the prospective loop duration taken from the prospective current calibration test should be given);
- e) power frequency recovery voltage, in kV;
- f) prospective transient recovery voltage;
 - i) compliance with requirement a) of 6.104.5.1 of IEC 62271-100; voltage and time co-ordinates may be quoted;
 - ii) compliance with requirement b) of 6.104.5.1 of IEC 62271-100;
- g) arcing time, in ms;
- h) opening time, in ms;
- i) break time, in ms;

Where applicable, break times up to the instant of extinction of the main arc and up to the instant of the breaking of resistance current should be given.
- j) closing time, in ms;
- k) make time, in ms;
- l) behaviour of circuit-breaker during tests, including, where applicable, emission of flame, gas, oil or occurrence of NSDDs, etc.;
- m) condition after tests;
- n) parts renewed or reconditioned during the tests.

Annexe D

Exemples d'application des critères d'asymétrie durant la séquence d'essais asymétriques

Les exemples donnés dans cette annexe sont basés sur des cas normalisés et donnent des orientations sur la façon d'utiliser les critères d'asymétrie dans un essai réel. Trois cas différents sont donnés couvrant les cas principaux qui peuvent être rencontrés dans les stations d'essais.

D.1 Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais

Tension assignée du disjoncteur:	24	kV
Facteur de premier pôle:	1,5	
Constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit:	120	ms
Constante de temps du circuit d'essais:	60	ms
Durée d'arc minimale:	7,5	ms
Durée minimale d'interruption:	40	ms
Fréquence:	50	Hz

La constante de temps du circuit d'essais est différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. La procédure d'ajustement choisie pour obtenir les paramètres requis est la méthode du déclenchement anticipé avec fermeture synchrone.

NOTE La fermeture synchrone est définie comme étant l'établissement du courant d'essai à un instant précis sur la tension appliquée de façon à varier le niveau initial d'asymétrie (composante c.c.) du courant d'essais.

Document provided by IHS Licensee=Qatar Petroleum/5943408001, 10/06/2004

Annex D

Examples for the application of the asymmetry criteria during asymmetrical test duty

The examples given in this annex are based on standardized cases and give guidelines on the use of the asymmetry criteria in an actual test. Three different cases covering the major cases that may occur in test laboratories are given.

D.1 Three-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current constant longer than the test circuit time constant

Rated voltage of the circuit-breaker:	24	kV
First pole-to-clear factor:	1,5	
Rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current:	120	ms
Test circuit time constant:	60	ms
Minimum arcing time:	7,5	ms
Minimum clearing time:	40	ms
Frequency:	50	Hz

The time constant of the test circuit differs from the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current. The adjustment method chosen in order to reach the required data is the pre-tripping method together with controlled closing.

NOTE Controlled closing means the initiation of the test current at a chosen instant on the applied voltage in order to vary the initial asymmetry level (d.c. component) of the test current.

Tableau D.1 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai triphasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus courte que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Paramètres	Exigences (valeurs calculées, des valeurs arrondies sont données aux tableaux 1c et 1d)		Paramètres d'essais obtenus avec la méthode du déclenchement anticipé et fermeture synchrone		Écart entre les valeurs requises et les valeurs d'essais %
	Grande alternance avec premier pôle qui coupe	Deuxième pôle qui coupe grande/petite alternance ^a	Grande alternance avec premier pôle qui coupe	Deuxième pôle qui coupe grande/petite alternance ^a	
Asymétrie à l'interruption du courant (%)	62,1		54,2		-13
di/dt à l'interruption du courant (%)	80,1		86,9		+8
Crête de la dernière alternance de courant (p.u.)	1,66	1,34/0,72	1,61	1,32/0,76	-3 -1,5/+5,6 ^b
Durée de la dernière alternance de courant (ms)	14,5	13,2/7,65	14,4	13,05/7,8	-2 -1/+2 ^b
Δt (ms) ^c		3		3,3	+10 %
$I \times t$ (p.u. ms)	24,07		23,18		-3,7%

^a Valeurs calculées pour un système à neutre autre que solidement mis à la terre à partir d'un logiciel de calcul de réseaux (voir note).
^b Deuxième pôle qui coupe.
^c Δt est l'intervalle de temps entre le premier pôle qui coupe et le dernier pôle qui coupe.

Résultat: Il est possible de satisfaire aux exigences en utilisant le déclenchement anticipé et la fermeture synchrone. La TTR et le di/dt seront supérieurs aux valeurs requises mais sont encore à l'intérieur des tolérances données. La durée d'arc pour le deuxième pôle qui coupe sera légèrement plus longue que celle requise. Les paramètres d'essais couvrent donc les valeurs demandées. Des tolérances plus serrées peuvent être obtenues en changeant le courant d'essais et/ou le facteur d'amplitude de la TTR. Les résultats sont illustrés à la figure D.1.

NOTE La façon recommandée (façon la plus facile) de calculer les paramètres requis pour les formes d'onde triphasées ou monophasés est d'utiliser un logiciel de calcul de réseaux tels que EMTP, MATHLAB, etc. Les paramètres requis pour les formes d'onde peuvent aussi être calculés à la main en utilisant les équations classiques applicables à un courant de court-circuit triphasé ou monophasé.

Table D.1 – Example showing the test parameters obtained during a three-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current

Parameters	Requirements (calculated values, rounded values are given in tables 1c and 1d)		Test data when using pre-tripping and controlled closing methods		Deviation between required values and test values %
	Major loop with first clearing pole	Second pole- to-clear major/ minor loop ^a	Major loop with first clearing pole	Second pole- to-clear major/ minor loop ^a	
Asymmetry at current interruption (%)	62,1		54,2		–13
di/dt at current interruption (%)	80,1		86,9		+8
Peak of the last current loop (p.u.)	1,66	1,34/0,72	1,61	1,32/0,76	–3 –1,5/+5,6 ^b
Duration of the last current loop (ms)	14,5	13,2/7,65	14,4	13,05/7,8	–2 –1/+2 ^b
Δt (ms) ^c		3		3,3	+10
$I \times t$ (p.u. ms)	24,07		23,18		–3,7
^a Values calculated for a non-solidly earthed neutral system using a network calculation programme (see note). ^b Second pole-to-clear. ^c Δt is the time interval between the first pole-to-clear and the last pole-to clear.					

Result: It is possible to fulfil the requirements by using the pre-tripping and controlled closing options. The TRV and di/dt values will be higher than required, but still within the given tolerances. The arcing time for the second clearing pole will be slightly longer than the required one. The test data cover the required values. Tighter tolerances may be achieved by changing test current and/or the TRV amplitude factor. The results are illustrated in figure D.1.

NOTE The recommended way (easiest way) to calculate the required three-phase or single-phase waveshape characteristics is by a network calculation programme such as EMTP, MATHLAB, etc. The required waveshape characteristics can also be calculated by hand from the fundamental three-phase or single-phase short-circuit current equations.

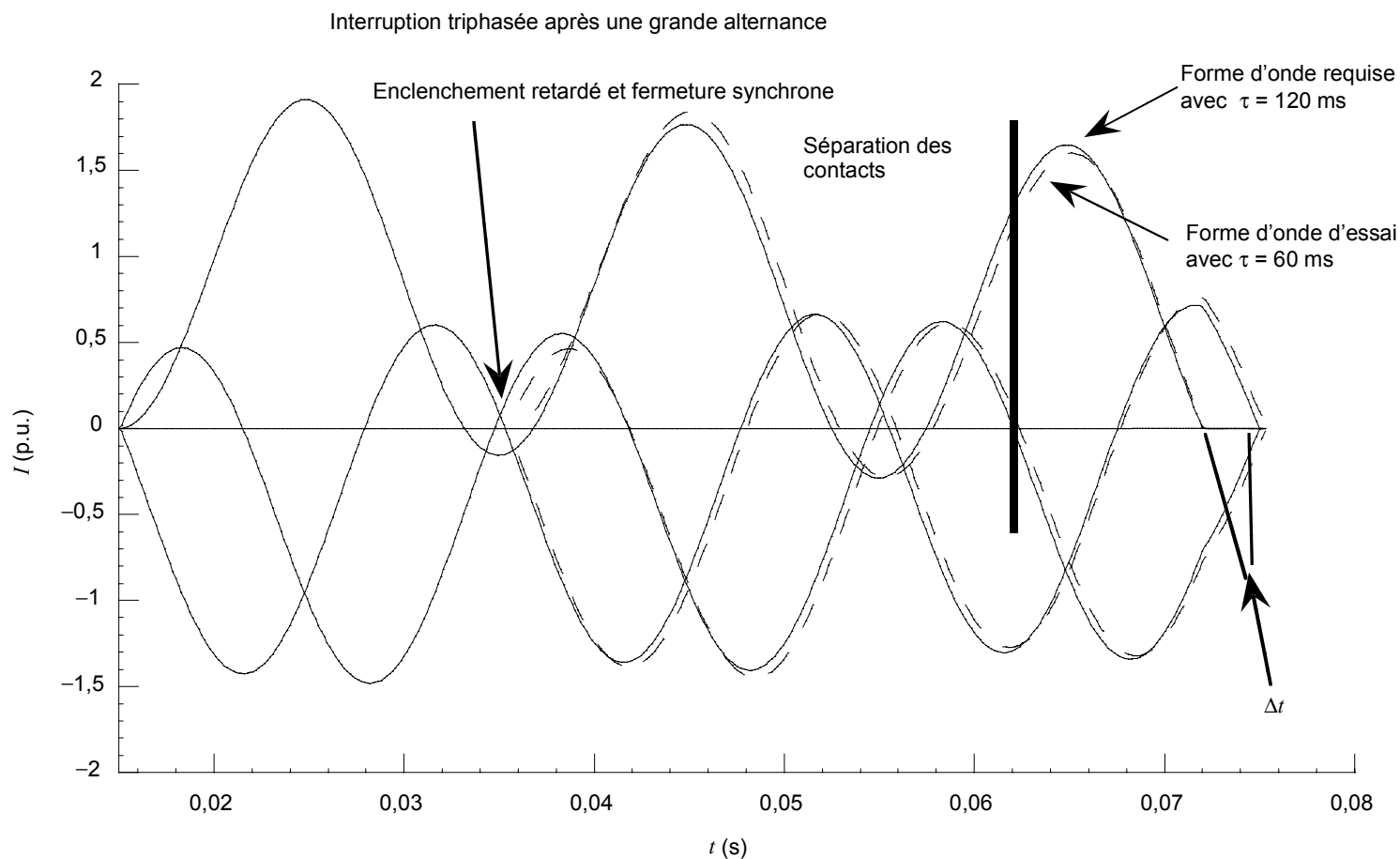


Figure D.1 – Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupe assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais

A cause de la constante de temps réduite du circuit d'essais, il est nécessaire d'établir le courant de court-circuit plus tard (méthode du déclenchement anticipé, voir note 1 de 5.3) et de choisir l'angle d'enclenchement de façon à obtenir le niveau d'asymétrie requis au zéro du courant (fermeture synchrone).

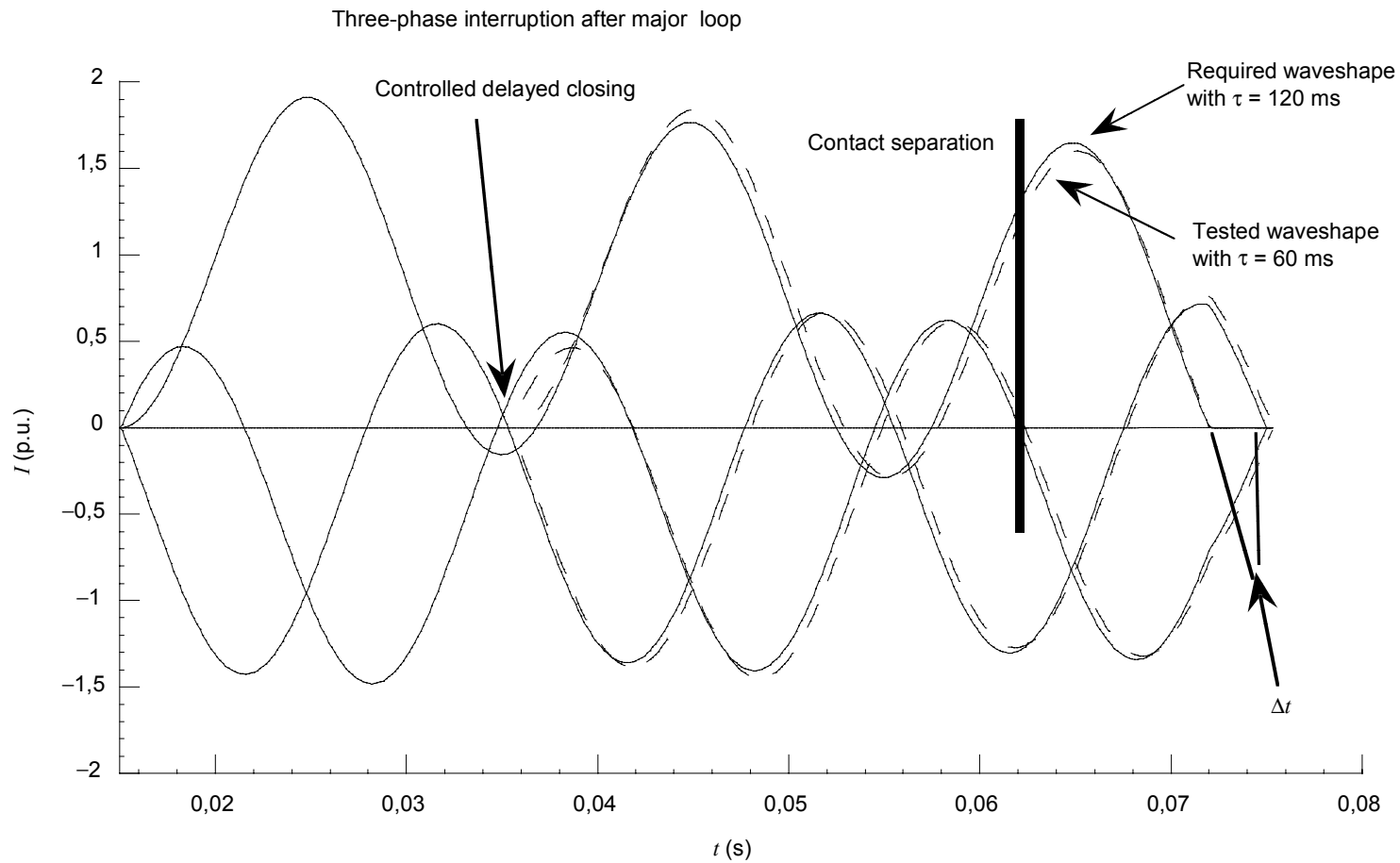


Figure D.1 – Three-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant

Due to the shorter time constant of the test circuit it is necessary to initiate the short-circuit current later (pre-tripping method, see note 1 of 5.3) and to choose the closing angle in such a way as to achieve the required asymmetry at current zero (controlled closing).

D.2 Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essais

Tension assignée du disjoncteur:	550 kV
Facteur de premier pôle:	1,3
Constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit:	45 ms
Constante de temps du circuit d'essais:	60 ms
Durée d'arc minimale:	7,5 ms
Durée minimale d'interruption:	40 ms
Fréquence:	50 Hz

La constante de temps du circuit d'essais est différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. La procédure d'ajustement choisie pour obtenir les paramètres requis est la méthode de fermeture synchrone.

Tableau D.2 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus longue que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Paramètres	Exigences (valeurs calculées, des valeurs arrondies sont données aux tableaux 1a et 1b)		Paramètres d'essais obtenus avec la méthode de fermeture synchrone		Ecart entre les valeurs requises et les valeurs d'essais %
	Grande alternance avec la durée d'arc la plus longue possible	Petite alternance avec la durée d'arc la plus courte possible	Grande alternance	Petite alternance	
Asymétrie à l'interruption du courant (%)	28,9	37,9	28,6	40,2	-1,0 +6,1 ^b
di/dt à l'interruption du courant ^a (%)	97,8	89,9	97,3	89,6	+0,5 -0,6 ^b
Crête de la dernière alternance de courant (p.u.)	1,33	0,59	1,32	0,57	-0,8 -3,4 ^b
Durée de la dernière alternance de courant (ms)	12,3	7,35	12,15	7,35	-1,2 0 ^b
u_1 ^a	96,5 %	91,9 %	96,0 %	91,3 %	-0,5 -0,7 ^b
u_c ^a	92,3 %	97,9 %	91,9 %	97,1 %	-0,4 -0,9 ^b
$I \times t$ (p.u. ms)	16,36	4,34	16,04	4,19	-2,0 -3,5 ^b

^a Dans le cas d'essais synthétiques, il est possible de contrôler ces valeurs indépendamment de la constante de temps.
^b Petite alternance

Résultat: Tous les paramètres d'essais peuvent être satisfaits en utilisant la méthode de la fermeture synchrone. Toutes les valeurs obtenues sont très proches des valeurs demandées. Des tolérances plus serrées peuvent être obtenues en changeant l'amplitude du courant d'essais et/ou le facteur d'amplitude de la TTR du circuit de réglage de la TTR. Les valeurs u_1 et u_c ont été obtenues à partir des équations de l'annexe A. Les résultats sont illustrés à la figure D.2.

D.2 Single phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current shorter than the test circuit time constant

Rated voltage of the circuit-breaker:	550	kV
First pole-to-clear factor:	1,3	
Rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current:	45	ms
Test circuit time constant:	60	ms
Minimum arcing time:	7,5	ms
Minimum clearing time:	40	ms
Frequency:	50	Hz

The time constant of the test circuit differs from the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current. The adjustment method chosen to reach the required data is the controlled closing method.

Table D.2 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is longer than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current

Parameters	Requirements (calculated values, rounded values are given in tables 1a and 1b)		Test data when using controlled closing method		Deviation between required values and test values %
	Major loop with longest possible arcing time	Minor loop with shortest possible arcing time	Major loop	Minor loop	
Asymmetry at current interruption (%)	28,9	37,9	28,6	40,2	–1,0 +6,1 ^b
di/dt at current interruption ^a (%)	97,8	89,9	97,3	89,6	+0,5 –0,6 ^b
Peak of the last current loop (p.u.)	1,33	0,59	1,32	0,57	–0,8 –3,4 ^b
Duration of the last current loop (ms)	12,3	7,35	12,15	7,35	–1,2 0 ^b
u_1 ^a	96,5 %	91,9 %	96,0 %	91,3 %	–0,5 –0,7 ^b
u_c ^a	92,3 %	97,9 %	91,9 %	97,1 %	–0,4 –0,9 ^b
$I \times t$ (p.u. ms)	16,36	4,34	16,04	4,19	–2,0 –3,5 ^b

^a In case of synthetic testing it is possible to control these values independent from the time constant.
^b Minor loop

Results: All test requirements can be fulfilled by using the controlled closing method. All values obtained are very close to the required values. Tighter tolerances may be achieved by changing the test current amplitude and/or the TRV amplitude factor of the TRV shaping circuit. The values for u_1 and u_c have been derived from the equations of annex A. The results are illustrated in figure D.2.

D.3 Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais

Tension assignée du disjoncteur:	550 kV
Facteur de premier pôle:	1,3
Constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit:	75 ms
Constante de temps du circuit d'essais:	60 ms
Durée d'arc minimale:	7,5 ms
Durée minimale d'interruption:	40 ms
Fréquence:	50 Hz

La constante de temps du circuit d'essais est différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. La procédure d'ajustement choisie pour obtenir les paramètres requis est la méthode de fermeture synchrone.

Tableau D.3 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus courte que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Paramètres	Exigences (valeurs calculées, des valeurs arrondies sont données aux tableaux 1c et 1d)		Paramètres d'essais obtenus avec la méthode de fermeture synchrone		Écart entre les valeurs requises et les valeurs d'essais %
	Grande alternance avec la durée d'arc la plus longue possible	Petite alternance avec la durée d'arc la plus courte possible	Grande alternance	Petite alternance	
Asymétrie à l'interruption du courant (%)	47,2	56,4	39,2	48,6	-20 -16,6 ^b
di/dt à l'interruption du courant ^a (%)	90,2	80,2	94,1	84,9	+4,3 +5,8 ^b
Crête de la dernière alternance de courant (p.u.)	1,51	0,41	1,44	0,44	-4,6 +7,3 ^b
Durée de la dernière alternance de courant (ms)	13,65	6,15	13,5	6,75	1,1 +9,8 ^b
u_1 ^a	88,1 %	82,8 %	92,3 %	82,1 %	+4,8 +5,2 ^b
u_c ^a	81,3 %	90,9 %	86,6 %	94 %	+6,5 +3,4 ^b
$I \times t$ (p.u. ms)	20,61	2,52	19,44	2,97	-5,7 +17,9 ^b

^a Dans le cas d'essais synthétiques, il est possible de contrôler ces valeurs indépendamment de la constante de temps.
^b Petite alternance

Résultat: Tous les paramètres d'essais peuvent être satisfaits en utilisant la méthode de la fermeture synchrone. Toutes les valeurs obtenues, à l'exception du niveau d'asymétrie, sont très proches des valeurs demandées. Dans ce cas, le déclenchement anticipé est nécessaire pour être à l'intérieur des tolérances permises (-5 %, +10 %). Des tolérances plus serrées peuvent être obtenues en changeant l'amplitude du courant d'essais et/ou le facteur d'amplitude de la TTR du circuit de réglage de la TTR. Les valeurs u_1 et u_c ont été obtenues à partir des équations de l'annexe A. Les résultats sont illustrés à la figure D.3.

D.3 Single-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant

Rated voltage of the circuit-breaker:	550	kV
First-pole-to-clear factor:	1,3	
Rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current:	75	ms
Test circuit time constant:	60	ms
Minimum arcing time:	7,5	ms
Minimum clearing time:	40	ms
Frequency:	50	Hz

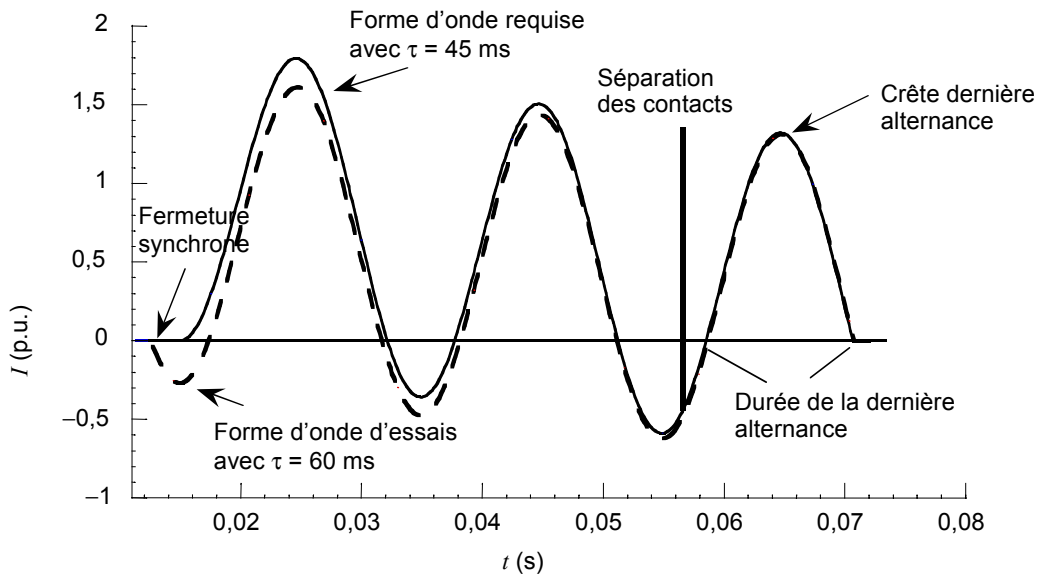
The time constant of the test circuit differs from the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current. The adjustment method chosen in order to reach the required data was the controlled closing method.

Table D.3 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current

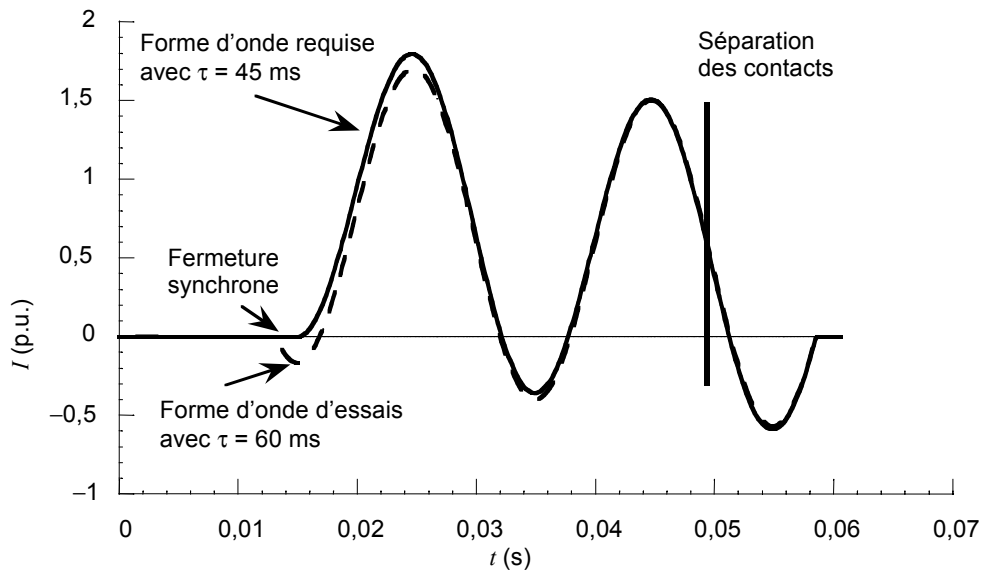
Parameters	Requirements (calculated values, rounded values are given in tables 1c and 1d)		Test data when using controlled closing method		Deviation between required values and test values %
	Major loop with longest possible arcing time	Minor loop with shortest possible arcing time	Major loop	Minor loop	
Asymmetry at current interruption (%)	47,2	56,4	39,2	48,6	–20 –16,6 ^b
di/dt at current interruption ^a (%)	90,2	80,2	94,1	84,9	+4,3 +5,8 ^b
Peak of the last current loop (p.u.)	1,51	0,41	1,44	0,44	–4,6 +7,3 ^b
Duration of the last current loop (ms)	13,65	6,15	13,5	6,75	1,1 +9,8 ^b
u_1 ^a	88,1 %	82,8 %	92,3 %	82,1 %	+4,8 +5,2 ^b
u_c ^a	81,3 %	90,9 %	86,6 %	94 %	+6,5 +3,4 ^b
$I \times t$ (p.u. ms)	20,61	2,52	19,44	2,97	–5,7 +17,9 ^b

^a In case of synthetic testing it is possible to control these values independent from the time constant.
^b Minor loop

Result: All test requirements can be fulfilled by using the controlled closing method. All values, except the asymmetry level, are very close to the required values. In this case additional pre-tripping is necessary to achieve the allowed tolerances (–5 % +10 %). Tighter tolerances may be achieved by changing the test current amplitude and/or the TRV amplitude factor of the TRV shaping circuit. The values for u_1 and u_c have been derived from the equations of annex A. The results are illustrated in figure D.3.

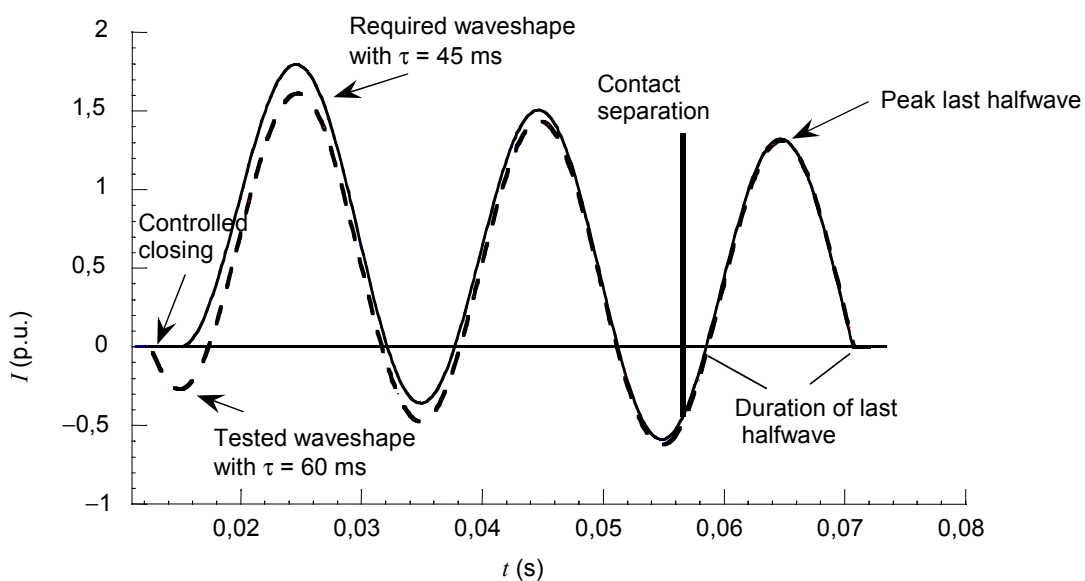


Interruption après une petite alternance

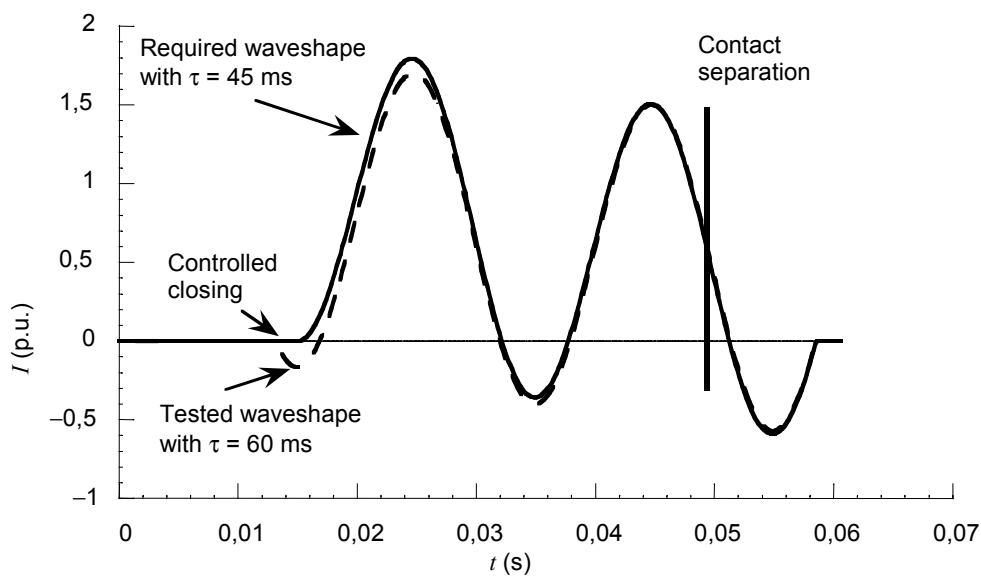


Interruption après une grande alternance

Figure D.2 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essais

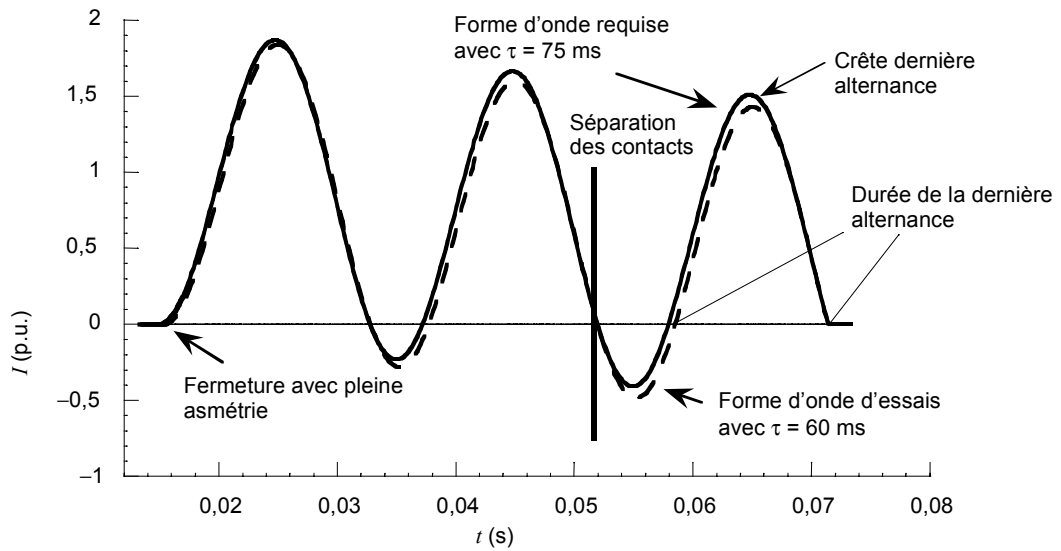


Interruption after minor loop

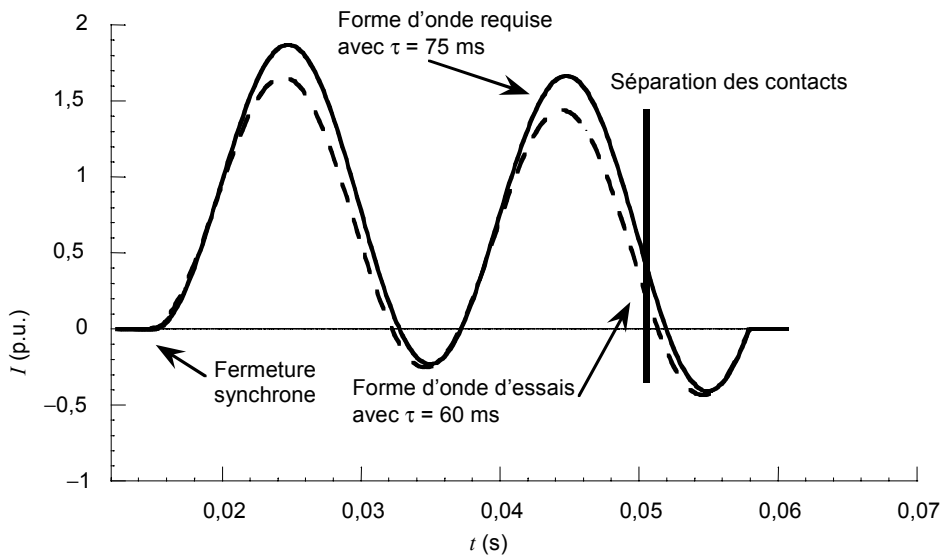


Interruption after major loop

Figure D.2 – Single phase testing of circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current shorter than the test circuit time constant

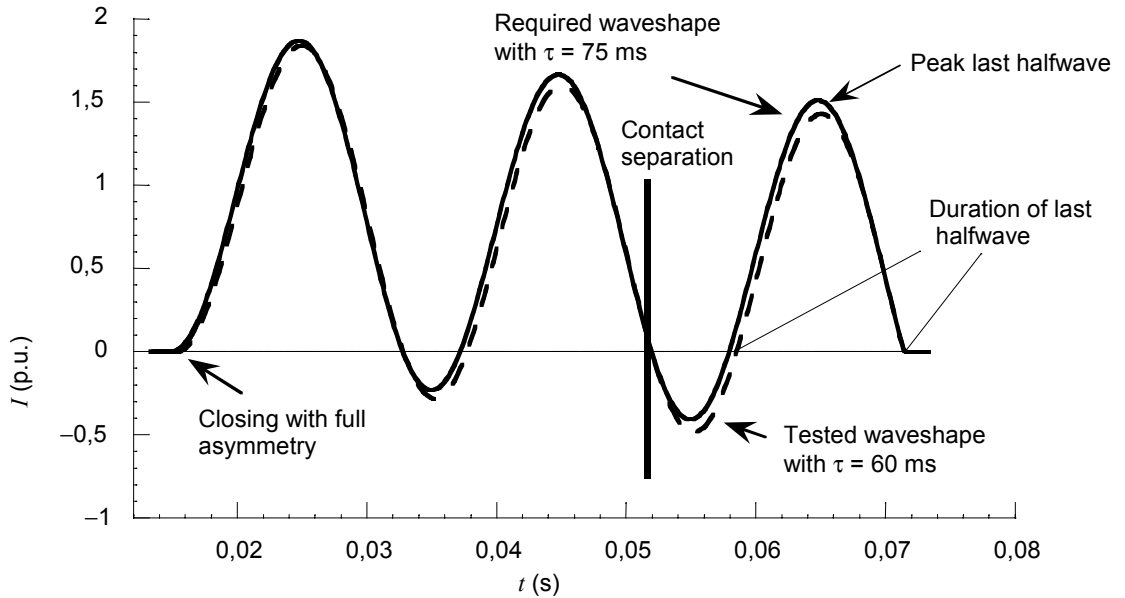


Interruption après une grande alternance

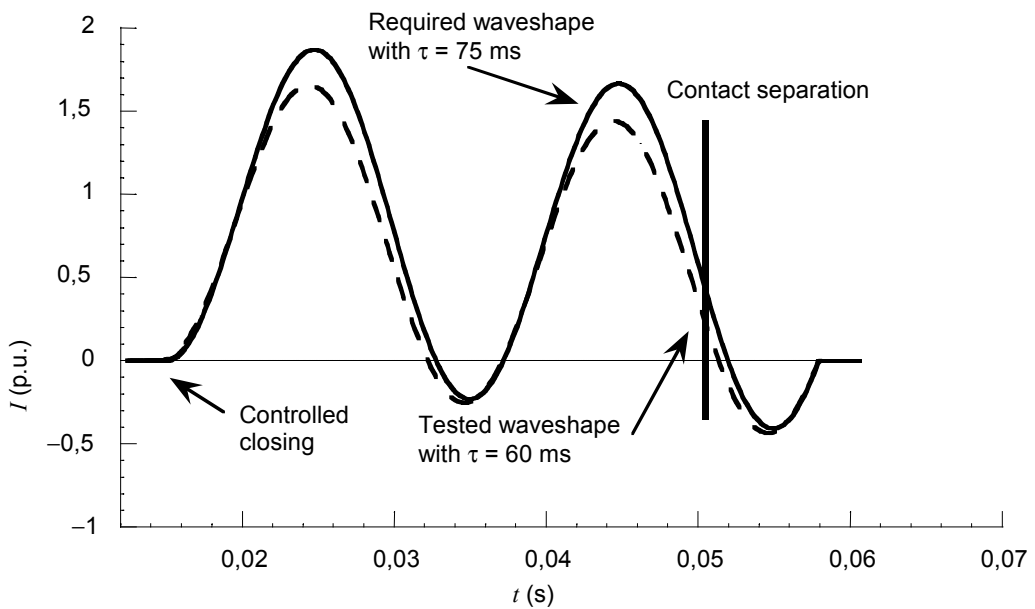


Interruption après une petite alternance

Figure D.3 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essais



Interruption after minor loop



Interruption after major loop

Figure D.3 – Single-phase testing of circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant

Annexe E

Des informations mises à jour du point g) de I.2.1 de la CEI 62271-100

Cette annexe donne des informations mises à jour du point g) de I.2.1 de la CEI 62271-100.

Note explicative sur le concept des critères d'asymétrie

Aucune méthode spécifique n'est donnée dans la CEI 62271-100 pour démontrer la validité d'un essai effectué avec un certain pouvoir de coupure assigné en court-circuit associé avec sa constante de temps c.c. assignée pour un autre pouvoir de coupure assigné en court-circuit associé à sa constante de temps c.c. assignée.

Avec l'introduction de constantes de temps pour des applications particulières, les paramètres décisifs avec leurs tolérances respectives qui devraient être rencontrés durant l'interruption de défauts asymétriques ont besoin d'être définis de façon à

- être en mesure de réaliser des essais asymétriques avec un circuit d'essais ayant une constante de temps c.c. différente de la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit étant donné que les laboratoires ne sont pas capables d'ajuster la constante de temps c.c. du circuit d'essais. Pour les essais directs, lorsque la constante de temps c.c. du circuit d'essais est plus grande que la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit, le di/dt et la crête de la TTR résultants sont inférieurs à ceux qui seraient obtenus dans des conditions de service. La situation inverse est aussi vraie, principalement avec l'introduction dans la CEI 62271-100 de constantes de temps c.c. pour des applications particulières (60 ms, 75 ms et 120 ms);
- être en mesure d'utiliser les résultats obtenus d'une série d'essais spécifique pour couvrir plus d'une valeur assignée de constante de temps c.c. Ce concept d'équivalence pour l'asymétrie peut aussi aider l'utilisateur à établir l'équivalence entre les besoins du réseau et les exigences des caractéristiques assignées.

Plusieurs calculs effectués par le groupe de travail confirment que le concept actuel du niveau d'asymétrie à la séparation des contacts mène à des contraintes lors des essais (incluant les coupures sur la petite et la grande alternance) différentes de celles prévues dans des conditions de service.

La seule façon d'obtenir cette équivalence est par l'introduction du concept du niveau d'asymétrie au zéro du courant. Ce concept est déjà appliqué dans la CEI 60427.

Le niveau maximal, présumé, d'asymétrie au zéro du courant requis durant les essais devrait être déterminé en utilisant le niveau d'asymétrie donné pour l'alternance de courant complète subséquente à la durée minimale d'interruption.

Les valeurs données aux tableaux 1 et 2 sont obtenues à partir d'une onde de courant pleinement asymétrique correspondant à la constante de temps c.c. assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. L'amplitude, la durée, le pourcentage d'asymétrie au zéro du courant et le di/dt correspondant pour les valeurs de la grande alternance sont celles qui apparaissent après la valeur la plus grande de la gamme de durées minimales d'interruption. L'amplitude, la durée, le pourcentage d'asymétrie au zéro du courant et le di/dt correspondant pour les valeurs de la petite alternance sont celles qui apparaissent avant la valeur la plus petite de la gamme de durées minimales d'interruption.

Annex E

Updated information regarding item g) of I.2.1 of IEC 62271-100

This annex contains updated information on item g) of I.2.1 of IEC 62271-100.

Explanatory note on the asymmetry criteria concept

In IEC 62271-100 no specific method is given to demonstrate the validity of a test done with a rated short circuit with its associated rated d.c. time constant for another rated short-circuit current with its associated d.c. time constant.

With the introduction of the special case time constants, the decisive parameters with their respective tolerances that should be followed during interruption of asymmetrical faults need to be defined in order to

- be able to perform asymmetrical tests with a test circuit having a d.c. time constant different from the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current, because laboratories are not able to tune the d.c. time constant of the test circuit. For direct tests, when the d.c. time constant of the test circuit is higher than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current, the resulting di/dt and TRV peaks are lower than those that can be seen in service conditions. The reverse situation is also true, mainly with the special case d.c. time constants (60 ms, 75 ms and 120 ms) introduced in IEC 62271-100;
- be able to use the results obtained from one specific test to cover more than one d.c. time constant rating. This concept of asymmetry equivalence may also help the user in establishing equivalence between system needs and the rating requirements.

Many of the calculations made by the task force confirm that the actual concept of asymmetry level at contact separation leads to stresses during the tests (including minor and major loop interruptions) being different from those expected under service conditions.

The only way to have that equivalence is to introduce the concept of asymmetry level at current zero. This concept is already applied in IEC 60427.

The maximum prospective asymmetry level at current zero required during tests should be determined by using the asymmetry level given for the next complete current loop following the minimum interrupting time.

Values given in tables 1 and 2 are derived from a fully asymmetrical current waveshape corresponding to the rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current. For the major loop values, the amplitude, duration, percentage of asymmetry at current zero and corresponding di/dt are those of the major current loop which appears after the highest value of the minimum clearing time range. For the minor loop values, the amplitude, duration, percentage of asymmetry at current zero and corresponding di/dt are those of the minor current loop preceding the lowest value of the minimum clearing time range.

Les paramètres concernés par les critères généraux d'équivalence sont

1. l'amplitude de la dernière alternance de courant;
2. la durée de la dernière alternance de courant précédant l'interruption;
3. la durée d'arc;
4. di/dt au zéro du courant;
5. les tensions crêtes de la TTR, forme d'onde.

Les deux premiers point sont liés à l'énergie d'arc.

Pour obtenir l'équivalence selon ce nouveau concept, il peut être requis de modifier quelques tolérances; par exemple, il convient que la tolérance actuelle (0 %, +10 %) de la composante périodique du courant d'essais soit relâchée pour toutes valeurs situées entre +10 % et –10 % de façon à être en mesure d'ajuster l'amplitude et la durée de la dernière alternance du courant aux valeurs demandées. Pour certains cas, il peut être nécessaire de diminuer ou d'augmenter ces valeurs par rapport à la valeur assignée du courant de court-circuit symétrique.

Avec cette procédure, selon les paramètres d'essais actuels, un essai spécifique peut couvrir plusieurs valeurs assignées si les critères d'asymétrie applicables pour chaque valeur assignée, avec leurs tolérances respectives, sont respectés.

L'annexe D donne quelques orientations relatives à l'utilisation des critères d'asymétrie.

The parameters concerned by general equivalence criteria are:

1. the amplitude of the last current loop;
2. duration of the last current loop before interruption;
3. arcing time;
4. di/dt at current zero;
5. TRV peak voltages, waveshape.

The two first points are linked to the arc energy.

To reach the equivalence according to this new concept may lead to the modification of some tolerances; for example, the actual tolerance (0 %, +10 %) on the symmetrical value of the test current should be relaxed to any value between +10 % and –10 % in order to be able to adjust the last current loop amplitude and duration to the required values. In some cases, it may be necessary to decrease or increase these values from the rated symmetrical short-circuit current.

With this procedure, depending on the actual test parameters, a specific test may cover several ratings if the applicable asymmetry criteria for each rating with their associated tolerances are met.

Annex D gives some guidance on the use of the asymmetry criteria.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres (1) inacceptable, (2) au-dessous de la moyenne, (3) moyen, (4) au-dessus de la moyenne, (5) exceptionnel, (6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....



.....

.....

ISBN 2-8318-6504-2



9 782831 865041

ICS 29.130.10; 29.130.99

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND