

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 110: Inductive load switching**

**Appareillage à haute tension –
Partie 110: Manœuvre de charges inductives**

Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2012



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 110: Inductive load switching**

**Appareillage à haute tension –
Partie 110: Manœuvre de charges inductives**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-83220-410-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 General	6
1.1 Scope.....	6
1.2 Normative references	6
2 Normal and special service conditions	6
3 Terms and definitions	7
4 Ratings.....	8
5 Design and construction	8
6 Type tests	8
6.1 General	8
6.2 Dielectric tests.....	9
6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test	9
6.4 Measurement of the resistance of circuits	9
6.5 Temperature-rise tests.....	9
6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests	9
6.7 Verification of protection	9
6.8 Tightness tests	9
6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)	9
6.101 Mechanical and environmental tests	9
6.102 Miscellaneous provisions for making and breaking tests	9
6.103 Test circuits for short-circuit making and breaking tests	10
6.104 Short-circuit test quantities	10
6.105 Short-circuit test procedure.....	10
6.106 Basic short-circuit test duties.....	10
6.107 Critical current tests.....	10
6.108 Single-phase and double-earth fault tests	10
6.113 High-voltage motor current switching tests.....	10
6.114 Shunt reactor current switching tests	16
7 Routine tests	27
8 Guide to selection of switchgear and controlgear.....	27
9 Information to be given with enquiries, tenders and orders	27
10 Transport, storage, installation, operation and maintenance	27
11 Safety.....	27
12 Influence of the product on the environment	27
Annex A (normative) Calculation of t_3 values	29
Bibliography.....	31
Figure 1 – Motor switching test circuit and summary of parameters.....	12
Figure 2 – Illustration of voltage transients at interruption of inductive current for first phase clearing in a three-phase non-effectively earthed circuit	16
Figure 3 – Reactor switching test circuit – Three-phase test circuit for in-service load circuit configurations 1 and 2 (Table 2)	18
Figure 4 – Reactor switching test circuit – Single-phase test circuit for in-service load circuit configurations 1, 2 and 4 (Table 2)	19

Figure 5 – Reactor switching test circuit – Three-phase test circuit for in-service load circuit configuration 3 (Table 2).....	20
Figure 6 – Illustration of voltage transients at interruption of inductive current for a single-phase test	28
Table 1 – Test duties at motor current switching tests	14
Table 2 – In-service load circuit configurations	17
Table 3 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 170 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with isolated neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 1)	21
Table 4 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 100 kV to 1 200 kV for effectively earthed systems – Switching shunt reactors with earthed neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 2).....	22
Table 5 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 52 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with isolated neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 3)	23
Table 6 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 52 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with earthed neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 4).....	23
Table 7 – Load circuit 1 test currents	24
Table 8 – Load circuit 2 test currents	24
Table 9 – Test duties for reactor current switching tests	25

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2012

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 110: Inductive load switching

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-110 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2009 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- former Table 2 has been split into three new tables to conform with IEC 62271-100 and to address actual in-service circuit configurations.
- the criteria for successful testing has been revised to a more explicit statement (see 6.114.11a).
- comments received in response to 17A/959/CDV and 17A/981/RVC have been addressed.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
17A/1016/FDIS	17A/1025/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard 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 2.

This standard is to be read in conjunction with IEC 62271-1:2007, and with IEC 62271-100:2008, to which it refers and which are applicable, unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1 and IEC 62271-100. Additional subclauses are numbered from 101.

A list of all the parts in the IEC 62271 series, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum of October 2012 have been included in this copy.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 110: Inductive load switching

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to a.c. circuit-breakers designed for indoor or outdoor installation, for operation at frequencies of 50 Hz and 60 Hz on systems having voltages above 1 000 V and applied for inductive current switching with or without additional short-circuit current breaking duties. The standard is applicable to circuit-breakers in accordance with IEC 62271-100 that are used to switch high-voltage motor currents and shunt reactor currents and also to high-voltage contactors used to switch high-voltage motor currents as covered by IEC 62271-106. For circuit-breakers applied to switch shunt reactor currents at rated voltages according to IEC 62271-1:2007 Tables 2a and 2b, combined voltage tests across the isolating distance are not required (refer to 4.2).

Switching unloaded transformers, i.e. breaking transformer magnetizing current, is not considered in this standard. The reasons for this are as follows:

- a) due to the non-linearity of the transformer core, it is not possible to correctly model the switching of transformer magnetizing current using linear components in a test laboratory. Tests conducted using an available transformer, such as a test transformer, will only be valid for the transformer tested and cannot be representative for other transformers;
- b) as detailed in IEC 62271-306¹, the characteristics of this duty are usually less severe than any other inductive current switching duty. It should be noted that such a duty may produce severe overvoltages within the transformer winding(s) depending on the circuit-breaker re-ignition behaviour and transformer winding resonance frequencies.

Short-line faults, out-of-phase current making and breaking and capacitive current switching are not applicable to circuit-breakers applied to switch shunt reactors or motors. These duties are therefore not included in this standard.

Subclause 1.1 of IEC 62271-100:2008 is otherwise applicable.

1.2 Normative references

Subclause 1.2 of IEC 62271-100:2008 is applicable with the following addition:

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

¹ To be published.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the definitions of IEC 60050-441 and IEC 62271-1 apply as well as the following specific to inductive load switching.

3.101

inductive current

power-frequency current through a circuit-breaker drawn by an inductive circuit having a power factor 0,5 or less

3.102

small inductive current

inductive current having a steady state value considerably less than the rated short-circuit breaking current

3.103

current chopping

abrupt current interruption in the circuit-breaker at a point-on-wave other than the natural power-frequency current zero of the circuit connected to the circuit-breaker

3.104

virtual current chopping

current chopping originated by transients in (parts of) the circuit

3.105

chopping current

current interruption prior to the natural power-frequency current zero of the circuit connected to the switching device

3.106

chopping level

maximum recorded value of the chopping current due to true current chopping in a specific circuit under rated voltage and normal operating conditions

3.107

load side oscillation

oscillation of the interrupted load side network after current chopping or natural current zero

3.108

suppression peak

first peak of the transient voltage to earth on the load side of the circuit-breaker

3.109

recovery peak

maximum value of the voltage across the circuit-breaker occurring after definite polarity change of the recovery voltage

Note 1 to entry: Suppression peak and recovery peak are not necessarily the absolute maxima in the transient recovery voltage. Previous breakdowns may have appeared at higher voltage values.

3.110

voltage escalation

increase in the amplitude of the prospective recovery voltage of the load circuit, produced by the accumulation of energy due to repeated re-ignitions

3.111

re-ignition

resumption of current between the contacts of a mechanical switching device during a breaking operation with an interval of zero current of less than a quarter cycle of power frequency

[SOURCE: IEC 60050-441:1998, 441-17-45]

Note 1 to entry: In the case of inductive load switching the initiation of the re-ignition is a high frequency event, which can be of a single or multiple nature and may in some cases be interrupted without power frequency follow current.

4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-100:2008 is applicable except for the references to short-line faults, out-of-phase making and breaking, capacitive current switching and as noted in specific subclauses below. Circuit-breakers do not normally have inductive load switching ratings. However, circuit-breakers applied for this purpose should meet the requirement of this standard part.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The rated values stated in Tables 1a and 1b and Tables 2a and 2b of IEC 62271-1:2007 are applicable with the exception of columns (6) and (8) in Table 2a and column (7) in Table 2b.

NOTE 1 The reason for this exception is the source-less nature of the shunt reactor load circuit.

NOTE 2 In some cases (high chopping overvoltage levels, or where a neutral reactor is present or in cases of shunt reactors with isolated neutral), it can be necessary to specify an appropriate insulation level which is higher than the rated values stated above.

5 Design and construction

Clause 5 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6 Type tests

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-100:2008 is applicable with the following addition:

Inductive current switching tests performed for a given current rating and type of application may be considered valid for another current rating and same type of application as detailed below:

- a) for high-voltage shunt reactor switching at rated voltage 52 kV and above, tests at a particular current rating are to be considered valid for applications up to 150 % of the tested current value;
- b) for shunt reactor switching at rated voltage below 52 kV, type testing is required but short circuit test duties T30 and T10 will cover the requirements provided that the TRV values of T30 and T10 are equal to or higher than the reactor switching TRV values.
- c) for high-voltage motor switching, type testing for stalled motor currents at 100 A and 300 A is considered to cover stalled motor currents in the range 100 A to 300 A and up to the current associated with the short-circuit current of test duty T10 according to 6.106.1 of IEC 62271-100:2008.

With respect to 6.1a) the purpose of type testing is to also determine reignition-free zones for controlled switching purposes and caution should be exercised when considering applications at higher currents than the tested values.

Annex B of IEC 62271-100:2008 is applicable with respect to tolerances on test quantities.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 62271-100:2008 is applicable with the following addition:

Refer to 4.2.

6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

Subclause 6.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.7 Verification of protection

Subclause 6.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.101 Mechanical and environmental tests

Subclause 6.101 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.102 Miscellaneous provisions for making and breaking tests

Subclause 6.102 of IEC 62271-100:2008 is applicable with the following addition:

High-voltage motor current and shunt reactor switching tests shall be performed at rated auxiliary and control voltage or, where necessary, at maximum auxiliary and control voltage to facilitate consistent control of the opening and closing operation according to 6.102.3.1 of IEC 62271-100:2008 and at rated functional pressure for interruption and insulation.

For gas circuit-breakers, a shunt reactor switching test shall also be performed at the minimum functional pressure for interruption and insulation. This requirement applies for test duty 4 only (see 6.114.9).

6.103 Test circuits for short-circuit making and breaking tests

Subclause 6.103 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.104 Short-circuit test quantities

Subclause 6.104 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.105 Short-circuit test procedure

Subclause 6.105 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.106 Basic short-circuit test-duties

Subclause 6.106 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.107 Critical current tests

Subclause 6.107 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

6.108 Single-phase and double-earth fault tests

Subclause 6.108 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

Subclauses 6.109 to 6.112 of IEC 62271-100:2008 are not applicable to this part of IEC 62271 series.

6.113 High-voltage motor current switching tests

6.113.1 Applicability

This subclause is applicable to three-phase alternating current circuit-breakers having rated voltages above 1 kV and up to 17,5 kV, which are used for switching high-voltage motors. Tests may be carried out at 50 Hz with a relative tolerance of $\pm 10\%$ or 60 Hz with a relative tolerance of $\pm 10\%$, both frequencies being considered equivalent.

Motor switching tests are applicable to all three-pole circuit-breakers having rated voltages equal to or less than 17,5 kV, which may be used for the switching of three-phase asynchronous squirrel-cage or slip-ring motors. The circuit-breaker may be of a higher rated voltage than the motor when connected to the motor through a stepdown transformer. However, the more usual application is a direct cable connection between circuit-breaker and motor. When tests are required, they shall be made in accordance with 6.113.2 to 6.113.9.

When overvoltage limitation devices are mandatory for the tested equipment, the voltage limiting devices may be included in the test circuit provided that the devices are an intrinsic part of the equipment under test.

No limits to the overvoltages are given as the overvoltages are only relevant to the specific application. Overvoltages between phases may be as significant as phase-to-earth overvoltages.

6.113.2 General

The switching tests can be either field tests or laboratory tests. As regards overvoltages, the switching of the current of a starting or stalled motor is usually the more severe operation.

Due to the non-linear behaviour of the motor iron core, it is not possible to exactly model the switching of motor current using linear components in a test station. Tests using linear

components to simulate the motors can be considered to be more conservative than switching actual motors.

For laboratory tests a standardized circuit simulating the stalled condition of a motor is specified (refer to Figure 1). The parameters of this test circuit have been chosen to represent a relatively severe case with respect to overvoltages and will cover the majority of service applications.

The laboratory tests are performed to prove the ability of a circuit-breaker to switch motors and to establish its behaviour with respect to switching overvoltages, re-ignitions and current chopping. These characteristics may serve as a basis for estimates of the circuit-breaker performance in other motor circuits. Tests performed with the test currents defined in 6.113.3 and 6.113.4 demonstrate the capability of the switching device to switch high-voltage motors up to its rated interrupting current.

For field tests, actual circuits are used with a supply system on the source side and a cable and motor on the load side. There may be a transformer between the circuit-breaker and motor. However, the results of such field tests are only valid for circuit-breakers working in circuits similar to those during the tests.

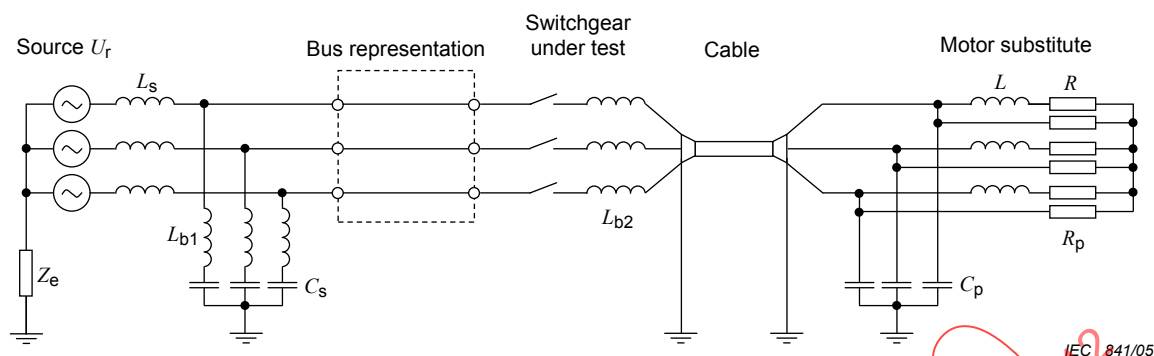
The apparatus under test includes the circuit-breaker with overvoltage protection devices if they are normally fitted.

NOTE 1 Overvoltages can be produced when switching running motors. This condition is not represented by the substitute circuit and is generally considered to be less severe than the stalled motor case.

NOTE 2 The starting period switching of a slip-ring motor is generally less severe due to the effect of the starting resistor.

NOTE 3 The rated voltage of the circuit-breaker can exceed that of the motor.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2012



Key

U_r	rated voltage	
Z_e	earthing impedance	impedance high enough to limit the phase-to earth fault current to less than the test current (can be infinite)
L_s	source side inductance	$\omega L_s \leq 0,1 \omega L$, but prospective short-circuit current $\leq$ the rated short-circuit current of the tested circuit-breaker
C_s	supply side capacitance	0,03 μ F to 0,05 μ F for supply circuit A 1,5 μ F to 2 μ F for supply circuit B
L_{b1}	inductance of capacitors and connections	$\leq 2 \mu$ H
Bus representation		5 m to 7 m in length spaced appropriate to the rated voltage
L_{b2}	inductance of connections	$\leq 5 \mu$ H
Cable		100 m $\pm$ 10 m, screened, $Z_0 = 30 \Omega$ to 50 Ω
L	motor substitute inductance	load circuit 1: 100 A $\pm$ 10 A load circuit 2: 300 A $\pm$ 30 A
R	motor substitute resistance	$\cos \theta \leq 0,2$
C_p	motor substitute parallel capacitance	frequency 10 kHz to 15 kHz
R_p	motor substitute parallel resistance	amplitude factor 1,6 to 1,8

Figure 1 – Motor switching test circuit and summary of parameters

6.113.3 Characteristics of the supply circuits

6.113.3.1 General

A three-phase supply circuit shall be used. The tests shall be performed using two different supply circuits A and B as specified in 6.113.3.2 and 6.113.3.3, respectively. Supply circuit A represents the case of a motor connected directly to a transformer. Supply circuit B represents the case where parallel cables are applied on the supply side.

6.113.3.2 Supply circuit A

The three-phase supply may be earthed through a high ohmic impedance so that the supply voltage is defined with respect to earth. The impedance value shall be high enough to limit a prospective line-to-earth fault current to a value below the test current.

The source inductance L_s shall not be lower than that corresponding to the rated short-circuit breaking current of the tested circuit-breaker. Its impedance shall also be not higher than 0,1 times the impedance of the inductance in the load circuit (see 6.113.4).

The supply side capacitance C_s is represented by three capacitors connected in earthed star. Their value, including the natural capacitance of the circuit shall be $0,04 \mu\text{F} \pm 0,01 \mu\text{F}$. The inductance L_{b1} of the capacitors and connections shall not exceed $2 \mu\text{H}$.

The busbar inductance is represented by three bars forming a busbar each $6 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$ in length and spaced at a distance appropriate to the rated voltage.

6.113.3.3 Supply circuit B

As supply circuit A with the value of the supply side capacitance increased to $1,75 \mu\text{F} \pm 0,25 \mu\text{F}$.

6.113.4 Characteristics of the load circuit

6.113.4.1 General

A three-phase load circuit shall be used. The motor substitute circuit is connected to the circuit-breaker under test by $100 \text{ m} \pm 10 \text{ m}$ of screened cable. It is recommended that the cable be connected directly to the terminals of the motor or substitute circuit.

The inductance of any intermediate connection should not exceed $3 \mu\text{H}$. The shield of the cable shall be earthed at both ends as shown in Figure 1. The tests shall be performed using two different motor substitute circuits as specified in 6.113.4.2 and 6.113.4.3. The inductance L_{b2} of the connections between the circuit-breaker and cable shall not exceed $5 \mu\text{H}$.

6.113.4.2 Motor substitute circuit 1

Series-connected resistance and inductance shall be arranged to obtain a current of $100 \text{ A} \pm 10 \text{ A}$ at a power factor less than 0,2 lagging. The star point shall not be connected to earth. Resistance R_p shall be connected in parallel with each phase impedance and capacitance C_p between each phase and earth so that the motor substitute circuit has a natural frequency of $12,5 \text{ kHz} \pm 2,5 \text{ kHz}$ and an amplitude factor of $1,7 \pm 0,1$ measured in each phase with the other two phases connected to earth. The prospective transient recovery voltages values shall be determined in accordance with Annex F of IEC 62271-100:2008. A transformer may be introduced at the load end of the cable. This shall be considered as part of the motor substitute circuit.

6.113.4.3 Motor substitute circuit 2

As motor substitute circuit 1, but with the series resistance and inductance reduced to obtain a current of $300 \text{ A} \pm 30 \text{ A}$ at a power factor less than 0,2 lagging. The prospective transient recovery voltage shall be as specified for motor substitute circuit 1.

6.113.5 Test voltage

- a) The average value of the applied voltages shall be not less than the rated voltage U_r divided by $\sqrt{3}$ and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

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

The rated voltage U_r is that of the circuit-breaker when using the substitute circuit, but is that of the motor when an actual motor is used.

- b) The power frequency recovery voltage of the test circuit may be stated as a percentage of the power frequency recovery voltage specified below. It shall not be less than 95 % of the

specified value and shall be maintained in accordance with 6.104.7 of IEC 62271-100:2008.

The average value of the power frequency recovery voltages shall not be less than the rated voltage U_r of the circuit-breaker divided by $\sqrt{3}$.

The power frequency recovery voltage of any pole should not deviate by more than 20 % from the average value at the end of the time for which it is maintained.

The power frequency recovery voltage shall be measured between terminals of a pole in each phase of the test circuit. Its r.m.s. value shall be determined on the oscillogram within the time interval of one half cycle and one cycle of test frequency after final arc extinction, as indicated in Figure 44 of IEC 62271-100:2008. The vertical distance (V_1 , V_2 and V_3 respectively) between the peak of the second half-wave and the straight line drawn between the respective peaks of the preceding and succeeding half-waves shall be measured, and this, when divided by $2\sqrt{2}$ and multiplied by the appropriate calibration factor, gives the r.m.s. value of the recorded power frequency recovery voltage.

6.113.6 Test duties

The motor current switching tests shall consist of four test duties as specified in Table 1.

Table 1 – Test duties at motor current switching tests

Test duty	Supply circuit	Motor substitute circuit
1	A	1
2	A	2
3	B	1
4	B	2

The number of tests for each test duty shall be:

- 20 tests with the initiation of the closing and tripping impulses distributed at intervals of approximately 9 electrical degrees.

The above tests shall be make-breaks or separate makes and breaks except that when using an actual motor they shall only be make-breaks. When tests are made using the motor substitute circuit, the contacts of the circuit-breaker shall not be separated until any d.c. component has become less than 20 %. When switching an actual motor, a make-break time of 200 ms is recommended.

6.113.7 Test measurements

At least the following quantities shall be recorded by oscillograph or other suitable recording techniques with bandwidth and time resolution high enough to measure the following:

- power frequency voltage;
- power frequency current;
- phase-to-earth voltage, at the motor or motor substitute circuit terminals, in all three phases.

6.113.8 Behaviour and condition of circuit-breaker

The criteria for successful testing are as follows:

- a) the behaviour of the circuit-breaker during the motor switching tests fulfils the conditions given in 6.102.8 of IEC 62271-100:2008 as applicable;
- b) voltage tests shall be performed in accordance with 6.2.11 of IEC 62271-100:2008;

c) re-ignitions shall take place between the arcing contacts.

6.113.9 Test report

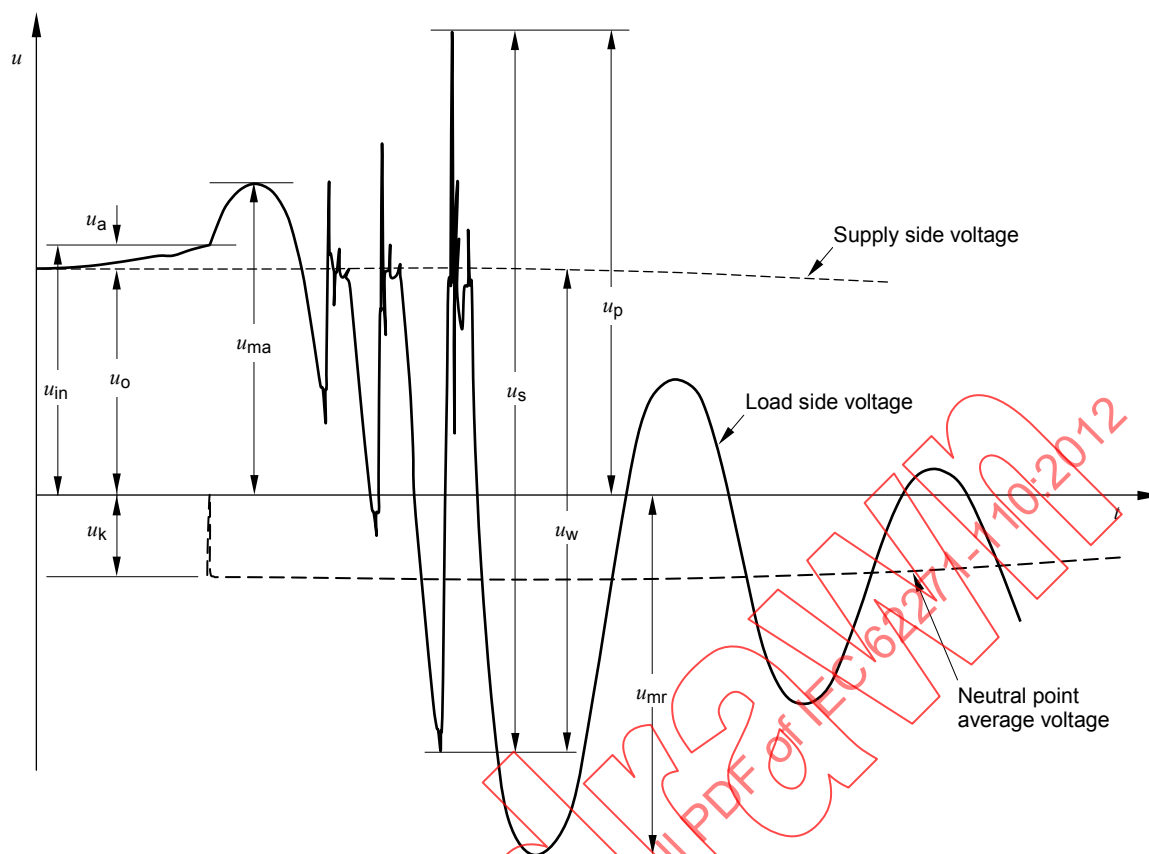
In addition to the requirements of Annex C of IEC 62271-100:2008, the test report shall include a thorough description of the circuit, including the following details:

- main dimensions and characteristics of the bus and connections to the circuit-breaker;
- the characteristics of the cable:
 - length;
 - rated values;
 - type;
 - main insulation dielectric – XLPE, paper/oil, etc.;
 - earthing;
 - capacitances;
 - surge impedance.
- the parameters of the substitute motor circuit:
 - natural frequency;
 - amplitude factor;
 - current;
 - power factor.
- or details of the actual motor:
 - type and rating;
 - rated voltage;
 - winding connection;
 - rated motor current;
 - starting current and power factor.
- overvoltage characteristics.

The following characteristics of the voltages at the motor or motor substitute circuit terminals at each test (Figure 2) shall be evaluated:

- u_p maximum overvoltage;
- u_{ma} suppression peak overvoltage;
- u_{mr} load side voltage peak to earth;
- u_s maximum peak-to-peak voltage excursion at re-ignition and/or prestrike.

When overvoltages occur which may be hazardous for a specific application, or where circuit-breaker characteristics are required, a more comprehensive test programme will be required which is beyond the scope of this standard.



IEC 842/05

Key

u_o	power frequency voltage crest value to earth
u_k	neutral voltage shift at first-pole interruption
u_a	circuit-breaker arc voltage drop
$u_{in} = u_o + u_a$	initial voltage at the moment of current chopping
u_{ma}	suppression peak voltage to earth
u_{mr}	load side voltage peak to earth
u_w	voltage across the circuit-breaker at re-ignition
u_p	maximum overvoltage to earth (could be equal to u_{ma} or u_{mr} if no re-ignitions occur)
u_s	maximum peak-to-peak overvoltage excursion at re-ignition

Figure 2 – Illustration of voltage transients at interruption of inductive current for first phase clearing in a three-phase non-effectively earthed circuit

6.114 Shunt reactor current switching tests

6.114.1 Applicability

These tests are applicable to three-phase alternating current circuit-breakers which are used for steady-state switching of shunt reactors that are directly connected to the circuit-breaker without interposing transformer. Tests may be carried out at 50 Hz with a relative tolerance of $\pm 10\%$ or 60 Hz with a relative tolerance of $\pm 10\%$. Tests performed at either 50 Hz or 60 Hz shall be considered as valid for both frequencies.

NOTE 1 The switching of tertiary reactors from the high-voltage side of the transformer is not covered in this standard.

NOTE 2 Shunt reactors earthed through neutral reactors are not covered by this standard. However, the application of test results according to this subclause, on neutral reactor earthed reactors (4-leg reactor scheme), is discussed in IEC 62271-306.

6.114.2 General

Reactor switching is an operation where small differences in circuit parameters can produce large differences in the severity of the duty. The results from any one series of tests cannot simply be applied to a different set of conditions.

NOTE Further guidance is given in IEC 62271-306.

The switching tests can be either field tests or laboratory tests. Results from field tests are only valid for circuit-breakers applied in circuit similar to those in the tests.

Standard circuits are specified in order to demonstrate the ability of the circuit-breaker to interrupt reactor currents and to determine chopping characteristics (suppression peak overvoltages) and re-ignition behaviour. The parameters of these test circuits represent typical cases of application with relatively severe transient recovery voltage (TRV) and are regarded as covering the majority of service applications.

Laboratory tests may be made using an actual reactor but the re-ignitions and overvoltage magnitudes during switching will not necessarily be valid for other cases of installation.

6.114.3 Test circuits

Four in-service load circuit configurations are possible as shown in Table 2.

Table 2 – In-service load circuit configurations

In-service configuration	Circuit-breaker location	Reactor neutral earthing	TRV values	Test circuit
1	Source side of reactor	Isolated	Table 3	Figure 3 or Figure 4
2		Earthed	Table 4	Figure 3 or Figure 4
3	Neutral side of reactor	Isolated	Table 5	Figure 5
4		Earthed	Table 6	Figure 4 or Figure 5

The in-service load circuit configurations are covered by three test circuits detailed in Tables 3, 4, 5 and 6 and Figures 3, 4 and 5, respectively.

NOTE 1 Applying a circuit-breaker on the neutral side of the reactor is only a consideration at rated voltages of 52 kV and below and the TRV values shown in Tables 5 and 6 are limited to this range.

NOTE 2 The test circuit shown in Figure 4 is applicable for in-service configuration 4 even though the circuit-breaker location is on the source side of the reactor.

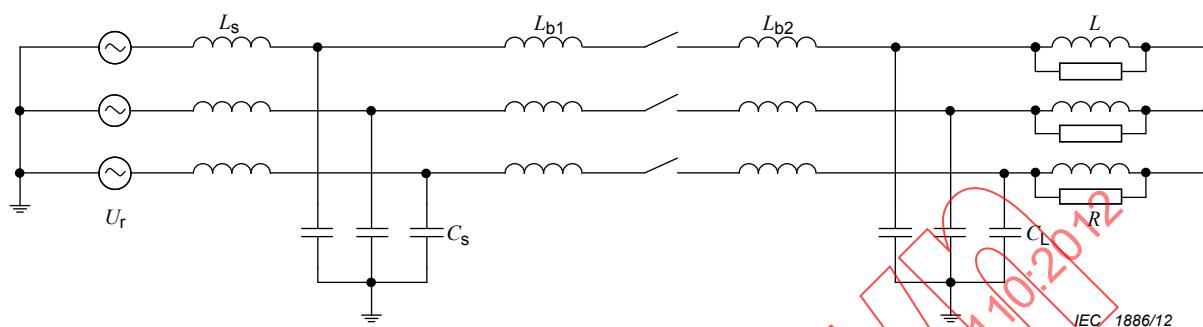
The requirements of 6.102.1 and 6.102.2 of IEC 62271-100:2008 shall be fulfilled.

For three-pole in one enclosure type circuit-breakers, single pole testing is permissible provided that the correct transient recovery voltages to earth (enclosure) are achieved.

For non-earthed reactors on solidly earthed systems, three-pole testing is impractical at higher rated voltages. Single-pole testing is permissible on the basis that the neutral point is earthed prior to in-service switching or that the methodology described in IEC 62271-306 is used to determine the suitability of the circuit-breaker for the application.

For switchgear under test that includes a circuit-breaker with overvoltage protection devices, the devices may be included in test circuit provided that the devices are an intrinsic part of the circuit-breaker.

When overvoltage limiting devices are added in the test circuit for its protection against possible excessive overvoltages, it shall be proven that these devices have not limited the overvoltages recorded during the tests, for instance by recording the current through these devices.

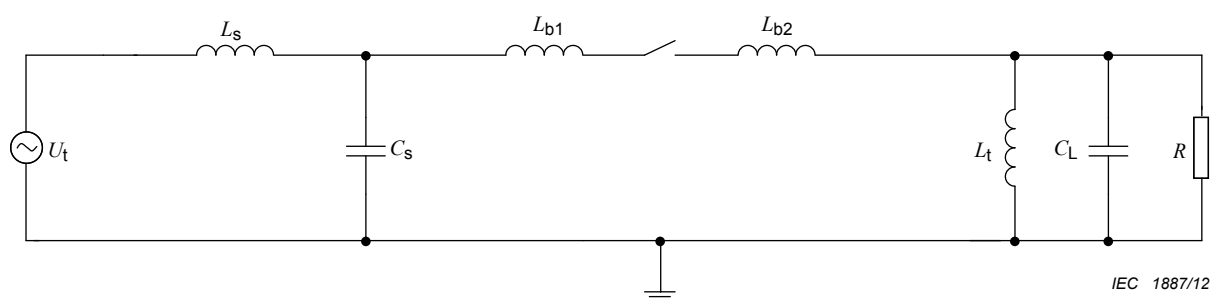


Key

U_r	rated voltage
L_s	inductance of the source
L_{b1}, L_{b2}	inductance of the connections
L	inductance of the reactor
C_s	capacitance of the source
C_L	capacitance of the load
R	representation of load losses (to obtain 1,9 amplitude factor)

NOTE The reactor neutral can be isolated or earthed.

Figure 3 – Reactor switching test circuit – Three-phase test circuit for in-service load circuit configurations 1 and 2 (Table 2)

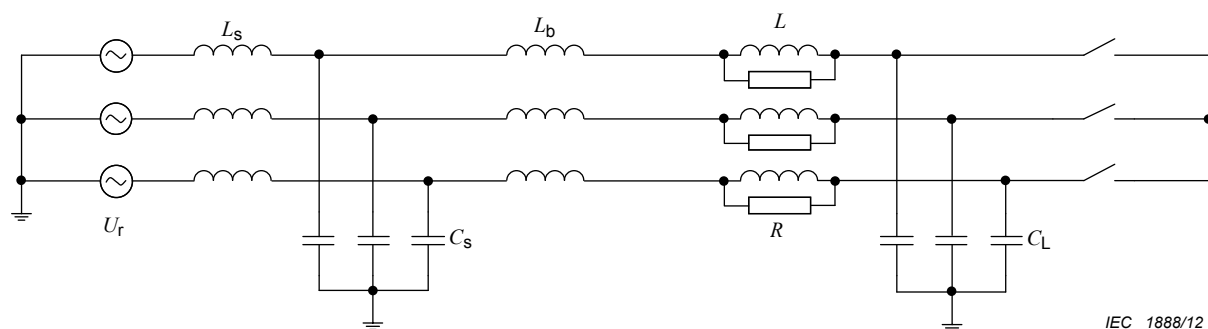
**Key**

U_t	test voltage
L_s	inductance of the source
L_{b1}, L_{b2}	inductance of the connections
L	inductance of the reactor
C_s	capacitance of the source
C_L	capacitance of the load
R	representation of load losses (to obtain 1,9 amplitude factor)

NOTE 1 For in-service load circuit configurations 2 and 4 (Table 2) $U_t = U_r/\sqrt{3}$ and $L_t = L$ where L is the inductance of the reactor.

NOTE 2 For in-service load circuit configuration 1 (Table 2) $U_t = 1,5 U_r/\sqrt{3}$ and $L_t = 1,5 L$ where L is the inductance of the reactor.

Figure 4 – Reactor switching test circuit – Single-phase test circuit for in-service load circuit configurations 1, 2 and 4 (Table 2)



Key

U_r	rated voltage
L_s	inductance of the source
L_b	inductance of the connection
L	inductance of the reactor
C_s	capacitance of the source
C_L	capacitance of the load
R	representation of load losses (to obtain 1,9 amplitude factor)

NOTE This is the only test circuit that can be used for this case. No single-phase test circuit will give the correct test current and TRV and t_3 values.

Figure 5 – Reactor switching test circuit – Three-phase test circuit for in-service load circuit configuration 3 (Table 2)

6.114.4 Characteristics of the supply circuit

The source inductance L_s shall not be smaller than that corresponding to the rated short-circuit current of the circuit-breaker, nor larger than 10 % of the inductance of the load circuit L .

The source capacitance C_s shall be at least 10 times the load capacitance C_L .

The TRV of the supply circuit has a negligible influence on that of the complete circuit and is therefore not specified.

6.114.5 Characteristics of the connecting leads

The total inductance $L_b = L_{b1} + L_{b2}$ of the leads may be shared between the supply and the load side. The value of L_b is not specified but should be as small as possible.

6.114.6 Characteristics of the load circuits

6.114.6.1 General

The load circuits shall consist of a reactor, or alternatively, an air-cored or iron-cored reactance with appropriate shunt capacitance and resistance so as to produce a prospective transient voltage not less severe than the values specified in Tables 3, 4, 5 and 6.

Table 3 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 170 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with isolated neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 1)

Rated voltage U_r kV	Peak voltage u_c kV	Time parameter t_3 $^{+0}_{-20}$ %	
		Load circuit 1	Load circuit 2
		μs	μs
12	28	9	16
17,5	41	11	19
24	56	13	22
36	84	15	27
52	121	55	97
72,5	169	64	115
100	233	107	190
123	286	120	210
145	337	130	230
170	395	140	248

u_c and t_3 as defined in 4.102 of IEC 62271-100:2008.

NOTE 1 The transient voltage is of a damped (1-cos) form and the values are for the first pole-to-clear. Stated u_c values do not take arc voltage, current chopping or re-ignitions into account and actual measured u_c values can be higher than those stated in this table.

NOTE 2 The first-pole-to-clear factor k_{pp} is 1,5 for this case. The amplitude factor k_{af} is assumed to be 1,9.

$$u_c = U_r \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times 1,9$$

NOTE 3 The values of t_3 are based on a mean capacitance value of load side capacitance C_L of

- 500 pF for voltages below 52 kV;
- 1 750 pF for voltages at or above 52 kV.

If the actual values of C_L are known for a particular application, then the applicable t_3 values can be calculated as described in the Annex A.

NOTE 4 The recovery voltages given in the table are not necessarily representative for all field applications, but are suitable to determine the current chopping behaviour of the circuit-breaker. In the case that a re-ignition-free window is demonstrated for controlled switching application purposes, the t_3 time parameter can be adjusted to actual service conditions.

Table 4 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 100 kV to 1 200 kV for effectively earthed systems – Switching shunt reactors with earthed neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 2)

Rated voltage U_r kV	Peak voltage u_c kV	Time parameter t_3 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	
		Load circuit 1	Load circuit 2
		μs	μs
100	155	87	155
123	191	97	172
145	225	105	187
170	264	114	203
245	380	167	297
300	465	185	328
362	562	203	360
420	652	220	388
550	853	250	444
800	1 240	300	536
1 100	1 700	-	1 170
1 200	1 860	-	1 220

u_c and t_3 as defined in 4.102 of IEC 62271-100:2008.

NOTE 1 The transient voltage is of a damped (1-cos) form and the values are for the first pole-to-clear. Stated u_c values do not take arc voltage, current chopping or re-ignitions into account and actual measured u_c values can be higher than those stated in this table.

NOTE 2 The first-pole-to-clear factor k_{pp} is 1,0 for this case. The amplitude factor k_{af} is assumed to be 1,9.

$$u_c = U_r \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times 1,9$$

NOTE 3 The values of t_3 are based on a mean capacitance value of load side capacitance C_L of

- 1 750 pF for voltages at or above 100 kV and below 245 kV;
- 2 600 pF for voltages of 245 kV up to and including 800 kV;
- 9 000 pF for voltages above 800 kV.

If the actual values of C_L are known for a particular application, then the applicable t_3 values can be calculated as described in the Annex A.

NOTE 4 The recovery voltages given in the table are not necessarily representative for all field applications, but are suitable to determine the current chopping behaviour of the circuit-breaker. In the case that a re-ignition-free window is demonstrated for controlled switching application purposes, the t_3 time parameter can be adjusted to actual service conditions.

Table 5 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 52 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with isolated neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 3)

Rated voltage U_r kV	Peak voltage u_c kV	Time parameter t_3 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	
		Load circuit 1	Load circuit 2
		μs	μs
12	28	7	13
17,5	41	9	16
24	56	10	18
36	84	12	22
52	121	45	79

u_c and t_3 as defined in 4.102 of IEC 62271-100:2008.

NOTE 1 The transient voltage is of a damped (1-cos) form and the values are for the first pole-to-clear. Stated u_c values do not take arc voltage, current chopping or re-ignitions into account and actual measured u_c values can be higher than those stated in this table.

NOTE 2 The first-pole-to-clear factor k_{pp} is 1,5 for this case. The amplitude factor k_{af} is assumed to be 1,9.

$$u_c = U_r \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times 1,9$$

NOTE 3 The values of t_3 are based on a mean capacitance value of load side capacitance C_L of 500 pF.

If the actual values of C_L are known for a particular application, then the applicable t_3 values can be calculated as described in the Annex A.

NOTE 4 The recovery voltages given in the table are not necessarily representative for all field applications, but are suitable to determine the current chopping behaviour of the circuit-breaker. In the case that a re-ignition-free window is demonstrated for controlled switching application purposes, the t_3 time parameter can be adjusted to actual service conditions.

Table 6 – Standard values of prospective transient recovery voltages – Rated voltages 12 kV to 52 kV for effectively and non-effectively earthed systems – Switching shunt reactors with earthed neutrals (Table 2: In-service load circuit configuration 4)

Rated voltage U_r kV	Peak voltage u_c kV	Time parameter t_3 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	
		Load circuit 1	Load circuit 2
		μs	μs
12	19	7	13
17,5	27	9	16
24	37	10	18
36	56	12	22
52	81	45	79

u_c and t_3 as defined in 4.102 of IEC 62271-100:2008.

NOTE 1 The transient voltage is of a damped (1-cos) form and the values are for the first pole-to-clear. Stated u_c values do not take arc voltage, current chopping or re-ignitions into account and actual measured u_c values can be higher than those stated in this table.

NOTE 2 The first-pole-to-clear factor k_{pp} is 1,0 for this case. The amplitude factor k_{af} is assumed to be 1,9.

$$u_c = U_r \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times 1,9$$

NOTE 3 The values of t_3 are based on a mean capacitance value of load side capacitance C_L of 500 pF.

If the actual values of C_L are known for a particular application, then the applicable t_3 values can be calculated as described in the Annex A.

NOTE 4 The recovery voltages given in the table are not necessarily representative for all field applications, but are suitable to determine the current chopping behaviour of the circuit-breaker. In the case that a re-ignition-free window is demonstrated for controlled switching application purposes, the t_3 time parameter can be adjusted to actual service conditions.

The values of t_3 are based on a calculation at 50 Hz. There is no need to differentiate between 50 Hz and 60 Hz since the stress of the tests with both frequencies is equivalent. This is taken into account by the overlapping tolerances for the frequency of the test current.

6.114.6.2 Load circuit 1

The inductance L of the load circuit shall be adjusted to give the following breaking currents:

Table 7 – Load circuit 1 test currents

Rated voltage kV	Test current A ($\pm 20\%$)
< 52	1 600
52 – 72,5	630
100 – 800	315
NOTE A test at 315 A is not required for rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV since such a current value represents an unrealistic shunt reactor rating.	

6.114.6.3 Load circuit 2

The inductance L of the load shall be adjusted to give the following breaking currents:

Table 8 – Load circuit 2 test currents

Rated voltage kV	Test current A ($\pm 20\%$)
< 52	500
52 – 72,5	200
100 – 1 200	100

However, if the circuit-breaker is used to switch reactor currents smaller than these values, the load circuit 2 should be adjusted to give the lower limit of the actual current range. The lower the current the more onerous the switching duty is for the circuit-breaker.

6.114.7 Earthing of the test circuit

Earthing of the test circuit shall be as indicated in Figures 3 to 5.

6.114.8 Test voltage

For three-phase tests, the test voltage measured between the phases at the circuit-breaker location immediately prior to the opening shall, as near as possible, be equal to the rated voltage U_r of the circuit-breaker (Tables 3, 4, 5 and 6).

For single-phase laboratory tests, the test voltage measured at the circuit-breaker location immediately before the opening shall, as nearly as possible, be equal to those stated in Figure 4.

For unit tests, the test voltage shall be that of the most stressed unit of the pole of the circuit-breaker. If applicable, the tested unit shall include its grading capacitor.

6.114.9 Test duties

The reactor switching tests shall consist of three three-phase test duties or four single-phase test duties using the supply circuit detailed in 6.114.4 and the load circuits detailed in 6.114.6.2 and 6.114.6.3.

Test duties 1 and 2 shall be made at rated filling pressure for interruption, insulation and operation and shall consist of twenty breaking operations shall be made with each load circuit with the initiation of the tripping impulse distributed at intervals of approximately 9 electrical degrees for three-phase tests or 18 electrical degrees for single-phase tests.

Test duty 3 is performed at rated filling pressure for interruption, insulation and operation for single-phase tests only and shall consist of 18 breaking operations. It shall be performed with load circuit 2 around the arc duration at which the re-ignitions occurred in the previous test series with load circuit 2. 6 breaking operations shall be made with the initiation of the tripping impulse at the point that gave the highest breakdown voltage u_w , 6 breaking operations with the initiation of the tripping impulse retarded by 9 electrical degrees and 6 breaking operations with the initiation of the tripping impulse advanced by 9 electrical degrees. If no re-ignition occurs in the test duty with load circuit 2, test duty 3 shall consist of 6 breaking operations with the initiation of the tripping impulse at the point that gave the shortest arcing time, 6 break tests with the initiation of the tripping impulse retarded by 9 electrical degrees and 6 break tests with the initiation of the tripping impulse retarded by a further 9 electrical degrees.

Test duty 4 shall be performed at the minimum pressure for interruption, insulation and operation using load circuit 2 only. For three-phase tests, 10 breaking operations shall be made with the initiation of the tripping impulse distributed at intervals of approximately 18 electrical degrees. For single-phase tests, 20 breaking operations shall be made with the initiation of the tripping impulse distributed at intervals of 18 electrical degrees.

The test duties are summarized in Table 9.

Table 9 – Test duties for reactor current switching tests

Test duty	Number of breaking operations		Test current determined by
	Three-phase	Single-phase	
1	20	20	Load circuit 1 (6.114.6.2)
2	20	20	Load circuit 2 (6.114.6.3)
3	–	18	Load circuit 2 (6.114.6.3)
4	10	20	Load circuit 2 (6.114.6.3)

The current value used in test duty 2, 3 and 4 is the minimum shunt reactor switching current. However, if the circuit-breaker is to be used to switch reactor currents smaller than these values, the current for test duty 2 and 3 shall be adjusted to the lower limit of the actual current range or as close as possible to this current value. Calculation of the applicable t_3 value for such a case is described in Annex A.

6.114.10 Test measurements

At least the following quantities should be recorded by oscillograph or other suitable recording techniques with bandwidth and time resolution high enough to measure:

- supply side voltage, phase-to-earth;
- voltage across circuit-breaker terminals;
- load side voltage, phase-to-earth, at the terminal of the load reactor;
- load side neutral point voltage to earth (in three-phase tests);
- current through the circuit-breaker.

6.114.11 Behaviour and condition of circuit-breaker

The criteria for successful testing are as follows:

- a) The circuit-breaker shall interrupt the current with at most one re-ignition leading to conduction of another loop of power frequency current. This criterion applies to all three circuit-breaker poles in three-phase tests.

NOTE Multiple high frequency re-ignitions in any one current zero crossing can be counted as one such re-ignition.

- b) A visual inspection shall be performed to demonstrate that the re-ignitions occurred between the arcing contacts only. There shall be no evidence of puncture, flashover or permanent tracking of the internal insulating materials. Wear of the parts of the arc control devices exposed to the arc is permissible provided that it does not impair breaking capability. Moreover, the inspection of the insulating gap between the main contacts, if they are different from the arcing contacts, shall not show any trace of a re-ignition.

For circuit-breakers with sealed-for-life interrupter units, no visual inspection is required but the dielectric condition test according to 6.2.11 of IEC 62271-100:2008 shall be performed.

6.114.12 Test report

In addition to the requirements of Annex C of IEC 62271-100:2008, the test report shall include a thorough description of the circuit including the following details (Figures 3, 4 and 5):

- L_s : inductance of the source;
- L_{b1} , L_{b2} : inductance of connections;
- L : inductance of reactor;
- C_s : capacitance of source;
- C_L : capacitance of load;
- R : representation of load losses.

The following quantities shall be measured and evaluated at each test (Figures 2 and 6):

- u_{ma} : suppression peak voltage to earth;
- u_{in} : initial voltage (at the instant of chopping);
- u_{mr} : load side voltage peak to earth (if more than u_{ma});
- arcing time.

In three-phase tests, the above quantities shall be reported for all three circuit-breaker poles.

NOTE The application of the test results to predict overvoltages in actual installations is treated in IEC 62271-306.

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

8 Guide to selection of switchgear and controlgear

Clause 8 of IEC 62271-100:2008 is applicable and for further reference see IEC 62271-306.

If maximum overvoltage values have been specified, the overvoltage values calculated using the data obtained from the test results should be compared to the values specified.

If an arcing window without re-ignition has been specified, the arcing window without re-ignition measured during the tests should be equal to or greater than the specified value. Evaluation in this regard should consider the actual system frequency.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

10 Transport, storage, installation, operation and maintenance

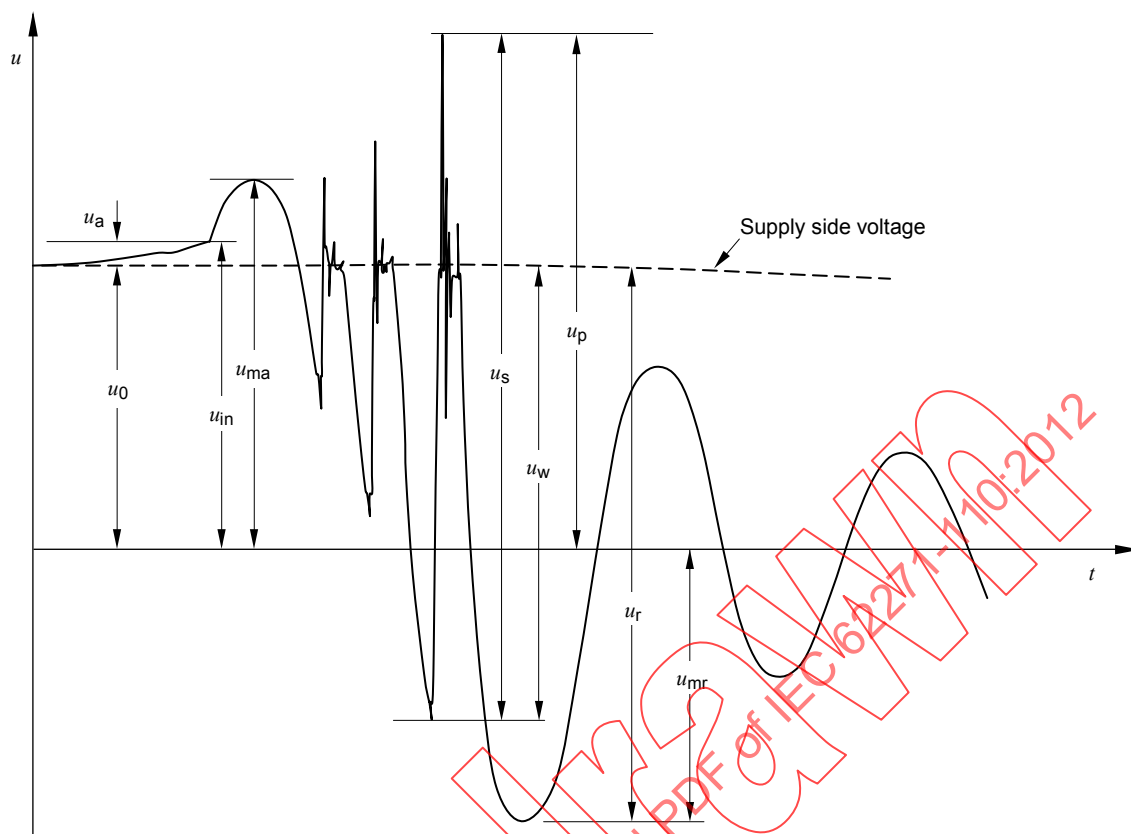
Clause 10 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

11 Safety

Clause 11 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

12 Influence of the product on the environment

Clause 12 of IEC 62271-100:2008 is applicable.



IEC 2294/08

Key

u_0	power frequency voltage crest value to earth
u_a	arc voltage drop of circuit-breaker
$u_{in} = u_0 + u_a$	initial voltage to earth at the moment of current chopping
u_{ma}	suppression peak voltage to earth
u_{mr}	load side voltage peak voltage to earth
u_p	maximum overvoltage to earth (could be equal to u_{ma} or u_{mr})
u_s	maximum peak-to-peak voltage excursion at re-ignition
u_w	voltage across the circuit-breaker at re-ignition
u_r	voltage across the circuit-breaker at the recovery voltage peak

Figure 6 – Illustration of voltage transients at interruption of inductive current for a single-phase test

Annex A (normative)

Calculation of t_3 values

For the following cases, the required test circuit t_3 values shall be calculated as described in this annex:

- a) for circuit-breakers rated at less than 52 kV, where the required test current is less than the 500 A value stated in Table 8;
- b) for circuit-breakers rated 52 kV to 72,5 kV, where the required test current is less than the 200 A value stated in Table 8;
- c) for circuit-breakers rated at 100 kV to 1 200 kV, where the required test current is less than the 100 A value stated in Table 8.

Step 1: Calculate the required inductance (L)

$$L = \frac{U_r}{\sqrt{3}\omega I}$$

where U_r is the rated voltage, I is the required test current and $\omega = 314$ rad/s at 50 Hz

$$L = \frac{1,84 U_r}{I}, \text{ with } U_r \text{ in kV, } I \text{ in A and } L \text{ in H, all at 50 Hz.}$$

Step 2: Calculate the required t_3 value

Case 1: Reactor neutral earthed

Time to peak T for (1 - cosine) function is given by:

$$T = \pi\sqrt{LC}$$

Ratio t_3/T for an amplitude factor of 1,9 is 0,873:

$$t_3 = 0,873 \times \pi \times \sqrt{LC} = 2,74 \times \sqrt{LC} \times 10^6 \mu\text{s}$$

where the value of C in F is taken from NOTE 3 in Tables 3, 4, 5 and 6 (default value if actual value is not known)

Case 2: Reactor neutral isolated

$$t_3 = 0,873 \times \pi \times \sqrt{1,5 LC} = 3,36 \times \sqrt{LC} \times 10^6 \mu\text{s}$$

Example 1: $U_r = 245$ kV, 50 Hz and required test current 75 A, reactor neutral earthed

$$L = \frac{1,84 \times 245}{75} = 6 \text{ H}$$

$$t_3 = 2,74 \sqrt{6 \times 2\,600 \times 10^{-12}} \times 10^6 = 342 \mu\text{s}$$

Example 2: $U_r = 36$ kV, 50 Hz and required test current 350 A, reactor neutral isolated

$$L = \frac{1,84 \times 36}{350} = 0,19 \text{ H}$$

$$t_3 = 3,36 \sqrt{0,19 \times 500 \times 10^{-12}} \times 10^6 = 32,7 \mu\text{s}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2012

Bibliography

IEC 62271-106, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 106: Alternating current contactors, contactor-based controllers and motor-starters*

IEC 62271-306, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 306: Guide to IEC 62271-100, IEC 62271-1 and other IEC standards related to alternating current circuit-breakers*²

² To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
1 Généralités	36
1.1 Domaine d'application	36
1.2 Références normatives	36
2 Conditions normales et spéciales de service	37
3 Termes et définitions	37
4 Caractéristiques assignées	38
5 Conception et construction	38
6 Essais de type	38
6.1 Généralités	38
6.2 Essais diélectriques	39
6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique	39
6.4 Mesurage de la résistance des circuits	39
6.5 Essais d'échauffement	39
6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	39
6.7 Vérification de la protection	39
6.8 Essais d'étanchéité	39
6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	39
6.101 Essais mécaniques et climatiques	40
6.102 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	40
6.103 Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit	40
6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit	40
6.105 Procédure d'essai en court-circuit	40
6.106 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	40
6.107 Essais au courant critique	40
6.108 Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre	40
6.113 Essais d'établissement et de coupure de moteur à haute tension	40
6.114 Essais d'établissement et de coupure de courant de bobine d'inductance shunt	46
7 Essais individuels de série	57
8 Guide pour le choix de l'appareillage	57
9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	57
10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance	57
11 Sécurité	58
12 Influence du produit sur l'environnement	58
Annexe A (normative) Calcul des valeurs de t_3	59
Bibliographie	61
Figure 1 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de moteur et résumé des paramètres	42

Figure 2 – Illustration des tensions transitoires lors de la coupure de courant inductif pour une première phase coupée dans un circuit triphasé dont le neutre n'est pas mis effectivement à la terre	46
Figure 3 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de bobine d'inductance – Circuit d'essai triphasé pour les configurations de circuit de charge en service 1 et 2 (Tableau 2)	48
Figure 4 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de bobine d'inductance – Circuit d'essai monophasé pour configurations de circuit de charge en service 1, 2 et 4 (Tableau 2)	49
Figure 5 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de la bobine d'inductance – Circuit d'essai triphasé pour les configurations de circuit de charge en service 3 (Tableau 2)	50
Figure 6 – Illustration des tensions transitoires lors de la coupure du courant inductif pour un essai monophasé	58
Tableau 1 – Séquences d'essais d'établissement et de coupure de courants de moteurs	44
Tableau 2 – Configurations de circuits de charge en service	47
Tableau 3 – Valeurs normalisées des tensions transitoires de rétablissement présumées – Tensions assignées comprises entre 12 kV et 170 kV pour les réseaux à neutre directement à la terre et non directement à la terre – Établissement et coupure de bobines d'inductance shunt avec neutres isolés (Tableau 2: configuration de circuit de charge en service 1)	51
Tableau 4 – Valeurs normalisées des tensions transitoires de rétablissement présumées – Tensions assignées comprises entre 100 kV et 1 200 kV pour les réseaux à neutre directement à la terre – Établissement et coupure de bobines d'inductance shunt avec neutres mis à la terre (Tableau 2: configuration de circuit de charge en service 2)	52
Tableau 5 – Valeurs normalisées des tensions transitoires de rétablissement présumées – Tensions assignées comprises entre 12 kV et 52 kV pour les réseaux à neutre directement à la terre et non directement à la terre – Établissement et coupure de bobines d'inductance shunt avec neutres isolés (Tableau 2: configuration de circuit de charge en service 3)	53
Tableau 6 – Valeurs normalisées des tensions transitoires de rétablissement présumées – Tensions assignées comprises entre 12 kV et 52 kV pour les réseaux à neutre directement à la terre et non directement à la terre – Établissement et coupure de bobines d'inductance shunt avec neutres reliés à la terre (Tableau 2: configuration de circuit de charge en service 4)	53
Tableau 7 – Courants d'essais pour circuit de charge 1	54
Tableau 8 – Courants d'essais pour circuit de charge 2	54
Tableau 9 – Séquences d'essais d'établissement et de coupure de courant de bobine d'inductance	56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 110: Manœuvre de charges inductives

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-110 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2009, et constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- l'ancien Tableau 2 a été divisé en trois nouveaux tableaux, afin d'être conforme à la CEI 62271-100, et pour traiter des configurations réelles de circuits en service;
- les critères pour que les essais soient satisfaisants ont été révisés, afin d'être plus explicites (voir 6.114.11a);

- les commentaires reçus en réponse aux documents 17A/959/CDV et 17A/981/RVC ont été traités.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/1016/FDIS	17A/1025/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 62271-1:2007, et avec la CEI 62271-100:2008, auxquelles elle se réfère, et qui sont applicables, sauf spécification contraire. Pour faciliter le repérage des exigences correspondantes, cette norme utilise une numérotation identique des articles et des paragraphes à celle de la CEI 62271-1 et de la CEI 62271-100. Les modifications de ces articles et de ces paragraphes ont des références identiques; les paragraphes supplémentaires qui n'ont pas d'équivalent dans la CEI 62271-1, sont numérotés à partir de 101.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, présentée sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum d'octobre 2012 a été pris en considération dans cet exemplaire.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 110: Manœuvre de charges inductives

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 est applicable aux disjoncteurs à courant alternatif conçus pour une installation à l'intérieur ou à l'extérieur, et pour fonctionner à des fréquences de 50 Hz à 60 Hz, sur des réseaux de tensions supérieures à 1 000 V, et prévus pour l'établissement et la coupure de courants inductifs avec ou sans pouvoir de coupure de court-circuit additionnel. Cette norme est applicable aux disjoncteurs selon la CEI 62271-100, qui sont utilisés pour l'établissement et la coupure de courants de moteurs à haute tension et de courants de bobines d'inductance shunt, et aussi aux contacteurs à haute tension utilisés pour l'établissement et la coupure de courants de moteurs à haute tension, tels que couverts par la CEI 62271-106. Pour les disjoncteurs appliqués en vue de la coupure des courants de bobines d'inductance shunt à des tensions assignées conformément aux Tableaux 2a et 2b de la CEI 62271-1:2007, les essais de tensions combinées à travers la distance de sectionnement ne sont pas exigés (se reporter à 4.2).

La manœuvre de transformateurs à vide, c'est-à-dire la coupure de courants magnétisants de transformateurs, n'est pas prise en compte dans cette norme. Les raisons pour cela sont les suivantes:

- a) en raison du comportement non linéaire du circuit magnétique du transformateur, il n'est pas possible de modéliser correctement l'établissement et la coupure d'un courant magnétisant d'un transformateur en utilisant des composants linéaires dans un laboratoire d'essais. Les essais effectués en utilisant un transformateur à disposition, tel qu'un transformateur d'essais, seront valables seulement pour le transformateur essayé et ne peuvent pas être représentatifs pour d'autres transformateurs;
- b) ainsi qu'il est détaillé dans la CEI 62271-306¹, les caractéristiques de cette manœuvre sont habituellement moins sévères que les autres manœuvres d'établissement et de coupure de courants inductifs. Il convient de noter que cette manœuvre peut produire des surtensions sévères dans le ou les bobinages d'un transformateur en fonction de la caractéristique de rallumage du disjoncteur et des fréquences de résonance du bobinage du transformateur.

L'établissement et la coupure de défauts proches en ligne, de courants de discordance de phases et de courants capacitifs ne sont pas applicables aux disjoncteurs pour la manœuvre de bobines d'inductance shunt ou de moteurs. Ces pouvoirs de coupure ne sont donc pas inclus dans cette norme.

Le paragraphe 1.1 de la CEI 62271-100:2008 est par ailleurs applicable.

1.2 Références normatives

Le Paragraphe 1.2 de la CEI 62271-100:2008 est applicable avec le complément suivant:

CEI 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

¹ À publier.

2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions de la CEI 60050-441 et de la CEI 62271-1 s'appliquent, ainsi que les définitions suivantes spécifiques aux manœuvres de charges inductives.

3.101

courant inductif

courant à fréquence industrielle traversant un disjoncteur, fourni par un circuit inductif ayant un facteur de puissance inférieur ou égal à 0,5

3.102

courant inductif faible

courant inductif ayant une valeur en régime établi considérablement inférieure au courant de coupure assigné en court-circuit

3.103

arrachement du courant

interruption brusque du courant dans le disjoncteur à un point de l'onde de courant autre que celle du passage à zéro du courant à fréquence industrielle dans le circuit connecté au disjoncteur

3.104

arrachement virtuel du courant

arrachement du courant provoqué par des transitoires dans le circuit (ou des parties du circuit)

3.105

courant arraché

coupure du courant avant le passage par zéro naturel du courant à fréquence industrielle dans le circuit connecté à l'appareil de connexion

3.106

niveau d'arrachement

valeur maximale enregistrée du courant arraché due à un arrachement de courant réel dans un circuit spécifique, sous une tension assignée et dans des conditions normales de fonctionnement

3.107

oscillation côté charge

oscillation sur le réseau côté charge après coupure avec arrachement du courant ou au passage par zéro du courant

3.108

crête d'extinction

première crête de la tension transitoire à la terre du côté charge du disjoncteur

3.109

crête de rétablissement

valeur maximale de la tension à travers le disjoncteur, se produisant après un changement de polarité de la tension de rétablissement

Note 1 à l'article: La crête d'extinction et la crête de rétablissement ne sont pas nécessairement les valeurs maximales absolues dans la tension transitoire de rétablissement. Des amorçages préalables peuvent être apparus à des valeurs de tension plus élevées.

3.110

augmentation de tension

augmentation de l'amplitude de la tension de rétablissement présumée du circuit de charge, produite par l'accumulation d'énergie due à des rallumages répétés

3.111

rallumage

rétablissement du courant entre les contacts d'un appareil mécanique de connexion au cours d'une manœuvre de coupure, l'intervalle de temps durant lequel le courant est resté nul étant inférieur à un quart de la période correspondant à la fréquence industrielle

[SOURCE: CEI 60050-441:1998, 441-17-45]

Note 1 à l'article: Dans le cas de la manœuvre de charges inductives, l'établissement du rallumage est un événement à fréquence élevée, qui peut être de nature simple ou multiple et qui peut, dans certains cas, être interrompu sans courant de suite à fréquence industrielle.

4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de la CEI 62271-100:2008 est applicable, à l'exception des références à l'établissement et à la coupure de défauts proches en ligne, de discordances de phases et de courants capacitifs, et comme indiqué dans les paragraphes spécifiques ci-après. Les disjoncteurs ne disposent normalement pas de caractéristiques assignées de manœuvres de charges inductives. Toutefois, il convient que les disjoncteurs appliqués à cet effet répondent à l'exigence de la présente partie de la norme.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

Les valeurs assignées dans les Tableaux 1a et 1b et les Tableaux 2a et 2b de la CEI 62271-1:2007 sont applicables, à l'exception des colonnes (6) et (8) du Tableau 2a et de la colonne (7) du Tableau 2b.

NOTE 1 Cette exception est due au fait que le circuit de charge par bobine d'inductance shunt ne comporte pas de source.

NOTE 2 Dans certains cas (niveaux élevés de surtension par arrachement de courant, ou lorsqu'une bobine d'inductance de neutre est présente ou dans le cas de bobines d'inductance shunt avec neutre isolé), il peut être nécessaire de spécifier un niveau d'isolement approprié qui est plus élevé que les valeurs assignées données ci-dessus.

5 Conception et construction

L'Article 5 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 62271-100:2008 est applicable, avec le complément suivant:

Les essais d'établissement et de coupure de courants inductifs effectués pour un courant assigné et un type d'application donnés peuvent être considérés comme valables pour un autre courant assigné et pour le même type d'application, tel que détaillé ci-après:

- a) pour l'établissement et la coupure de bobines d'inductance shunt à haute tension, de tension assignée supérieure ou égale à 52 kV, les essais à un courant assigné particulier doivent être considérés comme valables pour des applications jusqu'à 150 % de la valeur du courant d'essai;
- b) pour l'établissement et la coupure de bobines d'inductance shunt de tension assignée inférieure à 52 kV, des essais de type sont exigés, mais les séquences d'essais en court-circuit T30 et T10 couvriront les exigences; à condition que les valeurs de TTR de T30 et T10 soient supérieures ou égales aux valeurs de TTR en coupure de bobines d'inductance.
- c) pour l'établissement et la coupure de moteurs à haute tension, des essais de type pour les courants de moteurs bloqués à 100 A et 300 A sont considérés comme couvrant les courants de moteurs bloqués dans la plage de 100 A à 300A et le courant associé au courant de court-circuit de la séquence d'essais T10, conformément à 6.106.1 de la CEI 62271-100:2008.

Selon le 6.1a), l'objet des essais de type est de déterminer également les zones sans réallumage pour des connexions contrôlées et il convient de faire preuve de circonspection lorsque l'on envisage des applications à des valeurs de courants supérieures aux valeurs en essai.

L'Annexe B de la CEI 62271-100:2008 est applicable en ce qui concerne les tolérances sur les grandeurs d'essais.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 62271-100:2008 est applicable, avec le complément suivant:

Se reporter à 4.2.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

Le paragraphe 6.4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 6.6 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 6.7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

6.101 Essais mécaniques et climatiques

Le paragraphe 6.101 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.102 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure

Le paragraphe 6.102 de la CEI 62271-100:2008 est applicable, avec le complément suivant:

Les essais d'établissement et de coupure de courant de moteur à haute tension et de bobine d'inductance shunt doivent être effectués à la tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires et de commande ou, si nécessaire, à la tension maximale d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande pour obtenir un fonctionnement stable des manœuvres d'ouverture et de fermeture, conformément à 6.102.3.1 de la CEI 62271-100:2008, et avec la pression assignée de fonctionnement pour la coupure et l'isolement.

Pour les disjoncteurs à gaz, un essai d'établissement et de coupure de bobine d'inductance shunt doit aussi être effectué avec la pression minimale de fonctionnement pour la coupure et l'isolement. Cette exigence ne s'applique que pour la séquence d'essais 4 (voir 6.114.9).

6.103 Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit

Le paragraphe 6.103 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit

Le paragraphe 6.104 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.105 Procédure d'essai en court-circuit

Le paragraphe 6.105 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.106 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales

Le paragraphe 6.106 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.107 Essais au courant critique

Le paragraphe 6.107 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

6.108 Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre

Le paragraphe 6.108 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

Les paragraphes 6.109 à 6.112 de la CEI 62271-100:2008 ne sont pas applicables à la présente partie de la série CEI 62271.

6.113 Essais d'établissement et de coupure de moteur à haute tension

6.113.1 Applicabilité

Ce paragraphe s'applique aux disjoncteurs à courant alternatif triphasé de tensions assignées supérieures à 1 kV et allant jusqu'à 17,5 kV, utilisés pour l'établissement et la coupure de moteurs à haute tension. Les essais peuvent être effectués à 50 Hz avec une tolérance relative de $\pm 10\%$, ou 60 Hz avec une tolérance relative de $\pm 10\%$, les deux fréquences étant considérées comme équivalentes.

Les essais d'établissement et de coupure de moteurs s'appliquent à tous les disjoncteurs tripolaires de tensions assignées inférieures ou égales à 17,5 kV, qui peuvent être utilisés

pour l'établissement et la coupure de moteurs asynchrones triphasés à cage d'écureuil ou à bagues. Le disjoncteur peut avoir une tension assignée plus élevée que celle du moteur lorsqu'il est raccordé au moteur par un transformateur abaisseur. Cependant, l'application la plus courante est le raccordement direct par câble du disjoncteur au moteur. Lorsque des essais sont exigés, ils doivent être effectués selon 6.113.2 à 6.113.9.

Lorsque des dispositifs limiteurs de surtension sont obligatoires pour les appareils soumis aux essais, des dispositifs limiteurs de tension peuvent être inclus dans le circuit d'essai, à condition que les dispositifs fassent partie intégrante de l'appareil en essai.

Aucune limite de surtension n'est donnée car les surtensions dépendent uniquement de l'application considérée. Les surtensions entre phases doivent être aussi significatives que les surtensions entre phase et terre.

6.113.2 Généralités

Les essais de coupure et d'établissement peuvent être effectués soit sur site, soit en laboratoire. En ce qui concerne les surtensions, la coupure du courant d'un moteur de démarrage ou bloqué est normalement la manœuvre la plus sévère.

En raison du comportement non linéaire du circuit magnétique du moteur, il n'est pas possible de modéliser correctement l'établissement et la coupure d'un courant de moteur en utilisant des composants linéaires dans un laboratoire d'essais. Les essais effectués en utilisant des composants linéaires pour simuler des moteurs peuvent être considérés comme plus sévères que l'établissement et la coupure de vrais moteurs.

Un circuit normalisé simulant un moteur bloqué est spécifié pour les essais en laboratoire (voir Figure 1). Les paramètres de ce circuit d'essai ont été choisis pour représenter un cas relativement sévère en ce qui concerne les surtensions, et couvriront la majorité des applications pratiques.

Les essais en laboratoire sont effectués pour prouver la capacité d'un disjoncteur à établir et à couper les courants de moteurs, et pour déterminer son comportement en ce qui concerne les surtensions d'établissement et de coupure, les rallumages et l'arrachement de courant. Ces caractéristiques peuvent servir de base à l'estimation du fonctionnement du disjoncteur avec d'autres circuits de moteur. Les essais effectués avec les courants d'essais définis en 6.113.3 et 6.113.4 démontrent la capacité du dispositif de coupure à établir et à couper des courants de moteurs à haute tension jusqu'à son pouvoir de coupure assigné.

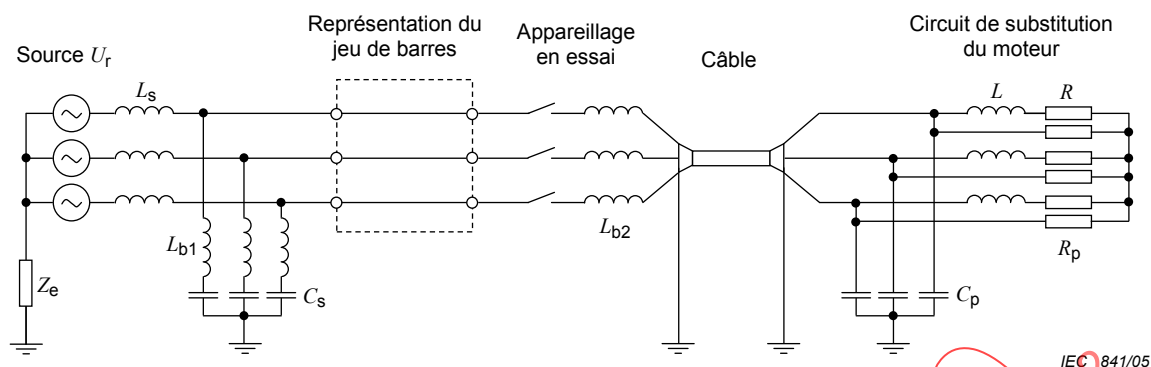
Pour les essais sur site, les circuits réels sont utilisés avec un réseau d'alimentation du côté source et un câble et un moteur du côté charge. Il peut y avoir aussi un transformateur entre le disjoncteur et le moteur. Cependant, les résultats de tels essais sur site ne sont valables que pour les disjoncteurs insérés dans des circuits similaires à ceux utilisés pour les essais.

L'appareil en essai comprend le disjoncteur avec des dispositifs de protection contre les surtensions, s'ils sont équipés normalement.

NOTE 1 Des surtensions peuvent être produites à l'établissement ou à la coupure de moteurs en rotation normale. Cette condition n'est pas représentée par le circuit de substitution, et est généralement considérée comme moins sévère que le cas du moteur bloqué.

NOTE 2 En période de démarrage, l'établissement et la coupure d'un moteur à bagues sont généralement moins sévères à cause de l'effet de la résistance de démarrage.

NOTE 3 La tension assignée du disjoncteur peut dépasser celle du moteur.



Légende

U_r	tension assignée	
Z_e	impédance de mise à la terre	impédance assez forte pour limiter le courant de défaut phase-terre au dessous du courant d'essai (peut être infinie)
L_s	inductance côté source	$\omega L_s \leq 0,1\omega L$, mais le courant de court-circuit présumé $\leq$ au courant de court-circuit assigné du disjoncteur en essai
C_s	capacité côté alimentation	0,03 μ F à 0,05 μ F pour le circuit d'alimentation A 1,5 μ F à 2 μ F pour le circuit d'alimentation B
L_{b1}	inductance des condensateurs et du raccordement	$\leq 2 \mu$ H
Représentation du jeu de barres		5 m à 7 m de longueur espacés suivant la tension assignée
L_{b2}	inductance des connexions	$\leq 5 \mu$ H
Câble		100 m $\pm$ 10 m, à écran, $Z_0 = 30 \Omega$ à 50Ω
L	inductance de substitution du moteur	circuit de charge 1: 100 A $\pm$ 10 A circuit de charge 2: 300 A $\pm$ 30 A
R	résistance de substitution du moteur	$\cos \theta \leq 0,2$
C_p	capacité parallèle de substitution du moteur	fréquence 10 kHz à 15 kHz
R_p	résistance parallèle de substitution du moteur	facteur d'amplitude 1,6 à 1,8

Figure 1 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de moteur et résumé des paramètres

6.113.3 Caractéristiques des circuits d'alimentation

6.113.3.1 Généralités

Un circuit d'alimentation triphasé doit être utilisé. Ces essais doivent être effectués en utilisant deux circuits d'alimentation différents A et B, tel que spécifié respectivement en 6.113.3.2 et 6.113.3.3. Le circuit d'alimentation A représente le cas d'un moteur connecté directement à un transformateur. Le circuit d'alimentation B représente le cas où des câbles en parallèle sont connectés sur le côté alimentation.

6.113.3.2 Circuit d'alimentation A

L'alimentation triphasée peut être mise à la terre par l'intermédiaire d'une impédance de forte valeur ohmique, de telle sorte que la tension d'alimentation soit définie par rapport à la terre.

La valeur de l'impédance doit être assez grande pour limiter le courant présumé d'un défaut entre phase et terre à une valeur inférieure au courant d'essai.

L'inductance de la source L_s ne doit pas être inférieure à celle qui correspond au courant assigné de coupure de court-circuit du disjoncteur essayé. Son impédance doit aussi ne pas être supérieure à 0,1 fois l'impédance de l'inductance du circuit de charge (voir 6.113.4).

La capacité C_s du circuit d'alimentation est représentée par trois condensateurs branchés en étoile, dont le point commun est mis à la terre. Leur valeur, y compris les capacités naturelles du circuit, doit être de $0,04 \mu\text{F} \pm 0,01 \mu\text{F}$. L'inductance L_{b1} des condensateurs et de leurs raccordements ne doit pas dépasser $2 \mu\text{H}$.

L'inductance du jeu de barres est représentée par trois barres longues de $6 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$ chacune et espacées d'une distance appropriée à la tension assignée.

6.113.3 Circuit d'alimentation B

Comme le circuit d'alimentation A, avec une valeur de capacité du circuit d'alimentation portée à $1,75 \mu\text{F} \pm 0,25 \mu\text{F}$.

6.113.4 Caractéristiques du circuit de charge

6.113.4.1 Généralités

Le circuit de charge doit être triphasé. Le circuit de substitution de moteur est raccordé au disjoncteur en essai par un câble à écran de $100 \text{ m} \pm 10 \text{ m}$ de long. Il est recommandé que le câble soit connecté directement aux bornes du moteur ou du circuit de substitution.

Il convient que l'inductance de toute connexion intermédiaire ne dépasse pas $3 \mu\text{H}$. Les deux extrémités de l'écran du câble doivent être mises à la terre, tel que représenté sur la Figure 1. Les essais doivent être effectués en utilisant deux circuits de substitution de moteur différents, tel que spécifié en 6.114.4.2 et 6.114.4.3. L'inductance L_{b2} des connexions entre disjoncteur et câble ne doit pas dépasser $5 \mu\text{H}$.

6.113.4.2 Circuit 1 de substitution de moteur

Une résistance et une inductance doivent être montées en série pour obtenir un courant de $100 \text{ A} \pm 10 \text{ A}$, avec un facteur de puissance inférieur à 0,2 en retard. Le point commun ne doit pas être raccordé à la terre. Une résistance R_p doit être connectée en parallèle avec l'impédance de chaque phase et la capacité C_p entre chaque phase et la terre, de sorte que le circuit de substitution du moteur ait une fréquence propre de $12,5 \text{ kHz} \pm 2,5 \text{ kHz}$ et un facteur d'amplitude de $1,7 \pm 0,1$, mesurés sur chaque phase avec les deux autres phases connectées à la terre. Les valeurs présumées des tensions transitoires de rétablissement doivent être déterminées conformément à l'Annexe F de la CEI 62271-100:2008. Un transformateur peut être introduit à l'extrémité aval du câble. Celui-ci doit être considéré comme faisant partie du circuit de substitution du moteur.

6.113.4.3 Circuit 2 de substitution de moteur

Comme le circuit 1 de substitution de moteur, mais en en réduisant la résistance en série et l'inductance pour obtenir un courant de $300 \text{ A} \pm 30 \text{ A}$ avec un facteur de puissance inférieur à 0,2 en retard. La tension transitoire de rétablissement présumée doit être la même que celle qui est spécifiée pour le circuit 1 de substitution de moteur.

6.113.5 Tension d'essai

- a) La moyenne des tensions appliquées ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_r divisée par $\sqrt{3}$ ni dépasser cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

Les différences entre la valeur moyenne et les tensions appliquées à chaque pôle ne doivent pas dépasser 5 %.

La tension assignée U_r est celle du disjoncteur lorsqu'on utilise le circuit de substitution, mais elle est celle du moteur lorsqu'on utilise un vrai moteur.

- b) La tension de rétablissement à fréquence industrielle du circuit d'essai peut être indiquée en pourcentage de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée ci-après. Elle ne doit pas être inférieure à 95 % de la valeur spécifiée et doit être maintenue conformément au 6.104.7 de la CEI 62271-100:2008.

La moyenne des tensions de rétablissement à fréquence industrielle ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_r du disjoncteur divisée par $\sqrt{3}$.

Il convient que la tension de rétablissement à fréquence industrielle de n'importe quel pôle ne soit pas différente de plus de 20 % de la valeur moyenne à la fin de la durée pendant laquelle elle est maintenue.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être mesurée entre les bornes d'un pôle dans chaque phase du circuit d'essai. Sa valeur efficace doit être déterminée sur l'oscillogramme entre une demi-période et une période à la fréquence d'essai après l'extinction finale de l'arc, comme indiqué sur la Figure 44 de la CEI 62271-100:2008. La distance verticale (respectivement V_1 , V_2 et V_3) entre la crête de la deuxième demi-période et la ligne droite joignant les crêtes respectives des demi-périodes précédente et suivante, doit être mesurée puis divisée par $2\sqrt{2}$ et multipliée par le facteur d'étalonnage approprié pour donner la valeur efficace de la tension enregistrée de rétablissement à fréquence industrielle.

6.113.6 Séquences d'essais

Les essais d'établissement et de coupure de courant de moteur doivent consister en quatre séquences d'essais, tel que spécifié au Tableau 1.

Tableau 1 – Séquences d'essais d'établissement et de coupure de courants de moteurs

Séquence d'essais	Circuit d'alimentation	Circuit de substitution de moteur
1	A	1
2	A	2
3	B	1
4	B	2

Chaque séquence d'essais doit comprendre:

- 20 essais avec les débuts des ordres de fermeture et d'ouverture répartis à des intervalles de 9 degrés électriques environ.

Les essais ci-dessus doivent être des cycles établissements-coupures ou des établissements et des coupures séparés, sauf pour les essais avec un vrai moteur, où ils doivent être seulement des établissements-coupures. Lorsque les essais sont effectués à l'aide du circuit de substitution de moteur, les contacts du disjoncteur ne doivent pas être séparés tant que toute composante continue du courant est inférieure à 20 %. Une durée d'établissement-coupure de 200 ms est recommandée pour les essais avec un vrai moteur.

6.113.7 Mesures d'essai

Les grandeurs suivantes, au moins, doivent être enregistrées à l'oscillographe ou avec d'autres techniques d'enregistrement adéquates, avec une bande passante et une résolution en temps suffisantes pour mesurer:

- la tension à fréquence industrielle;

- le courant à fréquence industrielle;
- la tension phase-terre aux bornes du moteur ou du circuit de substitution du moteur, dans les trois phases.

6.113.8 Comportement et état du disjoncteur

Les conditions suivantes doivent être remplies pour que les essais soient satisfaisants:

- a) le comportement du disjoncteur pendant les essais d'établissement et de coupure de courants de moteur est conforme aux conditions applicables données en 6.102.8 de la CEI 62271-100:2008;
- b) les essais de tension doivent être effectués conformément à 6.2.11 de la CEI 62271-100:2008;
- c) les rallumages doivent se produire entre les contacts d'arc.

6.113.9 Rapport d'essai

En plus des exigences de l'Annexe C de la CEI 62271-100:2008, le rapport d'essai doit comprendre une description minutieuse du circuit, y compris des détails suivants:

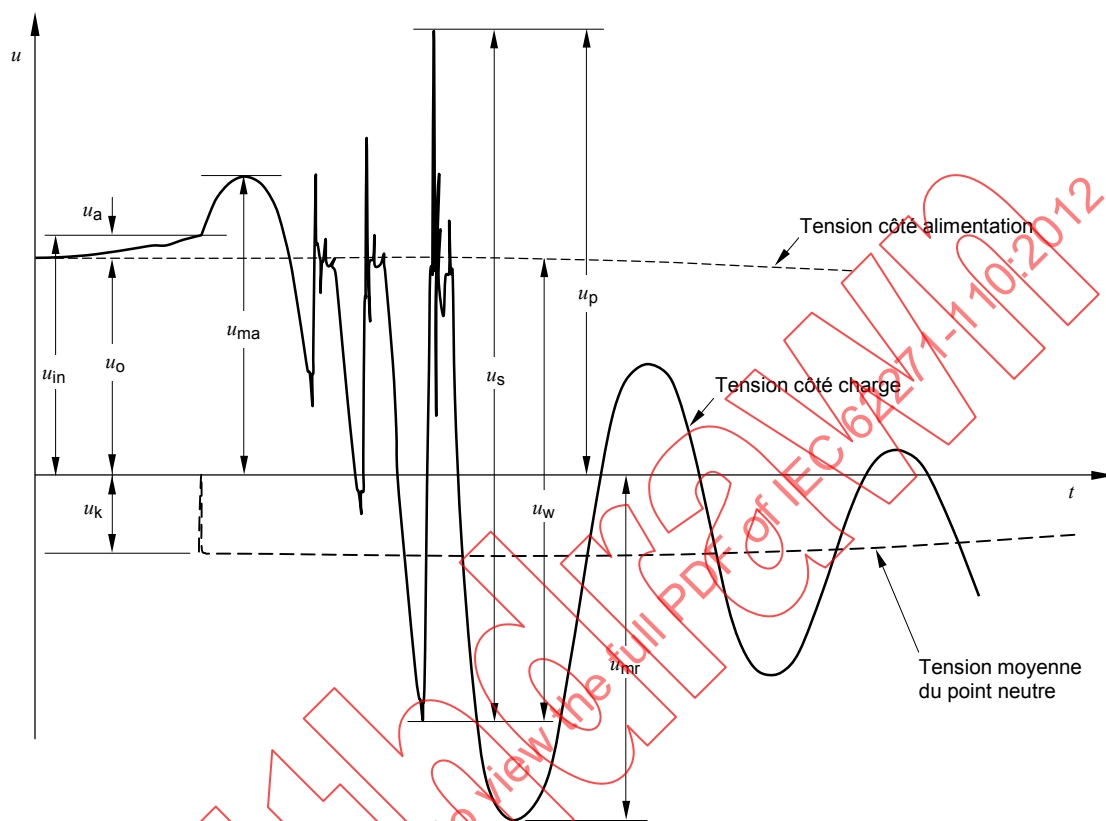
- les dimensions principales et caractéristiques du jeu de barres et des connexions au disjoncteur;
- les caractéristiques du câble:
 - longueur;
 - valeurs assignées;
 - type;
 - diélectrique de l'isolation principale – XLPE, papier/huile, etc.;
 - mise à la terre;
 - capacités;
 - impédance caractéristique.
- les paramètres du circuit de substitution de moteur:
 - fréquence propre;
 - facteur d'amplitude;
 - courant;
 - facteur de puissance.
- ou les détails du moteur réel:
 - type et caractéristiques;
 - tension assignée;
 - branchement des enroulements;
 - courant assigné du moteur;
 - courant de démarrage et facteur de puissance correspondant.
- les caractéristiques des surtensions.

Les caractéristiques suivantes des tensions aux bornes du moteur ou du circuit de substitution de moteur (Figure 2) doivent être évaluées à chaque essai:

- u_p surtension maximale;
- u_{ma} surtension crête d'extinction;
- u_{mr} crête de la tension côté charge par rapport à la terre;

- u_s variation de tension maximale crête à crête en cas de rallumage et/ou de préamorçage.

Lorsqu'il se produit des surtensions qui peuvent être dangereuses pour une application particulière, ou lorsque les caractéristiques du disjoncteur sont nécessaires, un programme d'essais plus complet sera exigé, ce programme sortant du domaine d'application de la présente norme.



IEC 842/05

Légende

u_0	valeur crête à la terre de la tension à fréquence industrielle
u_k	décalage de la tension du neutre lors de la coupure du premier pôle
u_a	chute de tension d'arc du disjoncteur
$u_{in} = u_0 + u_a$	tension initiale à l'instant d'arrachement du courant
u_{ma}	crête de la tension d'extinction à la terre
u_{mr}	crête de la tension côté charge à la terre
u_w	tension aux bornes du disjoncteur lors du rallumage
u_p	surtension maximale à la terre (peut être égale à u_{ma} ou u_{mr} s'il n'y a pas de rallumage)
u_s	variation maximale de tension crête à crête au rallumage

Figure 2 – Illustration des tensions transitoires lors de la coupure de courant inductif pour une première phase coupée dans un circuit triphasé dont le neutre n'est pas mis effectivement à la terre

6.114 Essais d'établissement et de coupure de courant de bobine d'inductance shunt

6.114.1 Applicabilité

Ces essais s'appliquent aux disjoncteurs triphasés à courant alternatif utilisés pour l'établissement et la coupure de courants stabilisés de bobines d'inductance shunt qui sont reliées directement au disjoncteur, sans transformateur interposé. Les essais peuvent être

effectués à 50 Hz avec une tolérance relative de ± 10 %, ou 60 Hz avec une tolérance relative de ± 10 %. Les essais effectués avec 50 Hz ou 60 Hz doivent être considérés comme valables pour les deux fréquences.

NOTE 1 La coupure et l'établissement de bobines d'inductance au tertiaire du côté haute tension du transformateur ne sont pas traités dans cette norme.

NOTE 2 Le cas de bobines d'inductance shunt mises à la terre à travers des bobines d'inductance de neutre n'est pas couvert par cette norme. Cependant, l'application des résultats d'essais, effectués suivant ce paragraphe, aux bobines d'inductance mises à la terre par bobine d'inductance de neutre (schéma à quatre noyaux), est discutée dans la CEI 62271-306.

6.114.2 Généralités

La coupure ou l'établissement de bobine d'inductance est une opération pour laquelle de faibles différences des paramètres du circuit peuvent produire de grandes différences de sévérité en service. Les résultats d'une quelconque série d'essais ne peuvent simplement être appliqués à un autre ensemble de conditions.

NOTE Des lignes directrices complémentaires sont données dans la CEI 62271-306.

Les essais de coupure et d'établissement peuvent être effectués soit sur site, soit en laboratoire. Les résultats obtenus sur site ne sont valables que pour les disjoncteurs installés dans un circuit similaire à ceux utilisés pour les essais.

Des circuits normalisés sont spécifiés, afin de démontrer la capacité du disjoncteur à couper les courants de bobine d'inductance, et afin de déterminer les caractéristiques d'arrachement (surtensions crêtes d'extinction) et de rallumage. Les paramètres de ces circuits d'essai représentent des cas typiques d'application avec une tension transitoire de rétablissement (TTR) relativement sévère, et sont considérés comme couvrant la majorité des applications pratiques.

Les essais en laboratoire peuvent aussi être effectués en utilisant une bobine d'inductance réelle, mais les rallumages et les amplitudes de surtension pendant la coupure et l'établissement du courant ne seront pas nécessairement valables pour d'autres cas d'installation.

6.114.3 Circuits d'essais

Quatre configurations de circuits de charge en service sont possibles, tel que représenté dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Configurations de circuits de charge en service

Configuration en service	Emplacement du disjoncteur	Mise à la terre du neutre de la bobine d'inductance	Valeurs TTR	Circuit d'essais
1	Côté source de la bobine d'inductance	Isolée	Tableau 3	Figure 3 ou Figure 4
2		Mise à la terre	Tableau 4	Figure 3 ou Figure 4
3	Côté de la bobine d'inductance	Isolée	Tableau 5	Figure 5
4		Mise à la terre	Tableau 6	Figure 4 ou Figure 5

Les configurations de circuits de charge en service sont couvertes par trois circuits d'essais détaillés dans les Tableaux 3, 4, 5 et 6 et les Figures 3, 4 et 5, respectivement.

NOTE 1 L'application d'un disjoncteur du côté neutre de la bobine d'inductance est uniquement envisagée à des tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV et les valeurs de TTR figurant dans les Tableaux 5 et 6 sont limitées à cette plage.

NOTE 2 Le circuit d'essai représenté à la Figure 4 est applicable pour la configuration 4 en service même si l'emplacement du disjoncteur est du côté source de la bobine d'inductance.

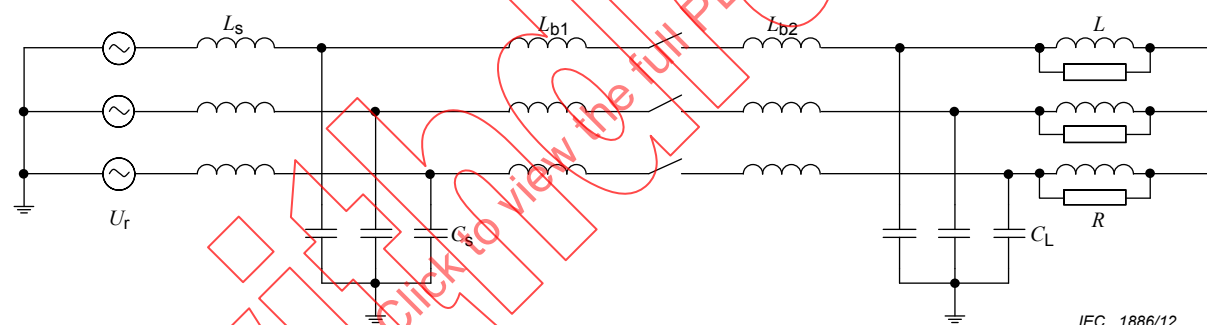
Les exigences selon 6.102.1 et 6.102.2 de la CEI 62271-100:2008 doivent être respectées.

Pour les disjoncteurs tripolaires à enveloppe unique, un essai en monophasé est admis, à condition que des tensions transitoires de rétablissement à la terre atteintes (enveloppe) soient acceptables.

Pour les bobines d'inductance non effectivement mises à la terre dans des réseaux à neutre directement à la terre, l'essai tripolaire n'est pas possible pour des valeurs plus élevées de tensions assignées. Les essais unipolaires sont permis dans le cas où le point neutre est mis à la terre avant la mise en service pour l'établissement et la coupure ou avec la méthode décrite dans la CEI 62271-306, qui est utilisée pour déterminer qu'un disjoncteur est adéquat pour cette application.

Pour un appareillage en essai comprenant un disjoncteur avec des dispositifs de protection contre les surtensions, les dispositifs peuvent être inclus dans le circuit d'essai, à condition que les dispositifs fassent partie intégrante du disjoncteur.

Lorsque des dispositifs limiteurs de surtension sont ajoutés au circuit d'essai pour sa protection contre des surtensions excessives possibles, on doit prouver que ces dispositifs n'ont pas limité les surtensions mesurées pendant les essais, par exemple en enregistrant le courant dans ces dispositifs.

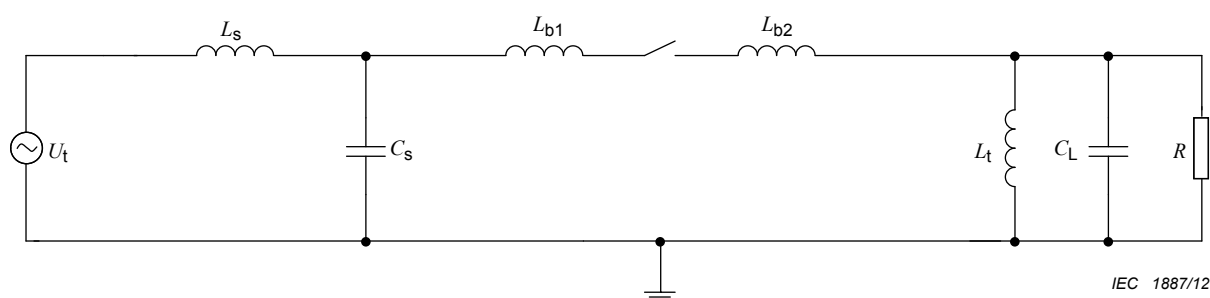


Légende

- U_r tension assignée
- L_s inductance de la source
- L_{b1}, L_{b2} inductance des connexions
- L inductance de la bobine d'inductance
- C_s capacité de la source
- C_L capacité de la charge
- R représentation des pertes de la charge (pour obtenir un facteur d'amplitude de 1,9)

NOTE Le neutre de la bobine d'inductance peut être isolé ou relié à la terre

**Figure 3 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de bobine d'inductance –
Circuit d'essai triphasé pour les configurations de circuit de charge en service 1 et 2
(Tableau 2)**



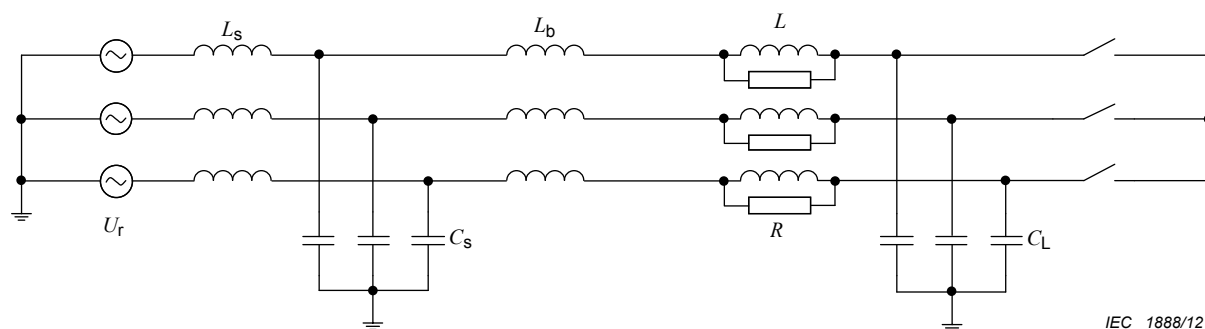
Légende

U_t	tension d'essai
L_s	inductance de la source
L_{b1}, L_{b2}	inductance des connexions
L	inductance de la bobine d'inductance
C_s	capacité de la source
C_L	capacité de la charge
R	représentation des pertes de la charge (pour obtenir un facteur d'amplitude de 1,9)

NOTE 1 Pour les configurations de circuit de charge en service 2 et 4 (Tableau 2) $U_t = U_r / \sqrt{3}$ et $L_t = L$ où L est l'inductance de la bobine d'inductance.

NOTE 2 Pour la configuration de circuit de charge en service 1 (Tableau 2) $U_t = 1,5 U_r / \sqrt{3}$ et $L_t = 1,5 L$ où L est l'inductance de la bobine d'inductance

Figure 4 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de bobine d'inductance – Circuit d'essai monophasé pour configurations de circuit de charge en service 1, 2 et 4 (Tableau 2)



Légende

U_r	tension assignée
L_s	inductance de la source
L_b	inductance de la connexion
L	inductance de la bobine d'inductance
C_s	capacité de la source
C_L	capacité de la charge
R	représentation des pertes de la charge (pour obtenir un facteur d'amplitude de 1,9)

NOTE Il s'agit du seul circuit d'essai pouvant être utilisé pour ce cas. Aucun circuit d'essai monophasé ne fournira le courant d'essai correct et les valeurs de TTR et v_3 .

Figure 5 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de la bobine d'inductance – Circuit d'essai triphasé pour les configurations de circuit de charge en service 3 (Tableau 2)

6.114.4 Caractéristiques du circuit d'alimentation

L'inductance de la source L_s ne doit pas être inférieure à celle qui correspond au courant assigné de court-circuit du disjoncteur, ni supérieure de plus de 10 % à l'inductance du circuit de charge L .

La capacité de la source C_s doit être au moins 10 fois celle de la capacité de charge C_L .

La TTR du circuit d'alimentation a une influence négligeable sur celle du circuit complet et n'est donc pas spécifiée.

6.114.5 Caractéristiques des câbles de connexion

L'inductance totale $L_b = L_{b1} + L_{b2}$ des câbles peut être partagée entre le côté alimentation et le côté charge. La valeur de L_b n'est pas spécifiée, mais il est recommandé qu'elle soit aussi petite que possible.

6.114.6 Caractéristiques des circuits de charge

6.114.6.1 Généralités

Les circuits de charge doivent comporter une bobine d'inductance ou, en alternative, une bobine d'inductance à air ou une bobine d'inductance à noyau magnétique, avec une capacité à la terre et une résistance appropriées, afin de produire une tension transitoire présumée dont les valeurs ne sont pas moins sévères que celles indiquées dans les Tableaux 3, 4, 5 et 6.