

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-88910-656-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 General	6
1.1 Scope.....	6
1.2 Normative references	6
2 Normal and special service conditions	6
3 Definitions	6
4 Ratings.....	7
4.1 Rated voltage (U_r).....	7
4.2 Rated insulation level	7
4.3 Rated frequency (f_r)	7
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise.....	7
4.5 Rated short-time withstand current (I_k).....	7
4.6 Rated peak withstand current (I_p).....	7
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)	7
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	7
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits	7
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation, operation and/or interruption	7
5 Design and construction	8
6 Type tests	8
6.1 General	8
6.2 Dielectric test	8
6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) tests	9
6.4 Measurement of the resistance of the main circuit	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 (EMC) tests	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.....	9
6.104 Short-circuit test quantities	9
6.105 Short-circuit test procedures.....	9
6.106 Basic short-circuit test duties	10
6.107 Critical current tests	10
6.108 Single-phase and double-earth fault tests	10
6.114 High-voltage motor current switching tests.....	10
6.115 Shunt reactor current switching tests	14
7 Routine tests	19
8 Guide to selection of circuit-breakers for service	19
9 Information to be given with enquiries, tenders and orders	19
10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	20
11 Safety.....	20

Bibliography.....	24
Figure 1 – Motor switching test circuit and summary of parameters.....	20
Figure 2 – Illustration of transient voltages at interruption of inductive current for first phase clearing in a three-phase non-solidly earthed circuit	21
Figure 3 – Reactor switching test – Basic layout of three-phase test circuit.....	22
Figure 4 – Reactor switching test – Basic layout of single-phase test circuit	22
Figure 5 – Illustration of transient voltages at interruption of inductive current for a single-phase test	23
Table 1 – Test duties at motor current switching tests.....	13
Table 2 – Prospective transient voltage of load circuit including connection to the circuit-breaker.....	16
Table 3 – Load circuit 1 test currents	17
Table 4 – Load circuit 2 test currents	17
Table 5 – Test duties for reactor current switching tests	18

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2009

Withdrawing

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 second edition cancels and replaces the first edition dated 2005 and constitutes an editorial revision. The main changes from the first edition are that all references to IEC 60694 have been replaced with IEC 62271-1.

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

FDIS	Report on voting
17A/843/FDIS	17A/856/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, first edition, published in 2007, and with IEC 62271-100, second edition, published in 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 maintenance result 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.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 110: Inductive load switching

1 General

1.1 Scope

This International Standard 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 1000 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 [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 CIGRE Technical Brochure 305 [1], 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 is otherwise applicable.

1.2 Normative references

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

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

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 62271-1 is applicable.

3 Definitions

For the purposes of this document, the definitions of IEC 60050(441) and IEC 62271-1 apply.

4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-100 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.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 62271-1 is applicable.

4.2 Rated insulation level

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

The rated values stated in Tables 1a and 1b and Tables 2a and 2b of IEC 62271-1 are applicable with the exception of column (8) in the latter two tables.

NOTE 1 The reason for this exception is the passive 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 may be necessary to specify an appropriate insulation level which is higher than the rated values given in Tables 1a, 1b, 2a and 2b.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The standard values for the rated frequency of high voltage circuit-breakers are 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise

Subclause 4.4 of IEC 62271-1 is applicable.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC 62271-100 is applicable.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 62271-100 is applicable.

4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 62271-100 is applicable.

4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)

Subclause 4.8 of IEC 62271-1 is applicable.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits

Subclause 4.9 of IEC 62271-1 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation, operation and/or interruption

Subclause 4.10 of IEC 62271-1 is applicable.

4.101 Rated short-circuit breaking current (I_{sc})

Subclause 4.101 of IEC 62271-100 is applicable.

4.102 Transient recovery voltage related to the rated short-circuit breaking current

Subclause 4.102 of IEC 62271-100 is applicable.

4.103 Rated short-circuit making current

Subclause 4.103 of IEC 62271-100 is applicable.

4.104 Rated operating sequence

Subclause 4.104 of IEC 62271-100 is applicable.

4.108 Inductive load switching

This standard is applicable.

4.109 Rated time quantities

Subclause 4.109 of IEC 62271-100 is applicable.

4.110 Number of mechanical operations

Subclause 4.110 of IEC 62271-100 is applicable.

5 Design and construction

Clause 5 of IEC 62271-100 is applicable.

6 Type tests

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-100 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 the tested current value +20 %;
- b) for shunt reactor switching at rated voltage below 52 kV, no type testing is required and reference should be made to the guide [1];
- c) for high-voltage motor switching, no further type testing is considered necessary for stalled motor currents between 100 A and 300 A or for stalled motor currents between 300 A and the current associated with the short-circuit current of test duty T10 according to 6.106.1 of IEC 62271-100.

6.2 Dielectric test

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

Refer to 4.2 of this standard.

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

Subclause 6.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.4 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 6.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 62271-1 is applicable.

6.7 Verification of protection

Subclause 6.7 of IEC 62271-1 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility (EMC) tests

Subclause 6.9 of IEC 62271-1 is applicable.

6.101 Mechanical and environmental tests

Subclause 6.101 of IEC 62271-100 is applicable.

6.102 Miscellaneous provisions for making and breaking tests

Subclause 6.102 of IEC 62271-100 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 and at rated functional pressure for interruption and insulation. For gas circuit-breakers shunt reactor switching tests shall also be performed at the minimum functional pressure for interruption and insulation.

6.103 Test circuits for short-circuit making and breaking tests

Subclause 6.103 of IEC 62271-100 is applicable.

6.104 Short-circuit test quantities

Subclause 6.104 of IEC 62271-100 is applicable.

6.105 Short-circuit test procedures

Subclause 6.105 of IEC 62271-100 is applicable.

6.106 Basic short-circuit test duties

Subclause 6.106 of IEC 62271-100 is applicable.

6.107 Critical current tests

Subclause 6.107 of IEC 62271-100 is applicable.

6.108 Single-phase and double-earth fault tests

Subclause 6.108 of IEC 62271-100 is applicable.

NOTE Subclauses 6.109 to 6.112 of IEC 62271-100 are not applicable to this standard.

6.114 High-voltage motor current switching tests

6.114.1 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 6.114.2 to 6.114.9.

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.

6.114.2 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 6.114.3 and 6.114.4 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 may be produced when switching running motors. This condition is not represented by the substitute circuit, but is regarded as less severe.

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 may differ from that of the motor.

6.114.3 Characteristics of the supply circuits

6.114.3.1 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 6.114.3.2 and 6.114.3.3, 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.

6.114.3.2 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 6.114.4).

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.

6.114.3.3 Supply circuit B

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

6.114.4 Characteristics of the load circuit

6.114.4.1 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. The tests shall be performed using two different motor substitute circuits as specified in 6.114.4.2 and 6.114.4.3. The inductance L_{b2} of the connections between the circuit-breaker and cable shall not exceed $5 \mu\text{H}$.

6.114.4.2 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. A transformer may be introduced at the load end of the cable. This shall be considered as part of the motor substitute circuit.

6.114.4.3 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.

6.114.5 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 Subclause 6.104.7 of IEC 62271-100.

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. 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, gives the r.m.s. value of the recorded power frequency recovery voltage.

6.114.6 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.

6.114.7 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.

6.114.8 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 as applicable;
- b) voltage tests shall be performed in accordance with 6.2.11 of IEC 62271-100;
- c) re-ignitions shall take place between the arcing contacts.

6.114.9 Test report

In addition to the requirements of Annex C of IEC 62271-100, 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 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 (refer to 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.

6.115 Shunt reactor current switching tests

6.115.1 Applicability

These tests are applicable to three-phase alternating current circuit-breakers having rated voltages of 52 kV and above, 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 frequency shall be considered as valid for the other frequency.

NOTE 1 By reference to CIGRÉ Technical Brochure 305 [1], shunt reactor switching tests are not required for circuit-breakers applied to switch shunt reactors at rated voltages below 52 kV.

NOTE 2 The switching of tertiary reactors from the high-voltage side of the transformer is not covered in this standard.

NOTE 3 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 CIGRÉ Technical Brochure 305 [1].

6.115.2 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 CIGRÉ Technical Brochure 305 [1].

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.

6.115.3 Test circuits

For laboratory tests, standard circuits are specified according to the following:

- a three-phase test circuit according to Figure 3;
- a single-phase test circuit according to Figure 4.

For convenience of testing, single-phase tests on one pole, or part thereof of multi-enclosure type circuit-breakers may be performed for rated voltages of 52 kV and above representing earthed reactors.

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

In non-solidly earthed systems and for three-pole in one enclosure type circuit-breakers a three-phase test circuit shall be used. The reactor neutral point may be earthed as applicable in the latter case.

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 CIGRÉ Technical Brochure 305 [1] is used to determine the suitability of the circuit-breaker for the application.

The switchgear under test shall include the circuit-breaker with overvoltage protection devices if they are normally fitted.

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.

6.115.4 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.

6.115.5 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.

6.115.6 Characteristics of the load circuits

6.115.6.1 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 Table 2.

Table 2 – Prospective transient voltage of load circuit including connection to the circuit-breaker

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
52	121	54	95
72,5	169	63	112
100	233	105	186
123	286	116	207
145	337	126	224
170	396	137	243
245	380	164	290
300	465	181	321
362	562	199	353
420	652	214	380
550	853	245	435
800	1 241	296	525

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

NOTE 1 The transient voltage is of a damped (1-cos) form and the values are for the first pole-to-clear.

NOTE 2 The first-pole-to-clear factor k_{pp} is 1,0 for rated voltages of 245 kV and above assuming reactors with earthed neutral and 1,5 for rated voltages below 245 kV assuming reactors with isolated neutral. 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 52 kV and below 245 kV;
- 2 600 pF for voltages of 245 kV and above.

NOTE 4 The recovery voltages given in the table are not necessarily representative for field application, but are suitable to determine the current chopping behaviour of the circuit-breaker. In the case that a re-ignition-free window has to be demonstrated, the TRV time parameter may need to 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.

6.115.6.2 Load circuit 1

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

Table 3 – Load circuit 1 test currents

Rated voltage kV	Test current A ± 20 %
52 – 72,5	630
≥100	315

6.115.6.3 Load circuit 2

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

Table 4 – Load circuit 2 test currents

Rated voltage kV	Test current A ± 20 %
52 – 72,5	200
≥100	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. Tests performed at a minimum current are valid for all higher current applications up to the rated current of the circuit-breaker.

6.115.7 Earthing of the test circuit

For circuit-breakers with rated voltages below 245 kV, the load of the three-phase test circuit shall be unearthed, while the neutral point of the supply is earthed.

For circuit-breakers rated 245 kV and above, both the supply and the load of the three-phase test circuit shall be earthed.

6.115.8 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.

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 the product of $U_r/\sqrt{3}$ and the following factor:

- a) 1,0 for full pole tests of circuit-breakers rated 245 kV and above;
- b) 1,5 for full pole tests of circuit-breakers rated 170 kV and below.

NOTE Item b) represents earthed reactors in non-solidly earthed systems and test results should therefore be used with care.

For unit tests, the test voltage shall be chosen to correspond to the most stressed unit of the pole of the circuit-breaker.

6.115.9 Test duties

The reactor switching tests shall consist of two three-phase test duties or three single-phase test duties using the supply circuit detailed in 6.115.4 and the load circuits detailed in 6.115.6.2 and 6.115.6.3.

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 and of 18 electrical degrees for single-phase tests.

For single-phase tests, the third test duty consisting of 18 breaking operations 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. Six breaking operations shall be made with the initiation of the tripping impulse at the point that gave the highest breakdown voltage u_w . Six 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, the third test duty 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, 10 breaking operations shall be made with the initiation of the tripping impulse distributed at intervals of 36 electrical degrees.

The test duties are summarized in Table 5.

Table 5 – 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 (6.115.6.2)
2	20	20	Load circuit 2 (6.115.6.3)
3	–	18	Load circuit 2 (6.115.6.3)
4	10	10	Load circuit 2 (6.115.6.3)

The current value used in test duty 2 and 3 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 should be adjusted to the lower limit of the actual current range.

6.115.10 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.

6.115.11 Behaviour and condition of circuit-breaker

The criteria for successful testing are as follows:

- a) the circuit-breaker shall consistently interrupt the current with re-ignitions at one current zero crossing only.

Voltage tests shall be performed in accordance with 6.2.11 of IEC 62271-100;

NOTE If no re-ignitions occur during the test, visual inspection is sufficient and the voltage test may be omitted.

- b) re-ignitions shall always occur between the arcing contacts.

6.115.12 Test report

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

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

The following characteristics of the voltages at the reactor terminals at each test shall be evaluated (Figure 5):

- 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});
- u_w : voltage across circuit-breaker at the instant of re-ignition.

NOTE The application of the test results to predict overvoltages in actual installations is treated in the guide [1].

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 62271-100 is applicable.

8 Guide to selection of circuit-breakers for service

Clause 8 of IEC 62271-100 is applicable and further reference should be made to CIGRE Technical Brochure 305 [1].

NOTE 1 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.

NOTE 2 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.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

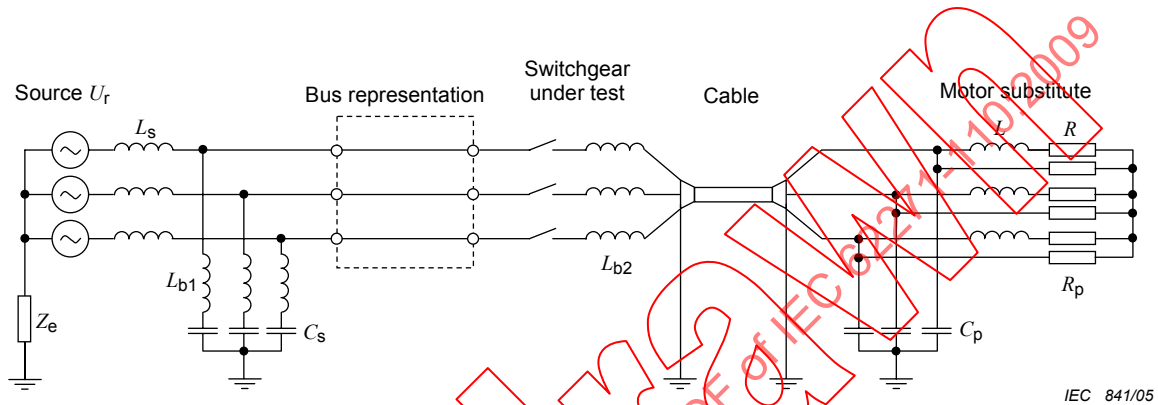
Clause 9 of IEC 62271-100 is applicable.

10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 62271-100 is applicable.

11 Safety

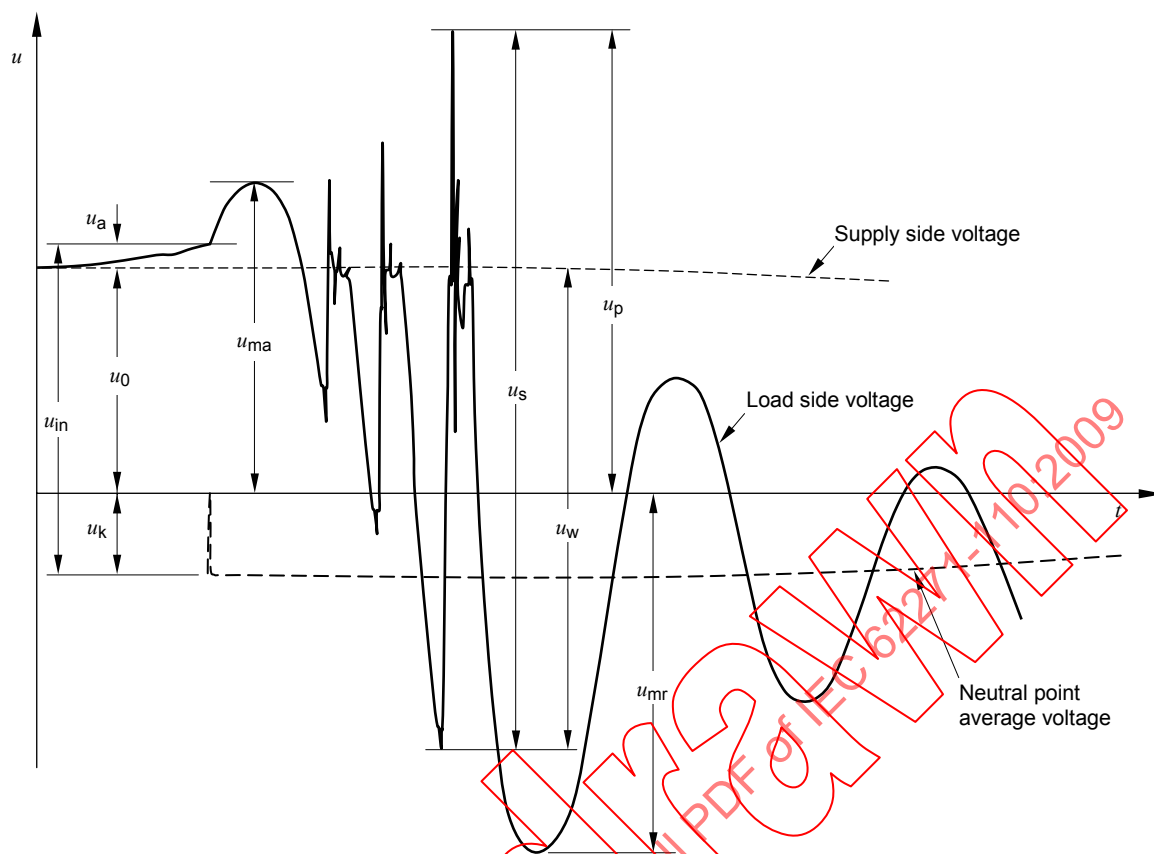
Clause 11 of IEC 62271-100 is applicable.



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

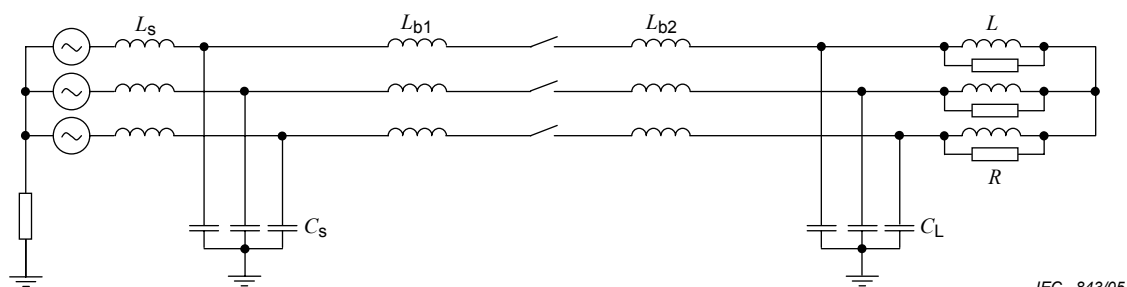


IEC 2293/08

Key

u_0	power frequency voltage crest value to earth
u_x	neutral voltage shift at first-pole interruption
u_a	circuit-breaker arc voltage drop
$u_{in} = u_0 + u_a + u_c$	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

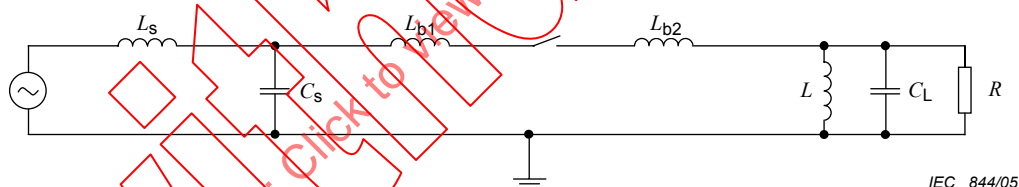
Figure 2 – Illustration of transient voltages at interruption of inductive current for first phase clearing in a three-phase non-solidly earthed circuit



Key

- 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)

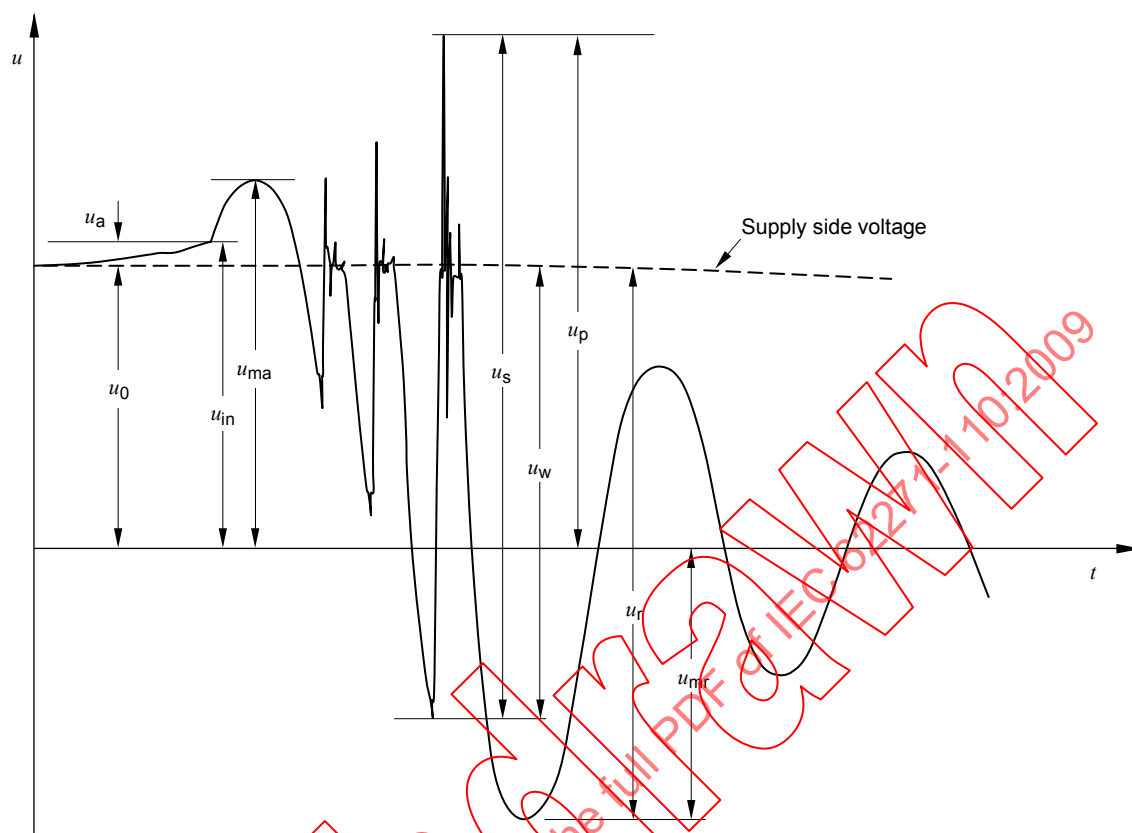
Figure 3 – Reactor switching test – Basic layout of three-phase test circuit



Key

- 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)

Figure 4 – Reactor switching test – Basic layout of single-phase test circuit



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 5 – Illustration of transient voltages at interruption of inductive current for a single-phase test

Bibliography

- [1] CIGRE Technical Brochure 305: Guide for application of IEC 62271-100 and 62271-1 – Part 2: Making and breaking tests (2006)
 - [2] IEC 60470, *High-voltage alternating current contactors and contactor-based motor-starters*
-

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2009

Withdrawn

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-110:2009

Withdrawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
1 Généralités.....	30
1.1 Domaine d'application	30
1.2 Références normatives.....	30
2 Conditions normales et spéciales de service	30
3 Définitions	31
4 Caractéristiques assignées.....	31
4.1 Tension assignée (U_r)	31
4.2 Niveau d'isolement assigné	31
4.3 Fréquence assignée (f_r)	31
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement	31
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k).....	31
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	31
4.7 Durée de court-circuit assigné (t_k).....	31
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires et de commande (U_a).....	31
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires et de commande	32
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manoeuvre et/ou la coupure	32
5 Conception et construction	32
6 Essais de type	32
6.1 Généralités.....	32
6.2 Essais diélectriques.....	33
6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique	33
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal.....	33
6.5 Essais d'échauffement.....	33
6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible	33
6.7 Vérification de la protection	33
6.8 Essais d'étanchéité.....	33
6.9 Essais de compatibilité électromagnétique.....	33
6.101 Essais mécaniques et climatiques	33
6.102 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	33
6.103 Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court- circuit	34
6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit	34
6.105 Procédures d'essai en court-circuit	34
6.106 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	34
6.107 Essais au courant critique.....	34
6.108 Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre	34
6.114 Essais d'établissement et de coupure de moteur à haute tension	34
6.115 Essais d'établissement et de coupure de courant de réactance shunt	38
7 Essais individuels.....	44
8 Guide pour la sélection d'un disjoncteur en service	44
9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes.....	44

10 Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance	45
11 Sécurité.....	45
Bibliographie.....	49

Figure 1 – Circuit d'essai d'établissement et de coupure de moteur et résumé des paramètres	45
---	----

Figure 2 – Illustration des tensions transitoires lors de la coupure de courant inductif; première phase coupée dans un circuit triphasé dont le neutre n'est pas mis effectivement à la terre	46
--	----

Figure 3 – Essai d'établissement et de coupure de réactance – Disposition de principe d'un circuit d'essai triphasé.....	47
--	----

Figure 4 – Essai d'établissement et de coupure de réactance – Disposition de principe d'un circuit d'essai monophasé	47
--	----

Figure 5 – Illustration des tensions transitoires lors de la coupure du courant inductif pour un essai monophasé	48
--	----

Tableau 1 – Séquences d'essais d'établissement et de coupure de courants de moteurs	37
---	----

Tableau 2 – Tension transitoire présumée du circuit de charge incluant la connexion du disjoncteur	41
--	----

Tableau 3 – Courants d'essais pour circuit de charge 1	41
--	----

Tableau 4 – Courants d'essais pour circuit de charge 2	42
--	----

Tableau 5 – Séquences d'essais d'établissement et de coupure de courant de réactance	43
--	----

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La 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 deuxième édition annule et remplace la première édition datée 2005, elle constitue une révision rédactionnelle. Par rapport à la première édition toutes les références à la CEI 60694 ont été remplacées par la celles à la CEI 62271-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/843/FDIS	17A/856/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 en conjonction avec la CEI 62271-1, première édition, parue en 2007, et avec la CEI 62271-100, deuxième édition, parue en 2008, auxquelles elle se réfère et qui sont applicables sauf indication contraire. Afin de simplifier l'indication des exigences correspondantes, la numérotation des articles et paragraphes utilisée est la même que celle des CEI 62271-1 et 62271-100. Les paragraphes supplémentaires 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 maintenance 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.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 110: Manœuvre de charges inductives

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente norme 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 CEI 62271-100 et qui sont utilisés pour l'établissement et la coupure de courants de moteurs à haute tension et de réactances shunt, et aussi aux contacteurs à haute tension utilisés pour l'établissement et la coupure de courants de moteurs à haute tension [2].

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

- a) à cause 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 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 CIGRÉ Brochure Thématique 305 [1], 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 réallumage du disjoncteur et des fréquences de résonances du bobinage du transformateur.

L'établissement et la coupure de défaut en ligne, courant de discordance de phases et courants capacitifs ne sont pas applicables aux disjoncteurs pour la manœuvre de réactances 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 est par ailleurs applicable.

1.2 Références normatives

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

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

2 Conditions normales et spéciales de service

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

3 Définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions de la CEI 60050(441) et de la CEI 62271-1 s'appliquent.

4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de la CEI 62271-100 est applicable, à l'exception des références à l'établissement et à la coupure de défauts-proches-en-ligne, discordances de phases, courants capacitifs et comme indiqué dans les paragraphes particuliers ci-après.

4.1 Tension assignée (U_r)

Le Paragraphe 4.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le Paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1 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 sont applicables à l'exception de la colonne (8) des deux derniers tableaux.

NOTE 1 Cette exception est due à la nature passive du circuit de charge par réactance shunt.

NOTE 2 Dans certains cas (niveaux élevés de surtension par arrachement de courant, ou lorsqu'une réactance de neutre est présente ou dans le cas de réactances shunt avec neutre isolé), il peut être nécessaire de spécifier un niveau d'isolement approprié qui est plus élevé que les valeurs assignées données dans les Tableaux 1a, 1b, 2a et 2b.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le Paragraphe 4.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Les valeurs assignées de la fréquence assignée des disjoncteurs à haute tension sont 50 Hz et 60 Hz.

4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement

Le Paragraphe 4.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le Paragraphe 4.5 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le Paragraphe 4.6 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.7 Durée de court-circuit assigné (t_k)

Le Paragraphe 4.7 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le Paragraphe 4.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture des circuits auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 4.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manoeuvre et/ou la coupure

Le Paragraphe 4.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{sc})

Le Paragraphe 4.101 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.102 Tension transitoire de rétablissement relative au pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Le Paragraphe 4.102 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Le Paragraphe 4.103 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.104 Séquence de manoeuvre assignée

Le Paragraphe 4.104 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.108 Etablissement et coupure de charge inductive

Cette norme est applicable.

4.109 Durées assignées

Le Paragraphe 4.109 de la CEI 62271-100 est applicable.

4.110 Nombre de manoeuvres mécaniques

Le Paragraphe 4.110 de la CEI 62271-100 est applicable.

5 Conception et construction

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

6 Essais de type

6.1 Généralités

Le Paragraphe 6.1 de la CEI 62271-100 est applicable avec le complément suivant:

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

- a) pour l'établissement et la coupure de réactances shunt de tension assignée supérieure ou égale à 52 kV, les essais à un courant assigné particulier doivent être considérés comme valables pour des applications avec un courant jusqu'à +20 % du courant d'essais;

- b) pour l'établissement et la coupure de réactances shunt de tension assignée inférieure à 52 kV, aucun essai de type n'est exigé et il convient de se référer au guide [1];
- c) pour l'établissement et la coupure de moteurs, aucun essai de type supplémentaire n'est nécessaire pour les courants de moteurs bloqués compris entre 100 A et 300 A ou pour les courants de moteurs bloqués compris entre 300 A et le courant correspondant à la séquence d'essais de type de courant de court-circuit T10 suivant 6.106.1 de la CEI 62271-100.

6.2 Essais diélectriques

Le Paragraphe 6.2 de la CEI 62271-100 est applicable avec le complément suivant:

Se référer à 4.2 de cette norme.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le Paragraphe 6.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le Paragraphe 6.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

Le Paragraphe 6.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

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

Le Paragraphe 6.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.7 Vérification de la protection

Le Paragraphe 6.7 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le Paragraphe 6.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique

Le Paragraphe 6.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.101 Essais mécaniques et climatiques

Le Paragraphe 6.101 de la CEI 62271-100 est applicable.

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

Le Paragraphe 6.102 de la CEI 62271-100 est applicable avec le complément suivant:

Les essais d'établissement et de coupure de courant de moteur à haute tension et de réactance 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 suivant 6.102.3.1 de la CEI 62271-100, et avec la pression assignée pour la coupure et l'isolement. Pour les disjoncteurs à gaz, les essais de réactance shunt doivent aussi être effectués avec la pression minimale pour la coupure et l'isolement.

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 est applicable.

6.104 Caractéristiques pour les essais de court-circuit

Le Paragraphe 6.104 de la CEI 62271-100 est applicable.

6.105 Procédures d'essai en court-circuit

Le Paragraphe 6.105 de la CEI 62271-100 est applicable.

6.106 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales

Le Paragraphe 6.106 de la CEI 62271-100 est applicable.

6.107 Essais au courant critique

Le Paragraphe 6.107 de la CEI 62271-100 est applicable.

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

Le Paragraphe 6.108 de la CEI 62271-100 est applicable.

NOTE Les Paragraphes 6.109 à 6.112 de la CEI 62271-100 ne sont pas applicables à cette norme.

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

6.114.1 Domaine d'application

Ce paragraphe s'applique aux disjoncteurs et contacteurs 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 tension assignée égale ou inférieure 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 haute que celle du moteur et être raccordé au moteur par un transformateur abaisseur. Cependant, l'application la plus courante est le raccordement direct du disjoncteur au moteur. Lorsque des essais sont exigés, ils doivent être effectués selon 6.114.2 à 6.114.9.

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

6.114.2 Généralités

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

A cause 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 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 ont été choisis pour représenter un cas relativement sévère en ce qui concerne les surtensions et couvrent la majorité des applications pratiques.

Les essais en laboratoire sont effectués pour prouver la capacité du disjoncteur à établir et à couper les courants de moteur et pour déterminer son comportement en ce qui concerne les surtensions d'établissement et de coupure, les réallumages et l'arrachage 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 6.114.3 et 6.114.4 démontrent la capacité d'un 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 à l'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 normalisé de laboratoire car elle est considérée comme moins sévère.

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 être différente de celle du moteur.

6.114.3 Caractéristiques des circuits d'alimentation

6.114.3.1 Généralités

Un circuit d'alimentation triphasé doit être utilisé. Ces essais doivent être effectués en utilisant deux circuits d'alimentation différents A et B comme spécifié respectivement en 6.114.3.2 et 6.114.3.3. Le circuit d'alimentation A représente le cas d'un moteur connecté directement au transformateur. Le circuit d'alimentation B représente le cas où des câbles en parallèle sont connectés sur le côté alimentation.

6.114.3.2 Circuit d'alimentation A

L'alimentation triphasée peut être mise à la terre par l'intermédiaire d'une impédance de forte valeur ohmique en 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 plus forte que 0,1 fois l'impédance de l'inductance du circuit de charge (voir 6.114.4).

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 doit être inférieure à $2 \mu\text{H}$.

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.

6.114.3.3 Circuit d'alimentation B

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

6.114.4 Caractéristiques du circuit de charge

6.114.4.1 Généralités

Le circuit de charge doit être triphasé. Le circuit de substitution de moteur est raccordé au disjoncteur en essai par un câble à champ radial (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 n'excède pas $3 \mu\text{H}$. Les deux extrémités de l'écran du câble doivent être mises à la terre. Les essais doivent être effectués en utilisant deux circuits de substitution de moteur différents comme spécifié en 6.114.4.2 et 6.114.4.3. L'inductance L_{b2} des connexions entre disjoncteur et câble doit être inférieure à $5 \mu\text{H}$.

6.114.4.2 Circuit 1 de substitution de moteur

Une résistance et une réactance 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 un condensateur C_p entre chaque phase et terre en 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 suivant l'Annexe F de la CEI 62271-100. Un transformateur peut être introduit à l'extrémité en aval du câble. Celui-ci doit être considéré comme faisant partie du circuit de substitution du moteur.

6.114.4.3 Circuit 2 de substitution de moteur

Comme le circuit 1 de substitution de moteur, mais en en réduisant la résistance et la réactance pour obtenir un courant de $300 \text{ A} \pm 30 \text{ A}$ avec un facteur de puissance inférieure 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.

6.114.5 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 excéder 5 %.

La tension assignée U_r est celle du disjoncteur lorsque l'on utilise le circuit de substitution, mais elle est celle du moteur lorsque l'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 à 6.104.7 de la CEI 62271-100.

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 du 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 industrielle après l'extinction finale de l'arc, comme indiqué à la Figure 44 de la CEI 62271-100. 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 rapport d'étalonnage approprié pour donner la valeur efficace de la tension enregistrée de rétablissement à fréquence industrielle.

6.114.6 Séquences d'essais

Les essais d'établissement et de coupure de courant de moteur doivent consister en quatre séquences d'essais comme 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'essai 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 supérieure à 20 %. Une durée d'établissement-coupure de 200 ms est recommandée pour les essais avec un vrai moteur.

6.114.7 Mesurages

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, dans les trois phases.

6.114.8 Comportement et état du disjoncteur

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

- le comportement du disjoncteur pendant les essais d'établissement et de coupure de courants de moteur dans toutes les séquences d'essais doit être conforme aux exigences applicables de 6.102.8 de la CEI 62271-100;
- les essais de tension comme vérification d'état doivent être effectués suivant 6.2.11 de la CEI 62271-100;

c) les réallumages doivent se produire entre les contacts d'arc.

6.114.9 Rapport d'essais

En plus des exigences de l'Annexe C de la CEI 62271-100, 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 principal – XLPE, papier/huile etc.
 - mise à la terre
 - capacité
 - 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
 - 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 (voir 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 surtension maximale crête à crête en cas de réallumage 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 recherchées, un programme d'essais plus complet sera exigé, programme qui sort du domaine d'application de cette norme.

6.115 Essais d'établissement et de coupure de courant de réactance shunt

6.115.1 Domaine d'application

Ces dispositions d'essais s'appliquent aux disjoncteurs tripolaires à courant alternatif de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV, utilisés pour l'établissement et la coupure de courants stabilisés de réactances shunt qui sont reliées directement au disjoncteur, sans transformateur interposé. 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 essais effectués avec l'une ou l'autre des fréquences doivent être considérés comme valables pour l'autre fréquence.

NOTE 1 En faisant référence au CIGRÉ Brochure Thématique 305 [1], l'établissement et la coupure de réactance shunt n'est pas exigée pour des disjoncteurs utilisés pour la commande de réactances shunt de tensions assignées inférieures à 52 kV.

NOTE 2 La coupure et l'établissement de réactance au tertiaire du côté haute tension du transformateur ne sont pas traités dans cette norme.

NOTE 3 Le cas de réactances shunt mises à la terre à travers des réactances de neutre n'est pas couvert par cette norme. Cependant, l'application des résultats d'essais, effectués suivant ce paragraphe, aux réactances mises à la terre par réactance de neutre (schéma à quatre noyaux) est discutée dans le CIGRÉ Brochure Thématique 305 [1].

6.115.2 Généralités

La coupure ou l'établissement de réactance 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 indications complémentaires sont données dans le CIGRÉ Brochure Thématique 305 [1].

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 celui utilisé pour les essais.

Des circuits normalisés sont spécifiés afin de démontrer la capacité du disjoncteur à couper les courants de réactance et d'obtenir les caractéristiques d'arrachement (surtensions crêtes d'extinction) et de réallumage. 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 réactance réelle, mais les valeurs de réallumage et de surtensions pendant la coupure et l'établissement du courant ne seront pas obligatoirement valables pour tous les cas.

6.115.3 Circuits d'essais

Pour les essais en laboratoire, les circuits normalisés sont spécifiés comme suit:

- un circuit d'essai triphasé selon Figure 3;
- un circuit d'essai monophasé selon Figure 4.

Pour des raisons pratiques d'essai, des essais monophasés sur un pôle ou une partie de disjoncteur à enveloppes multiples peuvent être réalisés pour les tensions supérieures ou égales à 52 kV pour représenter des réactances mises à la terre.

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

Dans le cas de réseaux à neutre effectivement à la terre et pour les disjoncteurs tripolaires à enveloppe unique, un circuit d'essai triphasé doit être utilisé. Le point neutre de la réactance peut être mis à la terre comme applicable dans ce dernier cas.

Pour les réactances non effectivement mises à la terre dans des réseaux à neutre directement à la terre, l'essai tripolaire n'est pas possible pour les valeurs élevées de tensions assignées. Les essais monophasés 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 le CIGRÉ Brochure Thématique 305 [1] qui est utilisée pour déterminer qu'un disjoncteur est adéquat pour cette application.

L'appareillage soumis aux essais doit comprendre le disjoncteur avec les dispositifs de protection contre les surtensions s'ils font partie de l'équipement normal.

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.

6.115.4 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 coupure en 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.

6.115.5 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.

6.115.6 Caractéristiques des circuits de charge

6.115.6.1 Généralités

Les circuits de charge doivent comporter une réactance ou, en alternative, une réactance à air ou une réactance à noyau magnétique, avec une capacité parallèle et une résistance appropriées afin de produire une tension transitoire présumée dont les valeurs ne sont pas moins sévères que celles indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Tension transitoire présumée du circuit de charge incluant la connexion du disjoncteur

Tension assignée U_r kV	Tension crête u_c kV	Paramètre temps t_3 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	
		Circuit charge 1	Circuit charge 2
		μs	μs
52	121	54	95
72,5	169	63	112
100	233	105	186
123	286	116	207
145	337	126	224
170	396	137	243
245	380	164	290
300	465	181	321
362	562	199	353
420	652	214	380
550	853	245	435
800	1 241	296	525

u_c et t_3 comme définis en 4.102 de CEI 62271-100.

NOTE 1 La tension transitoire est de la forme $(1 - \cos)$ amortie et les valeurs sont celles du premier pôle qui coupe.

NOTE 2 Le facteur de premier pôle qui coupe k_{pp} est 1,0 pour les tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV en considérant que les réactances ont un neutre à la terre et 1,5 pour les tensions assignées inférieures à 245 kV en considérant que les réactances ont un neutre isolé. Le facteur d'amplitude k_{af} est pris égal à 1,9.

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

NOTE 3 Les valeurs t_3 sont basées sur une capacité moyenne C_L de:

1 750 pF pour les tensions égales ou supérieures à 52 kV et inférieures à 245 kV;

2 600 pF pour les tensions supérieures ou égales à 245 kV.

NOTE 4 Les tensions rétablies données dans ce tableau ne sont pas nécessairement représentatives des conditions sur site mais conviennent pour déterminer le comportement en arrachement de courant du disjoncteur. Dans le cas où il faut démontrer une fenêtre de coupure sans réallumage, il peut être nécessaire d'ajuster le paramètre temps TTR aux conditions réelles de service.

Les valeurs de t_3 sont basées sur un calcul à 50 Hz. Il n'y a pas d'utilité à différencier 50 Hz et 60 Hz car la contrainte d'essai est équivalente pour les deux fréquences. Cela est pris en compte en prenant des fréquences du courant d'essai qui se recouvrent avec les tolérances indiquées.

6.115.6.2 Circuit de charge 1

L'inductance L du circuit de charge doit être réglée pour donner les courants coupés suivants:

Tableau 3 – Courants d'essais pour circuit de charge 1

Tension assignée kV	Courant d'essai A ± 20 %
52 – 72,5	630
≥ 100	315