

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short
interruptions and voltage variations immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de
tension, coupures brèves et variations de tension**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC 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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short
interruptions and voltage variations immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de
tension, coupures brèves et variations de tension**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-4402-9

| |
|--|
| <p>Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.</p> <p>Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.</p> |
|--|

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

SC 77A/Publication 61000-4-11 (2004), Second edition/I-SH 01

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

**Part 4-11: Testing and measurement techniques –
Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests**

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

| | |
|-------------|------------------|
| ISH | Report on voting |
| 77A/726/ISH | 77A/731/RVD |

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

Interpretation of the rise-time and fall-time requirements during EUT testing in IEC 61000-4-11:2004: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.

- 1) In IEC 61000-4-11:2004, Table 4 does not apply to EUT (equipment under test) testing. Table 4 is for generator calibration and design only.
- 2) With reference to Table 1 and Table 2, there is no requirement in 61000-4-11:2004 for rise-time and fall-time when testing EUT; therefore, it is not necessary to measure these parameters during tests.
- 3) With reference to Table 4, all of the requirements apply to design and calibration of the generator. The requirements of Table 4 only apply when the load is a non-inductive 100 Ω resistor. The requirements of Table 4 do not apply during EUT testing.

CONTENTS

| | |
|---|----|
| FOREWORD | 3 |
| INTRODUCTION | 5 |
| 1 Scope | 6 |
| 2 Normative references | 6 |
| 3 Terms and definitions | 6 |
| 4 General | 8 |
| 5 Test levels | 8 |
| 6 Test instrumentation | 12 |
| 7 Test set-up | 14 |
| 8 Test procedures | 15 |
| 9 Evaluation of test results | 17 |
| 10 Test report | 18 |
| Annex A (normative) Test circuit details | 19 |
| Annex B (informative) Electromagnetic environment classes | 22 |
| Annex C (informative) Test instrumentation | 23 |
| Annex D (informative) Rationale for generator specification regarding voltage, rise-time and fall-time, and inrush current capability | 26 |
| Bibliography | 29 |
| Figure 1 – Voltage dip - Examples | 11 |
| Figure 2 – Short interruption | 11 |
| Figure 3 – Voltage variation | 12 |
| Figure 4 – Phase-to-neutral and phase-to-phase testing on three-phase systems | 17 |
| Figure A.1 – Circuit for determining the inrush current drive capability of the short interruptions generator | 20 |
| Figure A.2 – Circuit for determining the peak inrush current requirement of an EUT | 21 |
| Figure C.1 – Schematics of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations | 24 |
| Figure C.2 – Schematic of test instrumentation for three-phase voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier | 25 |
| Table 1 – Preferred test level and durations for voltage dips | 9 |
| Table 2 – Preferred test level and durations for short interruptions | 9 |
| Table 3 – Timing of short-term supply voltage variations | 10 |
| Table 4 – Generator specifications | 13 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 61000-4-11 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2004-03) [documents 77A/452/FDIS and 77A/455/RVD] and its interpretation sheet 1 (2010-08), and its amendment 1 (2017-05) [documents 77A/951/FDIS and 77A/961/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 61000-4-11 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This second edition constitutes a technical revision in which

- 1) preferred test values and durations have been added for the different environment classes;
- 2) the tests for the three-phase systems have been specified.

It forms part 4-11 of IEC 61000. It has the status of a Basic EMC Publication in accordance with IEC Guide 107.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)
Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment
Classification of the environment
Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits
Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques
Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines
Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards or as technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

1 Scope

This part of IEC 61000 defines the immunity test methods and range of preferred test levels for electrical and electronic equipment connected to low-voltage power supply networks for voltage dips, short interruptions, and voltage variations.

This standard applies to electrical and electronic equipment having a rated input current not exceeding 16 A per phase, for connection to 50 Hz or 60 Hz a.c. networks.

It does not apply to electrical and electronic equipment for connection to 400 Hz a.c. networks. Tests for these networks will be covered by future IEC standards.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to voltage dips, short interruptions and voltage variations.

NOTE Voltage fluctuation immunity tests are covered by IEC 61000-4-14.

The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of equipment or a system against a defined phenomenon. As described in IEC Guide 107, this is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard should be applied or not, and, if applied, they are responsible for defining the appropriate test levels. Technical committee 77 and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular immunity tests for their products.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61000-2-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment – Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the following terms and definitions apply:

3.1

basic EMC standard

standard giving general and fundamental conditions or rules for the achievement of EMC, which are related or applicable to all products and systems and serve as reference documents for product committees

NOTE As determined by the Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility (ACEC) – see IEC Guide 107.

3.2

immunity (to a disturbance)

the ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-20]

3.3

voltage dip

a sudden reduction of the voltage at a particular point of an electricity supply system below a specified dip threshold followed by its recovery after a brief interval

NOTE 1 Typically, a dip is associated with the occurrence and termination of a short circuit or other extreme current increase on the system or installations connected to it.

NOTE 2 A voltage dip is a two-dimensional electromagnetic disturbance, the level of which is determined by both voltage and time (duration).

3.4

short interruption

a sudden reduction of the voltage on all phases at a particular point of an electric supply system below a specified interruption threshold followed by its restoration after a brief interval

NOTE Short interruptions are typically associated with switchgear operations related to the occurrence and termination of short circuits on the system or on installations connected to it.

3.5

residual voltage (of voltage dip)

the minimum value of r.m.s. voltage recorded during a voltage dip or short interruption

NOTE The residual voltage may be expressed as a value in volts or as a percentage or per unit value relative to the reference voltage.

3.6

malfunction

the termination of the ability of equipment to carry out intended functions or the execution of unintended functions by the equipment

3.7

calibration

method to prove that the measurement equipment is in compliance with its specifications

NOTE For the purposes of this standard, calibration is applied to the test generator.

3.8

verification

set of operations which is used to check the test equipment system (e.g. the test generator and the interconnecting cables) to demonstrate that the test system is functioning within the specifications given in Clause 6

NOTE 1 The methods used for verification may be different from those used for calibration.

NOTE 2 The verification procedure of 6.1.2 is meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, and other items making up the test set-up that the intended waveform is delivered to the EUT.

4 General

Electrical and electronic equipment may be affected by voltage dips, short interruptions or voltage variations of power supply.

Voltage dips and short interruptions are caused by faults in the network, primarily short circuits (see also IEC 61000-2-8), in installations or by sudden large changes of load. In certain cases, two or more consecutive dips or interruptions may occur. Voltage variations are caused by continuously varying loads connected to the network.

These phenomena are random in nature and can be minimally characterized for the purpose of laboratory simulation in terms of the deviation from the rated voltage and duration.

Consequently, different types of tests are specified in this standard to simulate the effects of abrupt voltage change. These tests are to be used only for particular and justified cases, under the responsibility of product specification or product committees.

It is the responsibility of the product committees to establish which phenomena among the ones considered in this standard are relevant and to decide on the applicability of the test.

5 Test levels

The voltages in this standard use the rated voltage for the equipment (U_T) as a basis for voltage test level specification.

Where the equipment has a rated voltage range the following shall apply:

- if the voltage range does not exceed 20 % of the lower voltage specified for the rated voltage range, a single voltage within that range may be specified as a basis for test level specification (U_T);
- in all other cases, the test procedure shall be applied for both the lowest and highest voltages declared in the voltage range;
- guidance for the selection of test levels and durations is given in IEC 61000-2-8.

5.1 Voltage dips and short interruptions

The change between U_T and the changed voltage is abrupt. The step can start and stop at any phase angle on the mains voltage. The following test voltage levels (in % U_T) are used: 0 %, 40 %, 70 % and 80 %, corresponding to dips with residual voltages of 0 %, 40 %, 70 % and 80 %.

For voltage dips, the preferred test levels and durations are given in Table 1, and an example is shown in Figure 1a) and Figure 1b).

For short interruptions, the preferred test levels and durations are given in Table 2, and an example is shown in Figure 2.

The preferred test levels and durations given in Tables 1 and 2 take into account the information given in IEC 61000-2-8.

The preferred test levels in Table 1 are reasonably severe, and are representative of many real world dips, but are not intended to guarantee immunity to all voltage dips. More severe dips, for example 0 % for 1 s and balanced three-phase dips, may be considered by product committees.

The voltage rise time, t_r , and voltage fall time, t_f , during abrupt changes are indicated in Table 4.

The levels and durations shall be given in the product specification. A test level of 0 % corresponds to a total supply voltage interruption. In practice, a test voltage level from 0 % to 20 % of the rated voltage may be considered as a total interruption.

Shorter durations in the table, in particular the half-cycle, should be tested to be sure that the equipment under test (EUT) operates within the performance limits specified for it.

When setting performance criteria for disturbances of 0,5 period duration for products with a mains transformer, product committees should pay particular attention to effects which may result from inrush currents. For such products, these may reach 10 to 40 times the rated current because of magnetic flux saturation of the transformer core after the voltage dip.

Table 1 – Preferred test level and durations for voltage dips

| Class ^a | Test level and durations for voltage dips (t_s) (50 Hz/60 Hz) | | | | |
|--|---|-----------------------|--|--|--|
| Class 1 | Case-by-case according to the equipment requirements | | | | |
| Class 2 | 0 % during ½ cycle | 0 % during 1 cycle | 70 % during 25/30 ^c cycles | | |
| Class 3 | 0 % during ½ cycle | 0 % during 1 cycle | 40 % during 10/12 ^c cycles | 70 % during 25/30 ^c cycles | 80 % during 250/300 ^c cycles |
| Class X ^b | X | X | X | X | X |
| ^a Classes as per IEC 61000-2-4; see Annex B. ^b To be defined by product committee. For equipment connected directly or indirectly to the public network, the levels must not be less severe than Class 2. ^c "25/30 cycles" means "25 cycles for 50 Hz test" and "30 cycles for 60 Hz test". | | | | | |

Table 2 – Preferred test level and durations for short interruptions

| Class ^a | Test level and durations for short interruptions (t_s) (50 Hz/60 Hz) |
|--|--|
| Class 1 | Case-by-case according to the equipment requirements |
| Class 2 | 0 % during 250/300 ^c cycles |
| Class 3 | 0 % during 250/300 ^c cycles |
| Class X ^b | X |
| ^a Classes as per IEC 61000-2-4; see Annex B. ^b To be defined by product committee. For equipment connected directly or indirectly to the public network, the levels must not be less severe than Class 2. ^c "250/300 cycles" means "250 cycles for 50 Hz test" and "300 cycles for 60 Hz test". | |

5.2 Voltage variations (optional)

This test considers a defined transition between rated voltage U_T and the changed voltage.

NOTE The voltage change takes place over a short period, and may occur due to change of load.

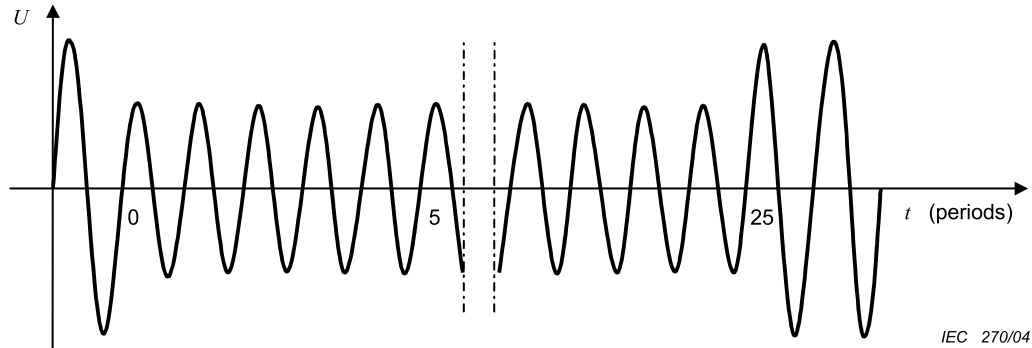
The preferred duration of the voltage changes and the time for which the reduced voltages are to be maintained are given in Table 3. The rate of change should be constant; however, the voltage may be stepped. The steps should be positioned at zero crossings, and should be no larger than 10 % of U_T . Steps under 1 % of U_T are considered as constant rates of change of voltage.

Table 3 – Timing of short-term supply voltage variations

| Voltage test level | Time for decreasing voltage (t_d) | Time at reduced voltage (t_s) | Time for increasing voltage (t_i) (50 Hz/60 Hz) |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 70 % | Abrupt | 1 cycle | 25/30 ^b cycles |
| X ^a | X ^a | X ^a | X ^a |
| ^a To be defined by product committee. | | | |
| ^b "25/30 cycles" means "25 cycles for 50 Hz test" and "30 cycles for 60 Hz test". | | | |

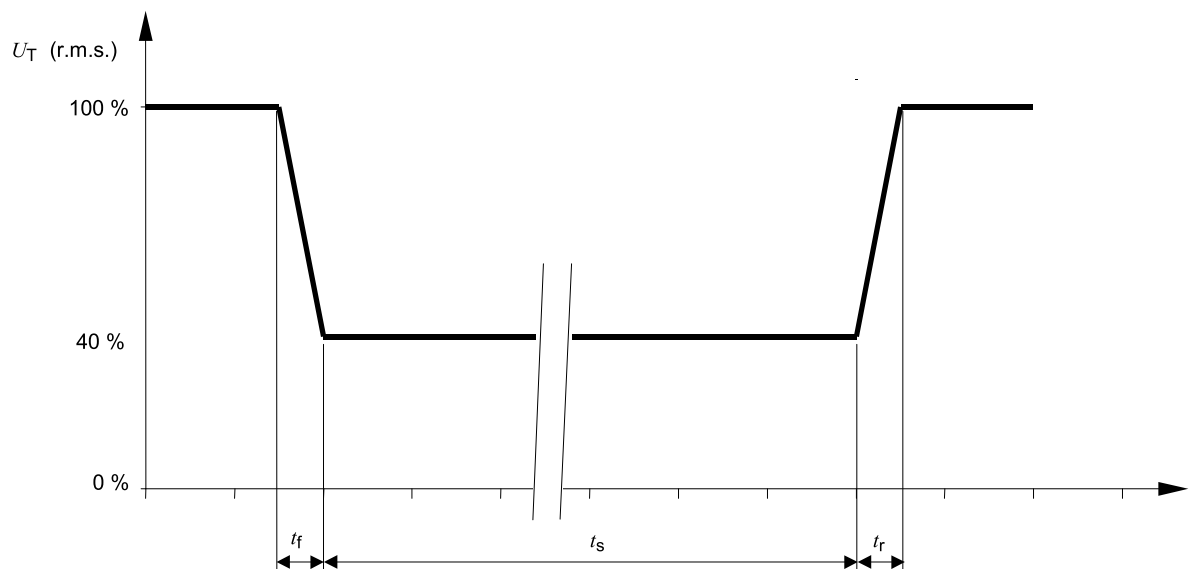
This shape is the typical shape of a motor starting.

Figure 3 shows the r.m.s. voltage as a function of time. Other values may be taken in justified cases and shall be specified by the product committee.



NOTE The voltage decreases to 70 % for 25 periods. Step at zero crossing.

Figure 1a) – Voltage dip – 70 % voltage dip sine wave graph



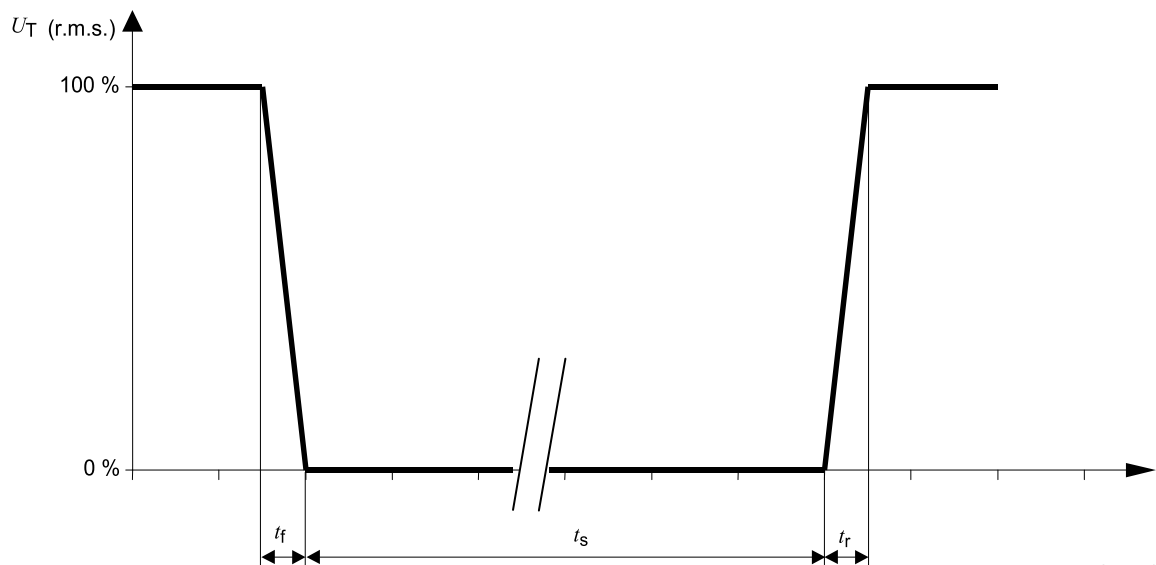
IEC 271/04

Key

t_r Voltage rising time
 t_f Voltage fall time
 t_s Time at reduced voltage

Figure 1b) – Voltage dip – 40 % voltage dip r.m.s. graph

Figure 1 – Voltage dip - Examples

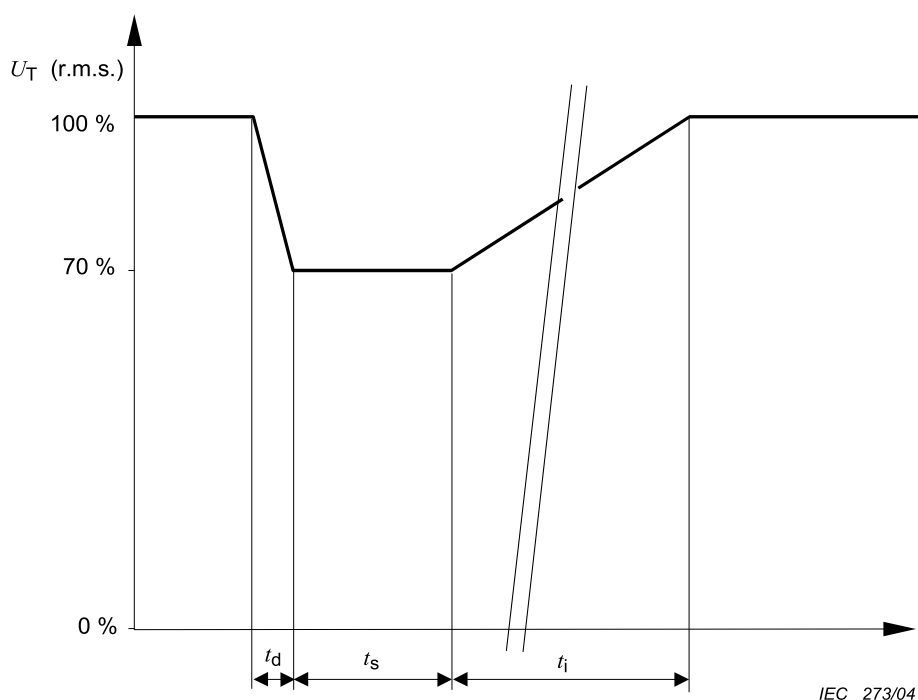


IEC 272/04

Key

t_r Voltage rising time
 t_f Voltage fall time
 t_s Time at reduced voltage

Figure 2 – Short interruption



Key

t_d Time for decreasing voltage
 t_i Time for increasing voltage
 t_s Time at reduced voltage

Figure 3 – Voltage variation

6 Test instrumentation

6.1 Test generator

The following features are common to the generator for voltage dips, short interruptions and voltage variations, except as indicated.

Examples of generators are given in Annex C.

The generator shall have provision to prevent the emission of heavy disturbances, which, if injected in the power supply network, may influence the test results.

Any generator creating a voltage dip of equal or more severe characteristics (amplitude and duration) than that prescribed by the present standard is permitted.

6.1.1 Characteristics and performance of the generator

Table 4 – Generator specifications

| | |
|---|--|
| Output voltage at no load | As required in Table 1, $\pm 5\%$ of residual voltage value |
| Voltage change with load at the output of the generator | |
| 100 % output, 0 A to 16 A | less than 5 % of U_T |
| 80 % output 0 A to 20 A | less than 5 % of U_T |
| 70 % output, 0 A to 23 A | less than 5 % of U_T |
| 40 % output, 0 A to 40 A | less than 5 % of U_T |
| Output current capability | 16 A r.m.s. per phase at rated voltage. The generator shall be capable of carrying 20 A at 80 % of rated value for a duration of 5 s. It shall be capable of carrying 23 A at 70 % of rated voltage and 40 A at 40 % of rated voltage for a duration of 3 s. (This requirement may be reduced according to the EUT rated steady-state supply current, see Clause A.3). |
| Peak inrush current capability (no requirement for voltage variation tests) | Not to be limited by the generator. However, the maximum peak capability of the generator need not exceed 1 000 A for 250 V to 600 V mains, 500 A for 200 V to 240 V mains, or 250 A for 100 V to 120 V mains. |
| Instantaneous peak overshoot/undershoot of the actual voltage, generator loaded with 100 Ω resistive load | Less than 5 % of U_T |
| Voltage rise (and fall) time t_r (and t_f), see Figures 1b) and 2, during abrupt change, generator loaded with 100 Ω resistive load | Between 1 μ s and 5 μ s |
| Phase shifting (if necessary) | 0° to 360° |
| Phase relationship of voltage dips and interruptions with the power frequency | Less than $\pm 10^\circ$ |
| Zero crossing control of the generators | $\pm 10^\circ$ |

Output impedance shall be predominantly resistive.

The output impedance of the test voltage generator shall be low even during transitions (for example, less than $0,4 + j0,25 \Omega$).

NOTE 1 The 100 Ω resistive load used to test the generator should not have additional inductivity.

NOTE 2 To test equipment which regenerates energy, an external resistor connected in parallel to the load can be added. The test result must not be influenced by this load.

6.1.2 Verification of the characteristics of the voltage dips, short interruptions generators

In order to compare the test results obtained from different test generators, the generator characteristics shall be verified according to the following:

- the 100 %, 80 %, 70 % and 40 % r.m.s. output voltages of the generator shall conform to those percentages of the selected operating voltage: 230 V, 120 V, etc.;
- the 100 %, 80 %, 70 % and 40 % r.m.s. output voltages of the generator shall be measured at no load, and shall be maintained within a specified percentage of the U_T ;
- load regulation shall be verified at nominal load current at each of the output voltages and the variation shall not exceed 5 % of the nominal power supply voltage at 100 %, 80 %, 70 % and 40 % of the nominal power supply voltage.

For output voltage of 80 % of the nominal value, the above requirements need only be verified for a maximum of 5 s duration.

For output voltages of 70 % and 40 % of the nominal value, the above requirements need only be verified for a maximum of 3 s duration.

If it is necessary to verify the peak inrush drive current capability, the generator shall be switched from 0 % to 100 % of full output, when driving a load consisting of a suitable rectifier with an uncharged capacitor whose value is 1 700 μ F on the d.c. side. The test shall be carried out at phase angles of both 90° and 270°. The circuit required to measure generator inrush current drive capability is given in Figure A.1.

When it is believed that a generator with less than the specified standard generator peak inrush current may be used because the EUT may draw less than the specified standard generator peak inrush current (e.g., 500 A for 220 V-240 V mains), this shall first be confirmed by measuring the EUT peak inrush current. When power is applied from the test generator, measured EUT peak inrush current shall be less than 70 % of the peak current drive capability of the generator, as already verified according to Annex A. The actual EUT inrush current shall be measured both from a cold start and after a 5 s turn-off, using the procedure of Clause A.3.

Generator switching characteristics shall be measured with a 100 Ω load of suitable power-dissipation rating.

NOTE The 100 Ω resistive load used to test the generator should not have additional inductivity.

Rise and fall time, as well as overshoot and undershoot, shall be verified for switching at both 90° and 270°, from 0 % to 100 %, 100 % to 80 %, 100 % to 70 %, 100 % to 40 %, and 100 % to 0 %.

Phase angle accuracy shall be verified for switching from 0 % to 100 % and 100 % to 0 %, at nine phase angles from 0° to 360° in 45° increments. It shall also be verified for switching from 100 % to 80 % and 80 % to 100 %, 100 % to 70 % and 70 % to 100 %, as well as from 100 % to 40 % and 40 % to 100 %, at 90° and 180°.

The voltage generators shall, preferably, be recalibrated at defined time periods in accordance with a recognized quality assurance system.

6.2 Power source

The frequency of the test voltage shall be within $\pm 2\%$ of rated frequency.

7 Test set-up

The test shall be performed with the EUT connected to the test generator with the shortest power supply cable as specified by the EUT manufacturer. If no cable length is specified, it shall be the shortest possible length suitable to the application of the EUT.

The test set-ups for the three types of phenomena described in this standard are:

- voltage dips;
- short interruptions;
- voltage variations with gradual transition between the rated voltage and the changed voltage (option).

Examples of test set-ups are given in Annex C.

Figure C.1a) shows a schematic for the generation of voltage dips, short interruptions and voltage variations with gradual transition between rated and changed voltage using a generator with internal switching, and Figure C.1b) using a generator and a power amplifier.

Figure C.2 shows a schematic for the generation of voltage dips, short interruptions and voltage variations using a generator and a power amplifier for three-phase equipment.

8 Test procedures

Before starting the test of a given EUT, a test plan shall be prepared.

The test plan should be representative of the way the system is actually used.

Systems may require a precise pre-analysis to define which system configurations must be tested to reproduce field situations.

Test cases must be explained and indicated in the Test report.

It is recommended that the test plan include the following items:

- the type designation of the EUT;
- information on possible connections (plugs, terminals, etc.) and corresponding cables, and peripherals;
- input power port of equipment to be tested;
- representative operational modes of the EUT for the test;
- performance criteria used and defined in the technical specifications;
- operational mode(s) of equipment;
- description of the test set-up.

If the actual operating signal sources are not available to the EUT, they may be simulated.

For each test, any degradation of performance shall be recorded. The monitoring equipment should be capable of displaying the status of the operational mode of the EUT during and after the tests. After each group of tests, a full functional check shall be performed.

8.1 Laboratory reference conditions

8.1.1 Climatic conditions

Unless otherwise specified by the committee responsible for the generic or product standard, the climatic conditions in the laboratory shall be within any limits specified for the operation of the EUT and the test equipment by their respective manufacturers.

Tests shall not be performed if the relative humidity is so high as to cause condensation on the EUT or the test equipment.

NOTE Where it is considered that there is sufficient evidence to demonstrate that the effects of the phenomenon covered by this standard are influenced by climatic conditions, this should be brought to the attention of the committee responsible for this standard.

8.1.2 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions of the laboratory shall be such as to guarantee the correct operation of the EUT in order not to influence the test results.

8.2 Execution of the test

During the tests, the mains voltage for testing shall be monitored within an accuracy of 2 %.

8.2.1 Voltage dips and short interruptions

The EUT shall be tested for each selected combination of test level and duration with a sequence of three dips/interruptions with intervals of 10 s minimum (between each test event). Each representative mode of operation shall be tested.

For voltage dips, changes in supply voltage shall occur at zero crossings of the voltage, and at additional angles considered critical by product committees or individual product specifications preferably selected from 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° and 315° on each phase.

For short interruptions, the angle shall be defined by the product committee as the worst case. In the absence of definition, it is recommended to use 0° for one of the phases.

For the short interruption test of three-phase systems, all the three phases shall be simultaneously tested as per 5.1.

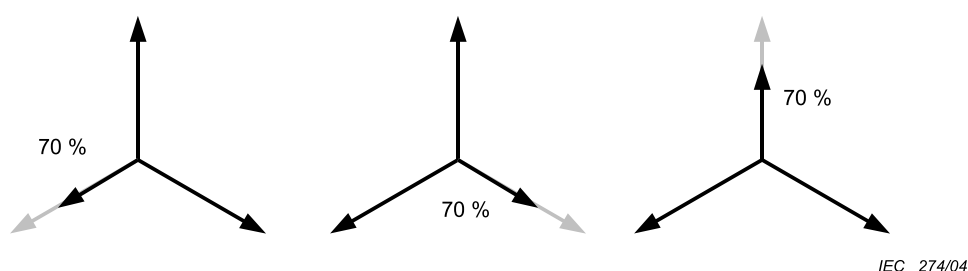
For the voltage dips test of single-phase systems, the voltage shall be tested as per 5.1. This implies one series of tests.

For the voltage dips test of three-phase systems with neutral, each individual voltage (phase-to-neutral and phase-to-phase) shall be tested, one at a time, as per 5.1. This implies six different series of tests. See Figure 4b).

For the voltage dips test of three-phase systems without neutral, each phase-to-phase voltage shall be tested, one at a time, as per 5.1. This implies three different series of tests. See Figure 4b).

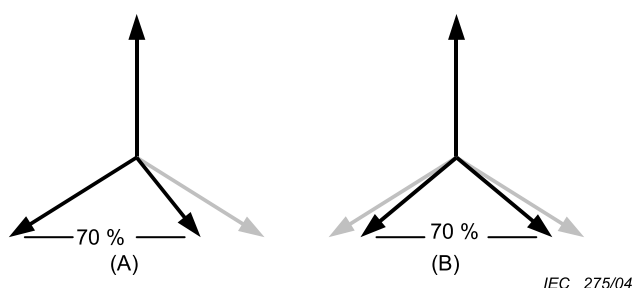
NOTE For three-phase systems, during a dip on a phase-to-phase voltage a change will occur on one or two of the other voltages as well.

For EUTs with more than one power cord, each power cord should be tested individually.



NOTE Phase-to-neutral testing on three-phase systems is performed one phase at a time.

Figure 4a) – Phase-to-neutral testing on three-phase systems



NOTE Phase-to-phase testing on three-phase systems is also performed one phase at a time. Both (A) and (B) show a 70 % dip. (A) is preferred, but (B) is also acceptable.

Figure 4b) – Phase-to-phase testing on three-phase systems

Figure 4 – Phase-to-neutral and phase-to-phase testing on three-phase systems

8.2.2 Voltage variations (optional)

The EUT is tested to each of the specified voltage variations, three times at 10 s interval for the most representative modes of operations.

9 Evaluation of test results

The test results shall be classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the equipment under test, relative to a performance level defined by its manufacturer or the requestor of the test, or agreed between the manufacturer and the purchaser of the product. The recommended classification is as follows:

- normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention;
- temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;
- loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the

agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product or product-family standard exists.

NOTE The performance levels may be different for voltage dip tests and short interruption tests as well as for voltage variations tests, if this optional test has been required.

10 Test report

The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- the items specified in the test plan required by Clause 8;
- identification of the EUT and any associated equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- any special environmental conditions in which the test was performed, for example shielded enclosure;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- performance criterion specified in the generic, product or product-family standard;
- any effects on the EUT observed during or after the application of the test disturbance, and the duration for which these effects persist;
- the rationale for the pass / fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser);
- any specific conditions of use, for example cable length or type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance.

Annex A **(normative)**

Test circuit details

A.1 Test generator peak inrush current drive capability

The circuit for measuring generator peak inrush current drive capability is shown in Figure A.1. Use of the bridge rectifier makes it unnecessary to change rectifier polarity for tests at 270° versus 90°. The rectifier half-cycle mains current rating should be at least twice the generator's inrush current drive capability to provide a suitable operating safety factor.

The 1 700 μF electrolytic capacitor shall have a tolerance of $\pm 20\%$. It shall have a voltage rating preferably 15 % – 20 % in excess of the nominal peak voltage of the mains, for example 400 V for 220 V – 240 V mains. It shall also be able to accommodate peak inrush current up to at least twice the generator's inrush current drive capability, to provide an adequate operating safety factor. The capacitor shall have the lowest possible equivalent series resistance (ESR) at both 100 Hz and 20 kHz, not exceeding 0,1 Ω at either frequency.

Since the test shall be performed with the 1 700 μF capacitor discharged, a resistor shall be connected in parallel with it and several time constants (RC) must be allowed between tests. With a 10 000 Ω resistor, the RC time constant is 17 s, so that a wait of 1,5 min to 2 min should be used between inrush drive capability tests. Resistors as low as 100 Ω may be used when shorter wait times are desired.

The current probe shall be able to accommodate the full generator peak inrush current drive for one-quarter cycle without saturation.

Tests shall be run by switching the generator output from 0 % to 100 % at both 90° and 270°, to ensure sufficient peak inrush current drive capability for both polarities.

A.2 Current monitor's characteristics for measuring peak inrush current capability

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Output voltage in 50 Ω load: | 0,01 V/A or more |
| Peak current: | 1 000 A minimum |
| Peak current accuracy: | $\pm 10\%$ (3 ms duration pulse) |
| r.m.s. current: | 50 A minimum |
| $I \times T$ maximum: | 10 A \cdot s or more |
| Rise/fall time: | 500 ns or less |
| Low-frequency 3 dB point: | 10 Hz or less |
| Insertion resistor: | 0,001 Ω or less |

A.3 EUT peak inrush current requirement

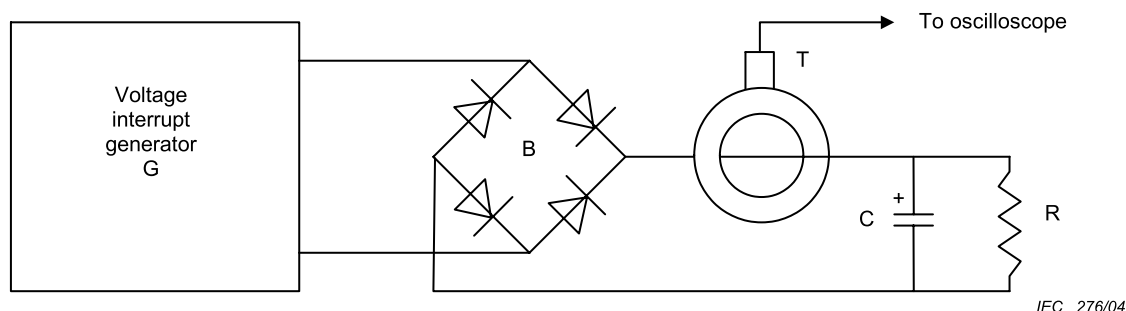
When a generator peak inrush current drive capability meets the specified requirement (e.g., at least 500 A for a 220 V – 240 V mains), it is not necessary to measure the EUT peak inrush current requirement.

However, a generator with less than this inrush current may be used for the test, if the inrush requirement of the EUT is less than the inrush drive capability of the generator. The circuit of Figure A.2 shows an example of how to measure the peak inrush current of an EUT to determine if it is less than the inrush drive capability of a low-inrush drive capability generator.

The circuit uses the same current transformer as the circuit of Figure A.1. Four peak inrush current tests are performed:

- power off for at least 5 min; measure peak inrush current when it is turned back on at 90°;
- repeat a) at 270°;
- power on preferably for at least 1 min; off for 5 s; then measure peak inrush current when it is turned back on again at 90°;
- repeat c) at 270°.

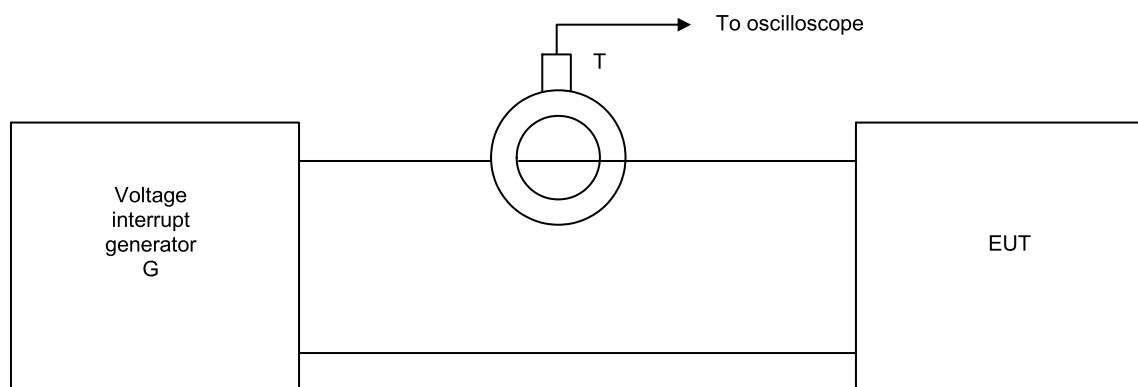
In order to be able to use a low-inrush drive current capability generator to test a particular EUT, that EUT's measured inrush current shall be less than 70 % of the measured inrush current drive capability of the generator.



Components

- G voltage interrupt generator, switched on at 90° and 270°
- T current probe, with monitoring output to oscilloscope
- B rectifier bridge
- R bleeder resistor, not over 10 000 Ω or less than 100 Ω
- C 1 700 $\mu\text{F} \pm 20\%$ electrolytic capacitor

Figure A.1 – Circuit for determining the inrush current drive capability of the short interruptions generator



IEC 277/04

Figure A.2 – Circuit for determining the peak inrush current requirement of an EUT

Annex B (informative)

Electromagnetic environment classes

B.1 Electromagnetic environment classes

The following classes of electromagnetic environment classes have been summarised from IEC 61000-2-4.

- **Class 1**

This class applies to protected supplies and has compatibility levels lower than public network levels. It relates to the use of equipment very sensitive to disturbances in the power supply, for instance the instrumentation of technological laboratories, some automation and protection equipment, some computers, etc.

NOTE Class 1 environments normally contain equipment which requires protection by such apparatus as uninterruptible power supplies (UPS), filters, or surge suppressers.

- **Class 2**

This class applies to points of common coupling (PCC's for consumer systems) and in-plant points of common coupling (IPC's) in the industrial environment in general. The compatibility levels in this class are identical to those of public networks; therefore components designed for application in public networks may be used in this class of industrial environment.

- **Class 3**

This class applies only to IPC's in industrial environments. It has higher compatibility levels than those of class 2 for some disturbance phenomena. For instance, this class should be considered when any of the following conditions are met:

- a major part of the load is fed through converters;
- welding machines are present;
- large motors are frequently started;
- loads vary rapidly.

NOTE 1 The supply to highly disturbing loads, such as arc-furnaces and large converters which are generally supplied from a segregated bus-bar, frequently has disturbance levels in excess of class 3 (harsh environment). In such special situations, the compatibility levels should be agreed upon.

NOTE 2 The class applicable for new plants and extensions of existing plants should relate to the type of equipment and process under consideration.

Annex C (informative)

Test instrumentation

C.1 Examples of generators and test set-ups

Figures C.1a) and C.1b) show two possible test configurations for mains supply simulation. To show the behaviour of the EUT under certain conditions, interruptions and voltage variations are simulated by means of two transformers with variable output voltages.

Voltage drops, rises and interruptions are simulated by alternately closing switch 1 and switch 2. These two switches are never closed at the same time and an interval up to 100 μ s with the two switches opened is acceptable. It shall be possible to open and close the switches independently of the phase angle. Semiconductors switches constructed with power MOSFETs and IGBTs can fulfil this requirement. Thyristors and triacs open during current zero crossing, and therefore do not meet this requirement.

The output voltage of the variable transformers can either be adjusted manually or automatically by means of a motor. Alternatively, an autotransformer with multiple switch-selected taps may be used.

Wave-form generators and power amplifiers can be used instead of variable transformers and switches (see Figure C.1b)). This configuration also allows testing of the EUT in the context of frequency variations and harmonics.

The generators described for single-phase testing (see Figures C.1a), C.1b) and C.1c) can be also used for three-phase testing (see Figure C.2).

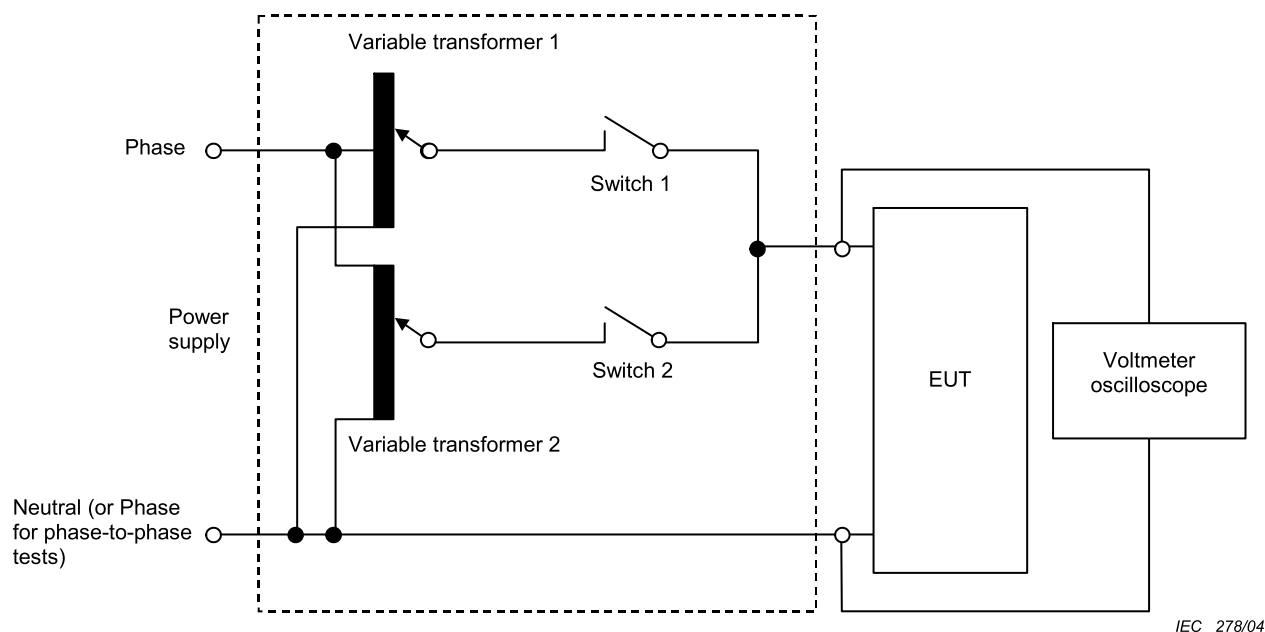


Figure C.1a) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using variable transformers and switches

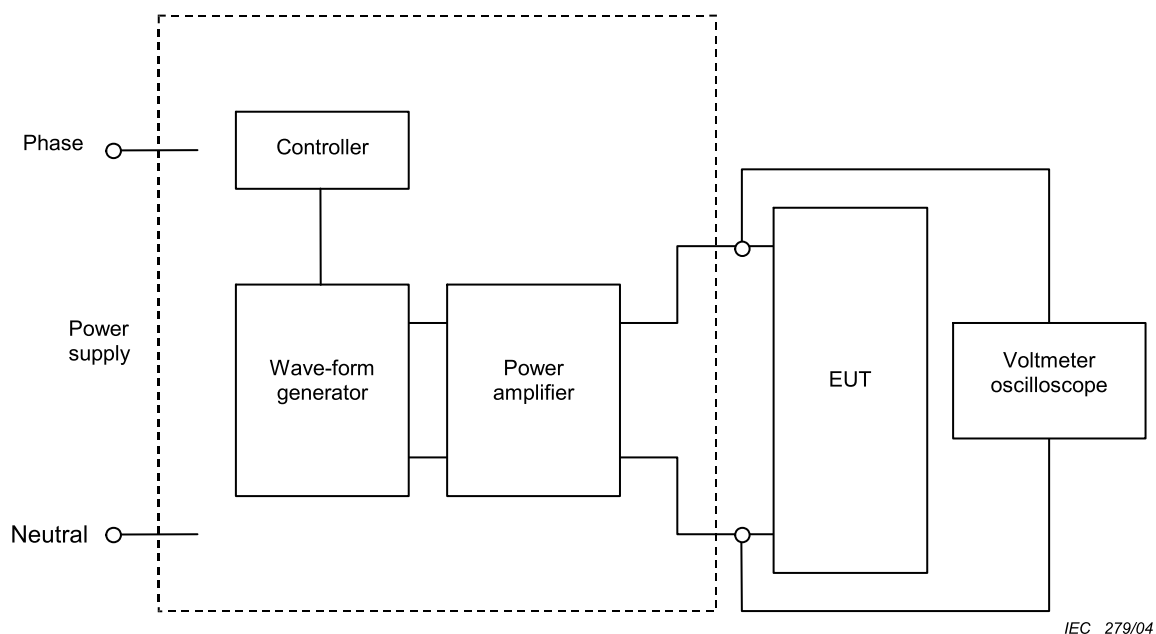


Figure C.1b) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

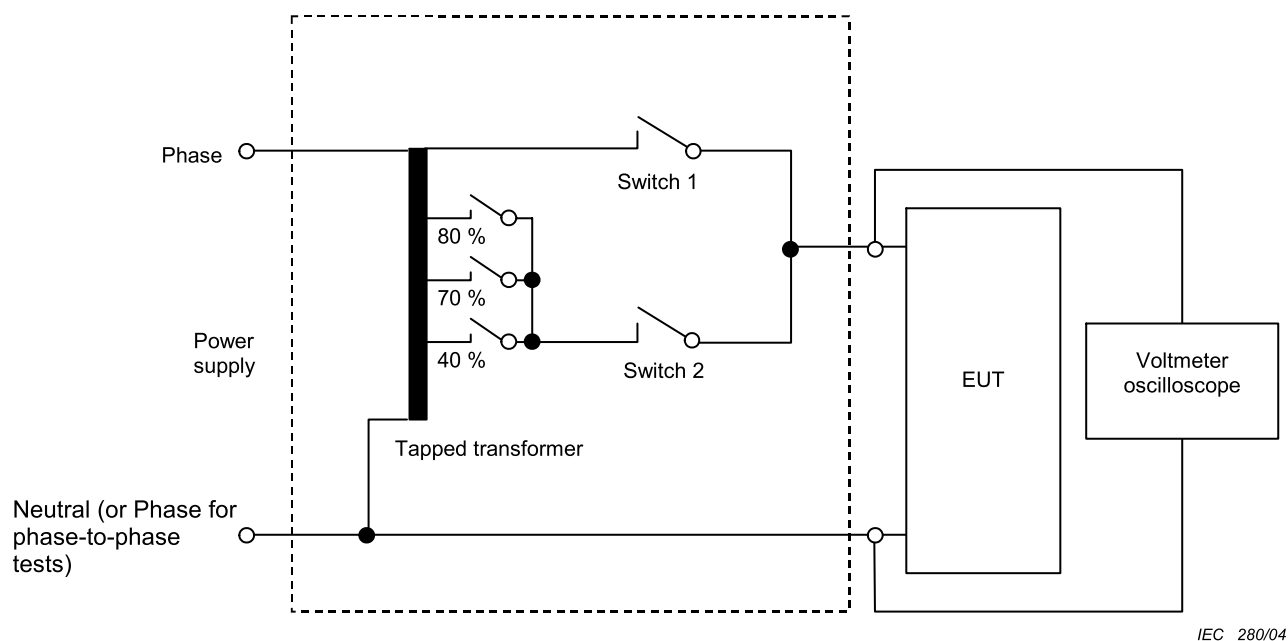


Figure C.1c) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using tapped transformer and switches

Figure C.1 – Schematics of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations

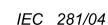


Figure C.2 – Schematic of test instrumentation for three-phase voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

Annex D (informative)

Rationale for generator specification regarding voltage, rise-time and fall-time, and inrush current capability

D.1 Concept of basic standard

The immunity basic standards of the IEC 61000-4-x series are based on the concept of defining a test system in one document representing typically one type of electromagnetic disturbance. The environmental description of the IEC 61000-2-x series (which includes also compatibility levels) together with practical industry experience are the basis for defining the disturbance source simulator, the necessary coupling and decoupling networks and the range of test levels.

Parameters in the basic standard are always compromises selected from a large amount of data derived from the disturbance source. The compromise is assumed to be correct if, once the immunity test is applied, only a few malfunctions occur in the real world.

To keep the immunity test as easy as possible, the generator output shall be verified in a calibration set-up and not with the EUT connected to the output of the generator. The purpose of the calibration is to guarantee comparable test results between different brands of generators.

D.2 IEC 61000-4-11:1994 (first edition)

Data from UNIPED report was used which indicated short circuit in terms of voltage reduction and interrupt duration. At that time, rare measurement results were available showing how equipment on the same phase was affected, in the public power network.

Based on this information, IEC 61000-4-11:1994 (first edition) was defined and published in 1994. For the switching time a value of 1 μ s to 5 μ s was chosen for representing the short circuit's worst case occurring at a distance of up to 50 m between the source and the affected equipment. For example, the equipment used in a laboratory or in an industrial plant has a greater risk of being affected by voltage dips and short interruptions within 50 m.

D.3 Rationale for the need of rapid fall-times

In case of short circuit in the line, the voltage at the input terminals of the equipment might go to zero in less than 5 μ s.

If the short circuit originates from the public network, the fall-time will be relatively slow, in the order of hundreds of microseconds to some milliseconds. If, however, the short circuit is at the local premise, for example due to the failure of another equipment installed in close proximity, the mains voltage will go to zero within microseconds, with fall-times shorter than 1 μ s reported for some cases.

In this case, the input rectifier diodes of the equipment will be commutated from conduction mode to blocking mode with a sudden high reverse voltage due to that very fast voltage rise-time. As those diodes are usually designed for natural line commutation with a rise-time of the voltage in the range of milliseconds, this event is an increased stress for the rectifier diodes. More generally, fast voltage transients may disturb electronics as well, leading to the damage of the equipment.

Tests performed with a fast fall-time in the range of a few microseconds emulating the short circuit condition can be used to test the robustness of equipment against fast transient short circuits of the line.

D.4 Interpretation of the rise-time and fall-time requirements during EUT testing

In 2010 an interpretation sheet for IEC 61000-4-11:2004 was issued. The content of this sheet is as follows:

- 1) "In IEC 61000-4-11:2004, Table 4 does not apply to EUT (equipment under test) testing. Table 4 is for generator calibration and design only.
- 2) With reference to Table 1 and Table 2, there is no requirement in 61000-4-11:2004 for rise-time and fall-time when testing EUT; therefore, it is not necessary to measure these parameters during tests.
- 3) With reference to Table 4, all of the requirements apply to design and calibration of the generator. The requirements of Table 4 only apply when the load is a non-inductive 100 Ω resistor. The requirements of Table 4 do not apply during EUT testing."

D.5 Main conclusions

With respect to rise-time and fall-time, the main conclusions are the following.

- It is possible, for real-world voltage dips, to have fall-times faster than 5 μs in the case of short circuits close to the equipment. However, for the time being, this standard does not consider the effects of voltage fall times shorter than 1 μs .
- Rise-time depends on several factors including the impedance of the network, cabling and equipment connected in parallel.
- The rise-time and fall-time requirements have remained unchanged and the standard has been used worldwide since its first publication in 1994, but, as in the interpretation sheet, these rise-time and fall-time requirements do not apply during a test of an EUT. They only apply when calibrating a dip generator with a 100 Ω resistive load. These rise-times and fall-times do not necessarily occur during an actual EUT test.
- Most voltage dip and short interruption immunity tests begin and end at 0° or 180°. Published research generally concludes that these are the most severe phase angles for voltage ride-through tests. Note that at 0° and at 180° the instantaneous waveform voltage is zero, so rise-time and fall-time have no meaning.
- Pre-compliance testing could be considered using a dip generator with a longer rise-time and fall-time up to 200 μs for voltage dip and short interruption tests that begin and end at 0° or 180°, as rise-time and fall-time are not important at these angles. However, full compliance with the test methods of this standard requires to use a generator that, when tested with a 100 Ω resistive load, meets the 1 μs to 5 μs requirement in 6.1.2.

D.6 Rationale for inrush current capability

During the connection of an equipment to a power line, an inrush current flows into it. This inrush current could conceivably damage parts of the equipment, for example an input rectifier with capacitive smoothing. In order to prevent damage, measures for inrush current limitation are usually incorporated inside the equipment.

An inrush current will also occur when the line voltage recovers after a voltage dip or interruption. In this case, the inrush current limitation measures might not be activated in the equipment with disabled pre-charge circuit, so it is possible for the post-dip inrush current to damage the equipment.

For this reason, it is necessary for the voltage dip generator to be capable of supplying sufficient current and that the post-dip inrush current is not limited by the dip generator.

Without this inrush current requirement, it would be possible for the equipment to pass the immunity test performed with the dip generator, but to fail in the real world due to inrush current damage.

In a real installation, this inrush current will be limited by the network impedance. If the short circuit is on the public supply, the network impedance is according to the line reference impedance of the public supply (796 μH according to IEC TR 60725), which is typical for rural low voltage networks, and it will limit the inrush current to about 15 A to 20 A. However, if the short circuit is inside the local premise, in a particular large installation such as an industrial plant, the impedance may be much lower and the inrush current much larger.

In order for the test generator to have adequate capabilities to properly stress the equipment under test, the standard provides guidance in 6.1.2 to assure that the equipment does not demand more current than 70 % of the generator capability, for example 500 A for 220 V to 240 V mains.

Bibliography

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161 – Electromagnetic compatibility*

IEC TR 60725, *Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining the disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase*

IEC 61000-2-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-4-11:2004/ISH1:2010, *Interpretation sheet 1 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests¹*

IEC 61000-4-14, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-14: Testing and measurement techniques – Voltage fluctuation immunity test*

UNIPED, *Characteristics of the Low Voltage Electricity Supply – Group of Experts for Determination of the Characteristics of Usual Distortions of the Voltage Waveform, published in Electricity Supply, 54th Year, No. 92, May 1981*

¹

An interpretation sheet was issued by IEC SC 77A for IEC 61000-4-11 in August 2010.

SC 77A/Publication 61000-4-11 (2004), Deuxième édition/I-SH 01

COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE (CEM) –

**Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure –
Essais d'immunité aux creux de tension, coupures
brèves et variations de tension**

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issue des documents suivants:

| | |
|--------------|-----------------|
| ISH | Rapport de vote |
| 77A/726/FDIS | 77A/731/RVD |

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

Interprétation des exigences pour les temps de montée et des temps de descente pendant les essais d'EST dans la CEI 61000-4-11:2004: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension.

- 1) Dans la CEI 61000-4-11:2004, le Tableau 4 ne s'applique pas à l'essai sur l'EST (équipement soumis au test). Le Tableau 4 est seulement pour l'étalonnage et la conception du générateur.
- 2) En ce qui concerne le Tableau 1 et le Tableau 2, il n'y a pas d'exigence dans la CEI 61000-4-11:2004 pour le temps de montée et le temps de descente lorsque l'on essaie l'EST; c'est pourquoi, il n'est pas nécessaire de mesurer ces paramètres pendant les essais.
- 3) En ce qui concerne le Tableau 4, toutes les exigences s'appliquent à la conception et à l'étalonnage du générateur. Les exigences du Tableau 4 s'appliquent seulement quand la charge est une résistance non-inductive de 100 Ω . Les exigences du Tableau 4 ne s'appliquent pas pendant l'essai de l'EST.

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| AVANT-PROPOS | 31 |
| INTRODUCTION | 33 |
| 1 Domaine d'application | 34 |
| 2 Références normatives | 34 |
| 3 Termes et définitions | 34 |
| 4 Généralités | 36 |
| 5 Niveaux d'essai | 36 |
| 6 Instruments d'essai | 40 |
| 7 Montage d'essai | 42 |
| 8 Procédures d'essai | 43 |
| 9 Evaluation des résultats d'essai | 45 |
| 10 Rapport d'essai | 46 |
| Annexe A (normative) Détails sur les circuits d'essai | 47 |
| Annexe B (informative) Classes d'environnement électromagnétique | 50 |
| Annexe C (informative) Instruments d'essai | 51 |
| Annexe D (informative) Justification pour la spécification des générateurs concernant les temps de montée et de descente de tension et les valeurs des courants d'appel | 54 |
| Bibliographie | 57 |
| Figure 1 – Creux de tension - Exemples | 39 |
| Figure 2 – Coupure brève | 39 |
| Figure 3 – Variation de tension | 40 |
| Figure 4 – Essai phase neutre et phase phase des systèmes triphasés | 45 |
| Figure A.1 – Circuit utilisé pour déterminer le courant d'appel crête du générateur de coupures brèves | 48 |
| Figure A.2 – Circuit utilisé pour déterminer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel d'un EST | 49 |
| Figure C.1 – Schémas des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension | 52 |
| Figure C.2 – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension triphasés à l'aide d'un amplificateur de puissance | 53 |
| Tableau 1 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les creux de tension | 37 |
| Tableau 2 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les coupures brèves | 37 |
| Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme | 38 |
| Tableau 4 – Spécifications du générateur | 41 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 61000-4-11 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2004-03) [documents 77A/452/FDIS et 77A/455/RVD] et sa feuille d'interprétation 1 (2010-08), et son amendement 1 (2017-05) [documents 77A/951/FDIS et 77A/961/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 61000-4-11 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Cette deuxième constitue une révision technique dans laquelle

- 1) des durées et niveaux d'essai préférés pour les différentes classes d'environnement ont été ajoutées ;
- 2) les essais pour les systèmes triphasés ont été précisés.

Elle constitue la partie 4-11 de l'IEC 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de l'IEC.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties, conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émissions

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Directives d'installation et d'atténuation

Directives d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme Normes internationales, soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 définit les méthodes d'essai d'immunité ainsi que la gamme des niveaux d'essais préférés pour les matériels électriques et électroniques connectés à des réseaux d'alimentation basse tension pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension.

La présente norme s'applique aux matériels électriques et électroniques dont le courant nominal d'entrée ne dépasse pas 16 A par phase et destinés à être reliés à des réseaux électriques alternatifs de 50 Hz ou 60 Hz.

Elle ne s'applique pas aux matériels électriques et électroniques destinés à être reliés à des réseaux électriques à courant alternatif de 400 Hz. Les essais pour ces réseaux seront traités dans des normes IEC à venir.

Le but de cette norme est d'établir une référence commune pour l'évaluation de l'immunité fonctionnelle des matériels électriques et électroniques soumis à des creux de tension, à des coupures brèves et à des variations de tension.

NOTE Les essais d'immunité aux fluctuations de tension sont traités dans l'IEC 61000-4-14.

La méthode d'essai décrite dans la présente partie de l'IEC 61000 détaille une méthode sans faille pour estimer l'immunité d'un matériel ou d'un système à un phénomène prédéfini. Comme décrit dans le Guide 107 de l'IEC, ce document est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produit de l'IEC. Comme également mentionné dans le Guide 107, les comités de produit de l'IEC sont responsables du choix d'utilisation ou non de cette norme d'essai d'immunité et, si elle est utilisée, les comités sont responsables de la définition des niveaux d'essai appropriés. Le comité d'études 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produit pour l'évaluation de la pertinence des essais particuliers d'immunité pour leurs produits.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61000-2-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-8: Environnement – Creux de tension et coupures brèves sur les réseaux d'électricité publics incluant des résultats de mesures statistiques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

3.1

norme fondamentale en CEM

norme relative aux conditions ou aux règlements fondamentaux et généraux nécessaires à la réalisation de la CEM liés ou s'appliquant à tous les produits et systèmes et que les comités de produits peuvent utiliser comme document de référence

NOTE Comme déterminé par le Comité Consultatif de la Compatibilité Electromagnétique (ACEC) – voir le Guide 107 de l'IEC.

3.2

immunité (contre une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-20]

3.3

creux de tension

diminution brusque de la tension à un endroit particulier d'un système d'alimentation électrique qui devient inférieure à un seuil de creux spécifié, puis reprend une valeur supérieure au seuil après un bref intervalle de temps

NOTE 1 Typiquement, un creux est associé à l'apparition et à la disparition d'un court-circuit ou de toute autre cause de surintensité dans le système ou les installations connectées à celui-ci.

NOTE 2 Un creux de tension est une perturbation électromagnétique en deux dimensions, dont le niveau est déterminé par la tension et la durée.

3.4

coupure brève

diminution brusque de la tension sur toutes les phases à un endroit particulier d'un système d'alimentation électrique qui devient inférieure à un seuil d'interruption spécifié, puis reprend une valeur supérieure au seuil après un bref intervalle de temps

NOTE Les coupures brèves sont souvent liées aux dispositifs de commutation dont le fonctionnement est lié à l'apparition et à la disparition de courts-circuits dans le système ou les installations connectées à celui-ci.

3.5

tension résiduelle (d'un creux de tension)

valeur minimale de la tension efficace enregistrée pendant un creux de tension ou une coupure brève

NOTE La tension résiduelle peut être exprimée en volts, en pourcentage ou en valeur unitaire par rapport à la tension de référence.

3.6

dysfonctionnement

cessation de l'aptitude d'un matériel à accomplir ses fonctions ou exécution de fonctions incorrectes par le matériel

3.7

étalonnage

méthode qui garantit que l'appareil de mesure est conforme à ses spécifications

NOTE Dans le cadre de cette norme, l'étalonnage s'applique au générateur d'essai.

3.8

vérification

ensemble des opérations utilisées qui s'appliquent à l'ensemble des matériels d'essais (par exemple le générateur d'essai et les câbles d'interconnexion) pour démontrer que le système d'essai fonctionne conformément aux spécifications décrites à l'Article 6

NOTE 1 Les méthodes de vérification ne sont pas nécessairement les mêmes que les méthodes d'étalonnage.

NOTE 2 Les procédures de vérification décrites en 6.1.2 servent à vérifier que le générateur d'essai fonctionne correctement, les autres éléments constituant le montage d'essai servent à vérifier qu'une forme d'onde correcte est délivrée à l'EST.

4 Généralités

Les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension de l'alimentation électrique peuvent avoir une incidence sur les matériels électriques et électroniques.

Les creux de tension et les coupures brèves sont causés par des défaillances au niveau du réseau, essentiellement des courts-circuits (voir également l'IEC 61000-2-8), dans les installations ou par d'importantes variations brusques de charge. Dans certains cas, plusieurs creux ou coupures consécutifs peuvent survenir. Les variations de tension sont causées par des variations continues des charges connectées au réseau.

Ces phénomènes, aléatoires par nature, peuvent être caractérisés de manière minimale en vue d'être utilisés pour des simulations en laboratoire en termes d'écart par rapport à la tension nominale et de durée.

En conséquence, différents types d'essais sont spécifiés dans cette norme pour simuler les effets des variations brusques de tension. Ces essais doivent uniquement être utilisés pour des cas particuliers et justifiés, et relèvent de la responsabilité des comités de produits ou de spécifications.

Le comité de produits est responsable d'établir les phénomènes concernés parmi ceux traités dans cette norme et de décider des conditions d'application de l'essai.

5 Niveaux d'essai

Les tensions données dans la présente norme ont comme base la tension nominale du matériel (U_T) pour les spécifications des tensions des niveaux d'essai.

Lorsque le matériel présente une gamme de tensions nominales, les points suivants doivent s'appliquer:

- si la gamme de tensions est inférieure à 20 % de la plus basse tension spécifiée pour la gamme de tensions nominales, une seule tension de cette gamme peut être spécifiée comme base pour les spécifications des niveaux d'essai (U_T);
- dans tous les autres cas, la procédure d'essai doit s'appliquer à la fois aux tensions les plus élevées et aux tensions les plus faibles de la gamme de tensions;
- l'IEC 61000-2-8 donne une sélection de durées et de niveaux d'essai.

5.1 Creux de tension et coupures brèves

Le passage de la tension U_T à la nouvelle tension est brusque. Ce changement peut commencer et se terminer quel que soit l'angle de phase de la tension du réseau. Les niveaux de tension d'essai suivants (en % de U_T) sont utilisés: 0 %, 40 %, 70 % et 80 %, ce qui correspond à des creux de tension résiduelle de 0 %, 40 %, 70 % et 80 %.

Pour les creux de tension, les durées et les niveaux d'essai préférés sont indiqués dans le Tableau 1 et un exemple est représenté à la Figure 1a) et à la Figure 1b).

Pour les coupures brèves, les durées et les niveaux d'essai préférés sont indiqués dans le Tableau 2 et un exemple est représenté à la Figure 2.

Les durées et niveaux d'essai préférés indiqués dans les Tableaux 1 et 2 tiennent compte des informations indiquées dans l'IEC 61000-2-8.

Les niveaux d'essai préférés indiqués dans le Tableau 1 sont raisonnablement sévères et sont représentatifs de nombreux creux de tension réels, mais n'ont pas pour but de garantir l'immunité pour n'importe quel creux de tension. Des creux de tension plus sévères, par exemple 0 % pendant 1 s et des creux de tension triphasé, peuvent être considérés par les comités produits.

Le temps de montée, t_r , et le temps de descente, t_f , pendant les variations brusques sont indiqués dans le Tableau 4.

Les durées et niveaux doivent être indiqués dans les spécifications des produits. Un niveau d'essai de 0 % correspond à une coupure totale de la tension d'alimentation. En pratique, une tension d'essai comprise entre 0 % et 20 % de la tension nominale peut être considérée comme une coupure totale.

Il convient que les durées plus courtes du tableau, et en particulier la demi-période, soient testées pour confirmer que l'équipement soumis aux essais (EST) fonctionne conformément aux limites spécifiées pour celui-ci.

Lors de la définition des critères de performances pour des perturbations dont la durée est une demi-période pour des produits équipés d'un transformateur de réseau, il convient que les comités de produits soient particulièrement attentifs aux effets causés par les courants d'appel. Pour de tels produits, ces courants peuvent être 10 à 40 fois plus élevés que le courant nominal en raison de la saturation du flux magnétique du noyau du transformateur après le creux de tension.

Tableau 1 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les creux de tension

| Classes ^a | Durée et niveau d'essai pour des creux de tension (t_s) (50 Hz/60 Hz) | | | | |
|---|---|--------------------------|---|---|---|
| Classe 1 | Au cas par cas en fonction des exigences du matériel | | | | |
| Classe 2 | 0 % pendant ½ période | 0 % pendant 1 période | 70 % pendant 25/30 ^c périodes | | |
| Classe 3 | 0 % pendant ½ période | 0 % pendant 1 période | 40 % pendant 10/12 ^c périodes | 70 % pendant 25/30 ^c périodes | 80 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe X ^b | X | X | X | X | X |
| ^a Classes similaires à l'IEC 61000-2-4; voir l'Annexe B. ^b À définir par le comité de produits. Pour des matériels connectés directement ou indirectement au réseau public, il ne faut pas que les niveaux soient moins sévères que ceux de la Classe 2. ^c "25/30 périodes" signifie "25 périodes pour des essais à 50 Hz" et "30 périodes pour des essais à 60 Hz". | | | | | |

Tableau 2 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les coupures brèves

| Classes ^a | Durée et niveau d'essai pour des coupures brèves (t_s) (50 Hz/60 Hz) |
|---|--|
| Classe 1 | Au cas par cas en fonction des exigences du matériel |
| Classe 2 | 0 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe 3 | 0 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe X ^b | X |
| ^a Classes similaires à l'IEC 61000-2-4; voir l'Annexe B. ^b À définir par le comité de produits. Pour des matériels connectés directement ou indirectement au réseau public, il ne faut pas que les niveaux soient moins sévères que ceux de la Classe 2. ^c "250/300 périodes" signifie "250 périodes pour des essais à 50 Hz" et "300 périodes pour des essais à 60 Hz". | |

5.2 Variations de tension (facultatif)

Cet essai porte sur une transition définie entre une tension nominale U_T et la valeur de la tension après la variation.

NOTE La durée de la variation de tension est courte et peut être causée par une variation de charge.

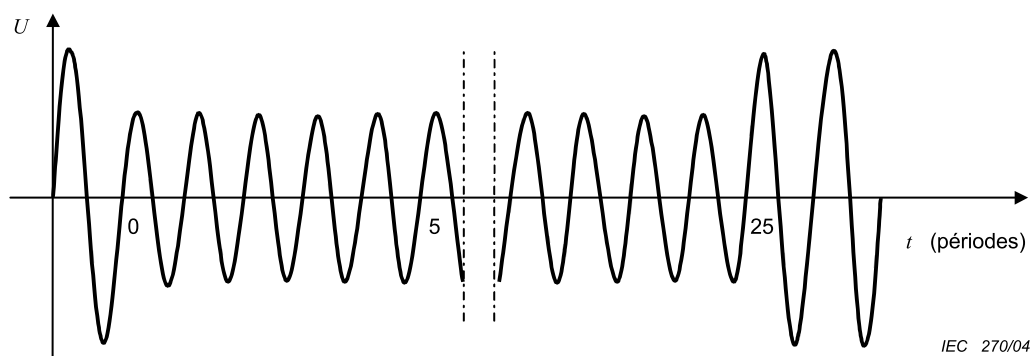
La durée préférée des variations de tension et la durée pendant laquelle les tensions réduites doivent être conservées sont indiquées dans le Tableau 3. Il convient que le taux de variation soit constant; toutefois, la tension peut être échelonnée. Il convient que les échelons se situent aux points de passage à zéro et qu'ils ne soient pas supérieurs à 10 % de U_T . Les échelons inférieurs à 1 % de U_T sont considérés comme des taux de variation de tension constants.

Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme

| Niveau d'essai de la tension | Temps de diminution de la tension (t_d) | Durée de la tension réduite (t_s) | Temps d'augmentation de la tension (t_i) (50 Hz /60 Hz) |
|---|---|---------------------------------------|---|
| 70 % | Brusque | 1 période | 25/30 ^b périodes |
| X^a | X^a | X^a | X^a |
| ^a À définir par le comité de produits. | | | |
| ^b "25/30périodes" signifie "25 périodes pour des essais à 50 Hz" et "30 périodes pour des essais à 60 Hz". | | | |

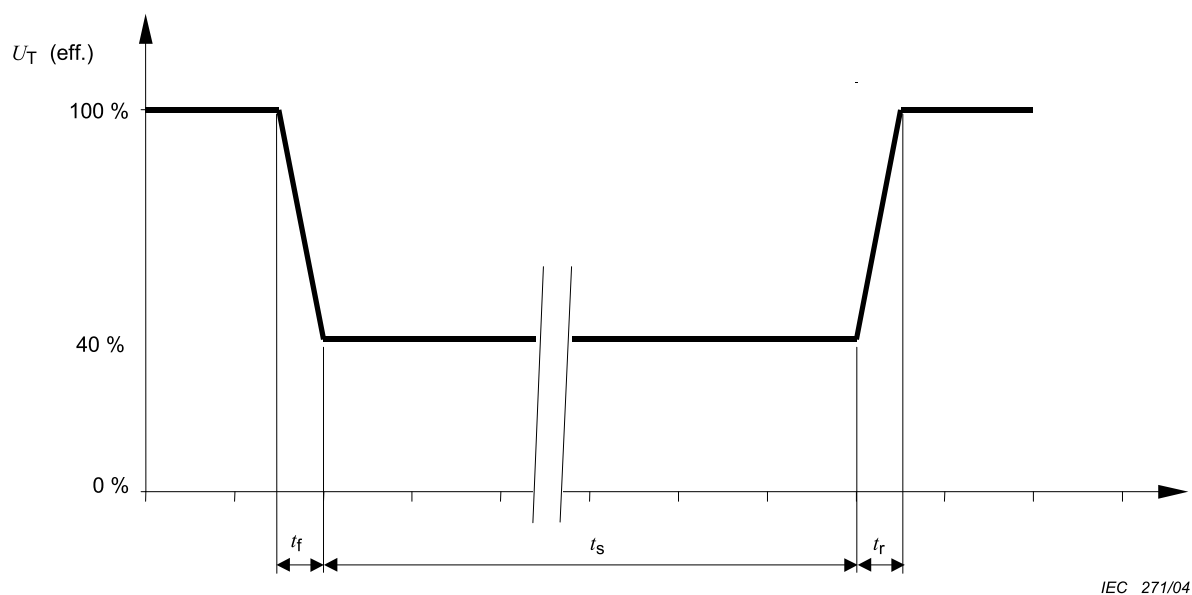
Il s'agit de la forme typique du démarrage d'un moteur.

La Figure 3 représente la tension efficace en fonction du temps. D'autres valeurs peuvent être considérées dans des cas justifiés et doivent être spécifiées par le comité de produits.



NOTE La tension diminue jusqu'à 70 % pour 25 périodes. Échelon au passage à zéro.

Figure 1a) – Creux de tension – graphique montrant la forme d'onde d'un creux de tension de 70 %



Légende

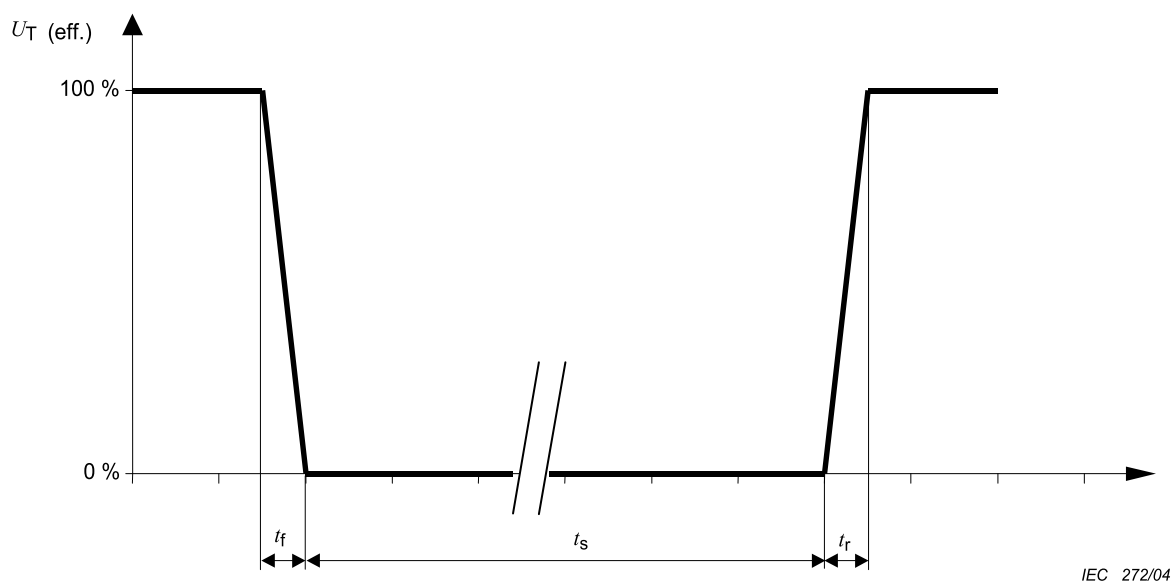
t_r Temps de montée

t_f Temps de descente

t_s Durée de la tension réduite

Figure 1b) – Creux de tension – graphique montrant la valeur efficace d'un creux de tension de 40 %

Figure 1 – Creux de tension - Exemples



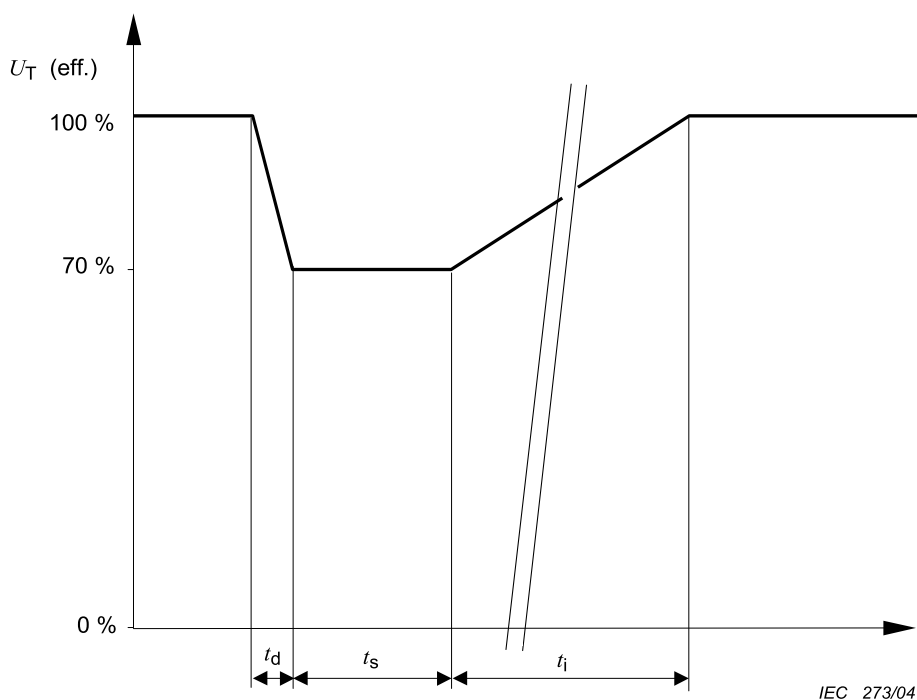
Légende

t_r Temps de montée

t_f Temps de descente

t_s Durée de la tension réduite

Figure 2 – Coupure brève



Légende

- t_d Temps de diminution de la tension
- t_i Temps d'augmentation de la tension
- t_s Durée de la tension réduite

Figure 3 – Variation de tension

6 Instruments d'essai

6.1 Générateur d'essai

Les caractéristiques suivantes sont communes aux générateurs pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension, sauf indication contraire.

Des exemples de générateurs sont indiqués à l'Annexe C.

Le générateur doit être équipé pour ne pas émettre d'importantes perturbations, qui, si elles sont envoyées sur le réseau d'alimentation, peuvent influencer les résultats des essais.

Tout générateur produisant un creux de tension dont les caractéristiques sont supérieures ou égales (en durée et en amplitude) à celles stipulées par la présente norme est autorisé.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur

Tableau 4 – Spécifications du générateur

| | |
|--|--|
| Tension de sortie à vide | Comme stipulé dans le Tableau 1, $\pm 5\%$ de la valeur de la tension résiduelle |
| Variation de la tension avec la charge à la sortie du générateur | |
| 100 % de la sortie, 0 A à 16 A | moins de 5% de U_T |
| 80 % de la sortie, 0 A à 20 A | moins de 5% de U_T |
| 70 % de la sortie, 0 A à 23 A | moins de 5% de U_T |
| 40 % de la sortie, 0 A à 40 A | moins de 5% de U_T |
| Courant de sortie admissible | 16 A efficace par phase à la tension nominale. Le générateur doit être capable de délivrer 20 A à 80% de la valeur nominale pendant une durée de 5 s. Il doit être capable de délivrer 23 A à 70% de la valeur nominale et 40 A à 40% de la valeur nominale pendant 3 s. (Cette exigence peut être réduite en fonction du courant d'alimentation en régime permanent nominal de l'EST, voir Article A.3). |
| Valeur crête du courant d'appel (pas de condition requise pour les essais de variation de tension) | Ne doit pas être limitée par le générateur. Toutefois, il n'est pas nécessaire que la valeur crête du générateur dépasse 1 000 A pour un réseau de 250 V à 600 V, 500 A pour un réseau de 200 V à 240 V, ou 250 A pour un réseau de 100 V à 120 V. |
| Valeur crête instantanée du sur-dépassement/sous-dépassement de la tension réelle, le générateur étant branché sur une charge résistive de 100 Ω | Inférieur à 5% de U_T |
| Temps de montée (et de descente) de la tension t_r (et t_f), voir Figures 1b) et 2, pendant une variation brusque, le générateur étant branché sur une charge résistive de 100 Ω | Entre 1 μ s et 5 μ s |
| Déphasage (si nécessaire) | 0° à 360° |
| Écart entre la phase des creux de tension et des coupures et la phase de la fréquence de l'alimentation | Moins de $\pm 10^\circ$ |
| Commande du passage à zéro des générateurs | $\pm 10^\circ$ |

L'impédance de sortie doit être principalement résistive.

L'impédance de sortie du générateur de tension d'essai doit être faible, même pendant la transition (par exemple inférieure à $0,4 + j0,25 \Omega$).

NOTE 1 Il convient que la charge résistive de 100 Ω utilisée pour tester le générateur ne comporte pas d'inductivité supplémentaire.

NOTE 2 Pour tester le matériel qui régénère l'énergie, il est possible de brancher une résistance externe en parallèle sur la charge. Il ne faut pas que le résultat de l'essai soit influencé par cette charge.

6.1.2 Vérification des caractéristiques des générateurs de creux de tension et de coupures brèves

Pour comparer les résultats des essais obtenus à partir de différents générateurs, les caractéristiques des générateurs doivent être contrôlées conformément aux points suivants:

- les tensions de sortie efficaces à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % du générateur doivent être conformes aux pourcentages des tensions de fonctionnement sélectionnées: 230 V, 120 V, etc.;
- les tensions de sortie efficaces à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % du générateur doivent être mesurées sans charge et elles doivent être maintenues à un certain pourcentage de U_T ;

- la régulation par rapport à la charge doit être contrôlée à la valeur nominale de courant de la charge sur chacune des tensions de sortie et la variation ne doit pas dépasser 5 % de la tension d'alimentation nominale à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % de la tension d'alimentation nominale.

Pour une tension de sortie de 80 % de la valeur nominale, les exigences décrites ci-dessus ne doivent être vérifiées que pendant une durée maximale de 5 s.

Pour des tensions de sortie de 70 % et 40 % de la valeur nominale, les exigences décrites ci-dessus ne doivent être vérifiées que pendant une durée maximale de 3 s.

Si la valeur de crête admissible du courant d'appel d'excitation doit être contrôlée, le générateur doit passer de 0 % à 100 % de sa sortie maximale, lorsqu'il est branché sur une charge constituée d'un redresseur approprié et d'un condensateur déchargé de 1 700 μ F sur le côté redressé. L'essai doit être réalisé pour des angles de phases de 90° et de 270°. Le circuit à utiliser pour mesurer la valeur de crête admissible du courant d'appel d'excitation du générateur est indiqué à la Figure A.1.

Lorsqu'on estime pouvoir utiliser un générateur dont la valeur crête du courant d'appel est inférieure à la valeur crête standard spécifiée parce que l'EST nécessite une valeur crête du courant d'appel inférieure à la valeur standard (par exemple 500 A pour un réseau de 220 V à 240 V), cela doit d'abord être confirmé en mesurant la valeur crête du courant d'appel de l'EST. Lorsque la puissance est délivrée par un générateur d'essai, la valeur crête du courant d'appel de l'EST doit être inférieure à 70 % de la valeur de crête admissible du courant d'excitation, comme cela a déjà été contrôlé conformément à l'Annexe A. Le courant d'appel réel de l'EST doit être mesuré après un démarrage à froid et après un arrêt de 5 s, en suivant la procédure décrite à l'Article A.3.

Les caractéristiques de commutation du générateur doivent être mesurées avec une charge de 100 Ω de dissipation d'énergie appropriée.

NOTE Il convient que la charge résistive de 100 Ω utilisée pour tester le générateur ne comporte pas d'inductivité supplémentaire.

Les temps de montée et de descente, ainsi que le sur-dépassement et le sous-dépassement, doivent être contrôlés pour des commutations à 90° et à 270°, de 0 % à 100 %, de 100 % à 80 %, de 100 % à 70 %, de 100 % à 40 % et de 100 % à 0 %.

La précision de l'angle de phase doit être contrôlée pour des commutations de 0 % à 100 % et de 100 % à 0 %, pour neuf angles de phase entre 0° et 360° par pas de 45°. Elle doit également être contrôlée pour des commutations de 100 % à 80 % et de 80 % à 100 %, de 100 % à 70 % et de 70 % à 100 %, ainsi que de 100 % à 40 % et de 40 % à 100 %, à 90° et 180°.

Les générateurs de tension doivent, de préférence, être étalonnés à des dates définies conformément au système d'assurance qualité approuvé.

6.2 Source d'énergie

La fréquence de la tension d'essai ne doit pas dépasser ± 2 % de la fréquence nominale.

7 Montage d'essai

Pour la réalisation de l'essai, le câble reliant l'EST au générateur d'essai doit être le plus court possible, conformément aux spécifications du fabricant de l'EST. Si la longueur du câble n'est pas spécifiée, elle doit être la plus petite longueur possible appropriée à l'application de l'EST.

Les montages d'essai des trois types de phénomènes décrits dans cette norme portent sur:

- les creux de tension;
- les coupures brèves;
- les variations de tension avec transition progressive entre la tension nominale et la nouvelle tension (facultatif).

Des exemples de montages d'essai sont indiqués à l'Annexe C.

La Figure C.1a représente un schéma de génération de creux de tension, de coupures brèves et de variations de tension avec une transition progressive entre la tension nominale et la nouvelle tension utilisant un générateur à commutation interne; à la Figure C.1b), un générateur et un amplificateur de puissance sont utilisés.

La Figure C.2 représente un schéma de génération de creux de tension, de coupures brèves et de variations de tension utilisant un générateur et un amplificateur de puissance pour des équipements triphasés.

8 Procédures d'essai

Un plan d'essai doit être préparé avant de commencer tout essai sur un EST donné.

Il convient que le plan d'essai soit représentatif de la façon dont le système est couramment utilisé.

Les systèmes peuvent nécessiter une pré-analyse précise afin de définir les configurations représentatives des conditions normales de chantier qui doivent être soumises aux essais.

Il faut que les différents cas d'essais soient expliqués et indiqués dans le Rapport d'essai.

Il est recommandé que le plan d'essai comprenne les données suivantes:

- la désignation du type d'EST;
- les informations sur les connexions possibles (prises, bornes, etc.), les câbles correspondants et les périphériques;
- la prise d'alimentation du matériel à tester;
- les modes de fonctionnement représentatifs de l'EST pour l'essai;
- les critères de performances utilisés et définis dans les spécifications techniques;
- le ou les mode(s) de fonctionnement du matériel;
- la description du montage d'essai.

Si aucune source réelle de signaux de fonctionnement n'est disponible pour l'EST, elle peut être simulée.

Toute dégradation des performances doit être enregistrée pour chaque essai. Il convient que les matériels de contrôle soient capables d'afficher l'état du mode de fonctionnement de l'EST pendant et après les essais. Un contrôle fonctionnel complet doit être effectué après chaque groupe d'essais.

8.1 Conditions de référence en laboratoire

8.1.1 Conditions climatiques

A moins qu'il en soit spécifié autrement par le comité responsable d'une norme générique ou d'une norme de produit, les conditions climatiques dans le laboratoire doivent être dans les limites spécifiées pour le fonctionnement de l'EST et des matériels d'essai par leurs constructeurs respectifs.

Les essais ne doivent pas être réalisés si l'humidité relative entraîne une condensation sur l'EST ou sur les matériels d'essai.

NOTE Lorsqu'il est estimé qu'il y a suffisamment de preuves pour démontrer que les effets du phénomène couverts par la présente norme sont influencés par les conditions climatiques, il convient d'en informer le comité responsable de la présente norme.

8.1.2 Conditions électromagnétiques

Les conditions électromagnétiques dans le laboratoire doivent garantir un fonctionnement correct de l'EST pour ne pas perturber les résultats des essais.

8.2 Exécution de l'essai

Pendant les essais, la tension du réseau doit être contrôlée avec une précision de 2 %.

8.2.1 Creux de tension et coupures brèves

L'EST doit être testé pour chaque combinaison de durée et de niveau d'essai sélectionnée selon une séquence de trois coupures/creux à des intervalles de 10 s minimum (entre chaque essai). Chaque mode de fonctionnement représentatif doit être testé.

Pour les creux de tension, les variations de tension d'alimentation doivent se produire au passage à zéro et à d'autres angles considérés comme critiques par le comité de produits ou par chaque spécification de produits. De préférence, ces angles seront 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° et 315° sur chaque phase.

Pour les coupures brèves, l'angle doit être choisi par le comité de produits afin de refléter le pire cas. En l'absence de définition, il est recommandé d'utiliser 0° pour une des phases.

Pour un essai de coupure brève sur des systèmes triphasés, les trois phases doivent être testées simultanément comme stipulé en 5.1.

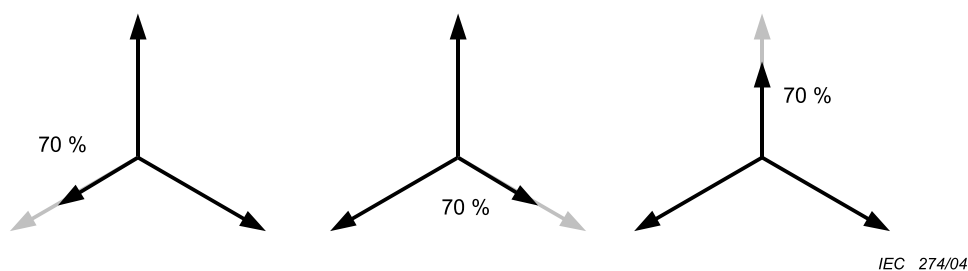
Pour un essai de creux de tension sur des systèmes monophasés, les tensions doivent être testées comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre d'une série d'essais.

Pour un essai de creux de tension sur des systèmes triphasés avec neutre, chaque tension (entre phase et neutre ainsi qu'entre phases) doit être testée individuellement comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre de six séries d'essais. Voir Figure 4b).

Pour un essai de creux de tension sur des systèmes triphasés sans neutre, chaque tension entre phases doit être testée individuellement comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre de trois séries d'essais. Voir Figure 4b).

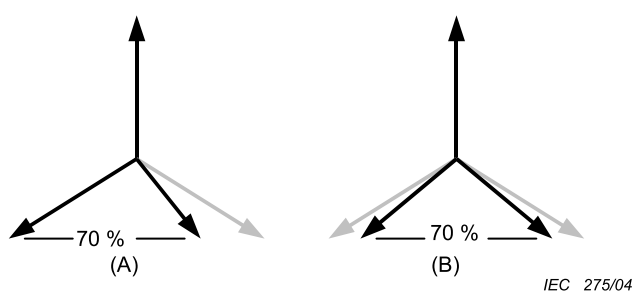
NOTE Dans le cas des systèmes triphasés, pendant l'essai d'un creux de tension phase phase, une ou les deux autres tensions varieront également.

Pour les EST qui possèdent plusieurs fils d'alimentation, il convient que chaque fil d'alimentation soit essayé individuellement.



NOTE Pour l'essai phase neutre des systèmes triphasés, chaque phase est vérifiée individuellement.

Figure 4a) – Essai phase neutre des systèmes triphasés



NOTE Pour l'essai phase phase des systèmes triphasés, chaque phase est aussi vérifiée individuellement. Les schémas (A) et (B) montrent un creux de tension de 70 %. (A) est la solution préférée mais (B) est acceptable également.

Figure 4b) – Essai phase phase des systèmes triphasés

Figure 4 – Essai phase neutre et phase phase des systèmes triphasés

8.2.2 Variations de tension (facultatif)

L'EST est testé pour chaque variation de tension spécifiée, trois fois à 10 s d'intervalle pour les modes de fonctionnement les plus représentatifs.

9 Evaluation des résultats d'essai

Les résultats d'essai doivent être classés en tenant compte de la perte de fonction ou de la dégradation du fonctionnement du matériel soumis à l'essai, par rapport à un niveau de fonctionnement défini par son constructeur ou par le demandeur de l'essai, ou selon l'accord entre le constructeur et l'acheteur du produit. La classification recommandée est la suivante:

- comportement normal dans les limites spécifiées par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement cessant après la disparition de la perturbation; le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement nécessitant l'intervention d'un opérateur;
- perte de fonction ou dégradation du fonctionnement non récupérable, due à un matériel ou un logiciel endommagés, ou à une perte de données.

Les spécifications du constructeur peuvent définir des effets sur l'EST qui peuvent être considérés comme non significatifs et donc acceptables.

Cette classification peut être utilisée comme un guide pour l'élaboration des critères d'aptitude à la fonction, par les comités responsables des normes génériques, de produits et de famille de produits ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et l'acheteur, par exemple lorsqu'aucune norme générique, de produit ou de famille de produits appropriée n'existe.

NOTE Les niveaux de fonctionnement ne sont pas nécessairement les mêmes pour les essais de creux de tension, pour les essais de coupure brève ou pour l'essai de variation de tension, si cet essai facultatif a été demandé.

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, ce qui suit doit être noté:

- les points spécifiés dans le plan d'essai requis à l'Article 8;
- l'identification de l'EST et de tous les matériels associés, par exemple marque, type de produit, numéro de série;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type de produit, numéro de série;
- toutes les conditions d'environnement spéciales dans lesquelles l'essai a été réalisé, par exemple enveloppe blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;
- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation d'essai, et la durée pendant laquelle ces effets ont persisté;
- la justification de la décision succès/échec (basée sur le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou dans l'accord entre le constructeur et l'acheteur);
- toutes les conditions spécifiques d'utilisation, par exemple longueur ou type de câble, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont requises pour assurer la conformité.

Annexe A **(normative)**

Détails sur les circuits d'essai

A.1 Valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur d'essai

Le circuit utilisé pour mesurer la valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur est représenté à la Figure A.1. Grâce au redresseur en pont, il n'est pas nécessaire de changer la polarité du redresseur entre un essai à 270° et un essai à 90°. Il convient que le courant nominal du réseau à redresseur à demi-période soit au moins deux fois supérieur au courant d'appel crête du générateur pour offrir un facteur de sécurité du fonctionnement convenable.

La tolérance du condensateur électrolytique de 1 700 μF doit être de $\pm 20\%$. Sa tension nominale doit être de préférence entre 15 % et 20 % supérieure à la tension de crête nominale du réseau, par exemple 400 V pour un réseau de 220 V – 240 V. Le condensateur électrolytique doit également supporter une valeur crête du courant d'appel au moins deux fois supérieure à la valeur crête du courant d'appel du générateur pour offrir un facteur de sécurité du fonctionnement convenable. La résistance série équivalente (ESR) du condensateur doit être la plus petite possible sans dépasser 0,1 Ω à 100 Hz et 20 kHz.

Puisque le condensateur de 1 700 μF doit être déchargé pour l'essai, une résistance doit être branchée en parallèle sur le condensateur et il faut attendre plusieurs constantes de temps (RC) entre les essais. Une résistance de 10 000 Ω donne une constante de temps de 17 s, ce qui implique un temps d'attente de 1,5 min à 2 min entre deux essais de courant d'excitation admissible. Pour diminuer ce temps d'attente, des résistances de valeurs aussi basses que 100 Ω peuvent être utilisées.

La sonde de courant doit pouvoir supporter la totalité de la valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur pendant un quart de période sans saturer.

Les essais doivent être réalisés en faisant basculer le générateur de 0 % à 100 % à 90° et 270° pour garantir que la valeur crête du courant d'appel d'excitation est suffisante pour les deux polarités.

A.2 Caractéristiques du contrôle du courant pour la mesure de la valeur crête du courant d'appel

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tension de sortie avec charge de 50 Ω : | supérieure ou égale à 0,01 V/A |
| Valeur crête du courant: | 1 000 A minimum |
| Précision de la valeur crête du courant: | $\pm 10\%$ (impulsion de 3 ms) |
| Courant efficace: | 50 A minimum |
| $I \times T$ maximal: | supérieur ou égal à 10 A · s |
| Temps de montée/descente: | inférieur ou égal à 500 ns |
| Point à 3 dB basse fréquence: | inférieur ou égal à 10 Hz |
| Résistance d'insertion: | inférieure ou égale à 0,001 Ω |

A.3 Conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel de l'EST

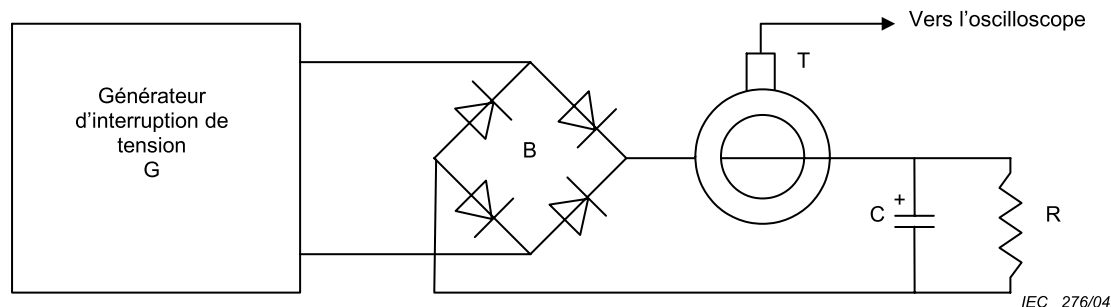
Lorsque la valeur de crête admissible du courant d'appel du générateur satisfait aux conditions requises (par exemple au moins 500 A pour un réseau à 220 V – 240 V), il n'est pas nécessaire de mesurer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel de l'EST.

Toutefois, un générateur dont le courant d'appel est inférieur à cette condition peut être utilisé pour l'essai si le courant d'appel requis pour l'EST est inférieur au courant d'appel crête du générateur. Le circuit de la Figure A.2 est un exemple de mesure de la valeur crête du courant d'appel d'un EST pour déterminer si elle est inférieure au courant d'appel crête d'un générateur de faible courant d'appel.

Le circuit utilise un transformateur de courant identique à celui de la Figure A.1. Quatre essais de valeurs crête de courant d'appel sont réalisés:

- l'alimentation est coupée pendant au moins 5 min, puis la valeur crête du courant d'appel est mesurée lorsque l'alimentation est mise en marche à 90°;
- répéter l'étape a) pour 270°;
- l'alimentation est en marche de préférence pendant au moins 1 min, elle est arrêtée pendant 5 s, puis la valeur crête du courant d'appel est mesurée lorsque l'alimentation est remise en marche à 90°;
- répéter l'étape c) pour 270°.

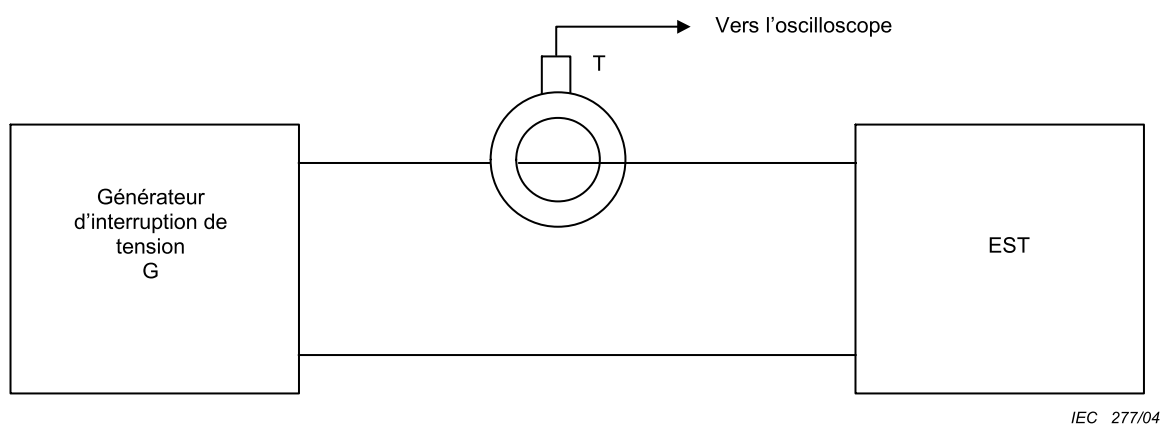
Afin de pouvoir utiliser un générateur de faible courant d'appel pour tester un EST particulier, le courant d'appel mesuré de cet EST doit être inférieur à 70 % du courant d'appel crête mesuré du générateur.



Composants

- G générateur de coupure de tension, qui commute à 90° et 270°
T sonde de courant, avec sortie de contrôle branchée sur un oscilloscope
B redresseur en pont
R résistance de fuite, inférieure à 10 000 Ω ou inférieure à 100 Ω
C condensateur électrolytique de 1 700 $\mu\text{F} \pm 20 \%$

Figure A.1 – Circuit utilisé pour déterminer le courant d'appel crête du générateur de coupures brèves



IEC 277/04

Figure A.2 – Circuit utilisé pour déterminer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel d'un EST

Annexe B (informative)

Classes d'environnement électromagnétique

B.1 Classes d'environnement électromagnétique

Les classes d'environnement électromagnétique définies ci-dessous sont tirées de l'IEC 61000-2-4.

- **Classe 1**

Cette classe s'applique aux alimentations protégées et a des niveaux de compatibilité inférieurs à ceux du réseau public. Elle traite de l'utilisation des matériels très sensibles aux perturbations dans l'alimentation, comme par exemple l'instrumentation de laboratoires technologiques, certains matériels automatisés et de protection, certains ordinateurs, etc.

NOTE Les environnements de la classe 1 incluent généralement des matériels devant être protégés par des appareils tels que des alimentations sans interruption (ASI), des filtres ou des parasurtenseurs.

- **Classe 2**

Cette classe s'applique aux points communs de raccordement au réseau public (PCC pour systèmes client) et aux points communs de raccordement au réseau public en usine (IPC) dans l'environnement industriel en général. Les niveaux de compatibilité dans cette classe étant identiques à ceux des réseaux publics, les composants destinés à des applications dans les réseaux publics peuvent donc être utilisés dans cette classe d'environnement industriel.

- **Classe 3**

Cette classe s'applique uniquement aux IPC en environnement industriel. Ses niveaux de compatibilité sont supérieurs à ceux de la classe 2 pour certains phénomènes de perturbation. Il convient d'utiliser cette classe par exemple dans l'une des conditions suivantes:

- une majeure partie de la charge passe par des convertisseurs;
- présence de machines de soudage;
- des moteurs puissants sont mis en marche fréquemment;
- les charges varient rapidement.

NOTE 1 L'alimentation à des charges fortement perturbantes, comme les fours à arc et les gros convertisseurs qui sont généralement alimentés à partir d'un bus de raccordement compartimenté, présente fréquemment des niveaux de perturbation supérieurs à ceux de la classe 3 (environnement dur). Dans ces cas spéciaux, il convient de définir les niveaux de compatibilité au préalable.

NOTE 2 Il convient de déterminer la classe applicable aux nouvelles usines ou aux extensions d'usines existantes en fonction du type de matériel et de procédé envisagé.

Annexe C (informative)

Instruments d'essai

C.1 Exemples de générateurs et de montages d'essais

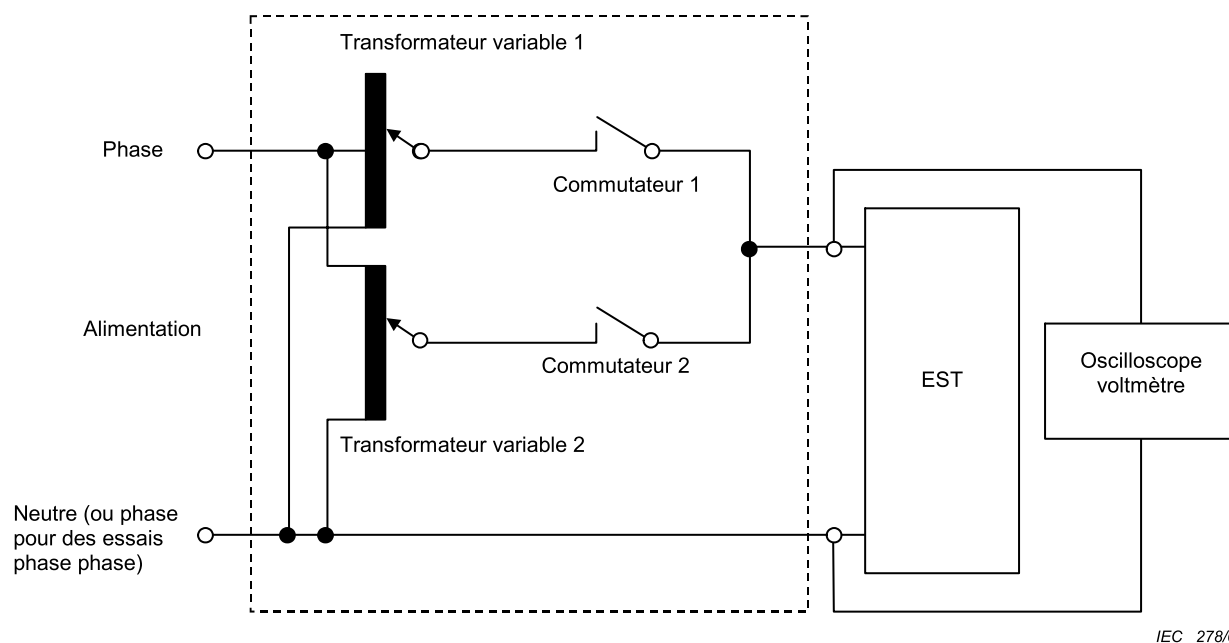
Les Figures C.1a) et C.1b) représentent deux configurations possibles d'essai pour simuler une alimentation réseau. Des coupures et des variations de tension sont simulées à l'aide de deux transformateurs de tensions de sortie variables pour représenter le comportement de l'EST dans certaines conditions.

Des chutes, des hausses et des interruptions de tension sont simulées en fermant alternativement le commutateur 1 et le commutateur 2. Ces deux commutateurs ne sont jamais fermés en même temps et les deux commutateurs peuvent être ouverts en même temps pendant un intervalle de 100 μ s au maximum. Il doit être possible d'ouvrir et de fermer les commutateurs quel que soit l'angle de phase. Des commutateurs à semi-conducteur de type MOSFET et IGBT peuvent satisfaire à ces conditions. Les thyristors et les triacs s'ouvrent lorsque le courant passe par zéro et donc ne satisfont pas à ces conditions.

La tension de sortie des transformateurs variables peut être réglée manuellement ou automatiquement par un moteur. Un autotransformateur équipé de plusieurs prises sélectionnées par un commutateur peut également être utilisé.

Des générateurs de formes d'onde et des amplificateurs de puissance peuvent remplacer les transformateurs variables et les commutateurs (voir Figure C.1b)). Cette configuration permet également de tester les variations de fréquences et les harmoniques de l'EST.

Les générateurs décrits pour les essais monophasés (voir Figures C.1a), C.1b) et C.1c) peuvent aussi être utilisés pour des essais triphasés (voir Figure C.2).



IEC 278/04

Figure C.1a) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide de transformateurs variables et de commutateurs

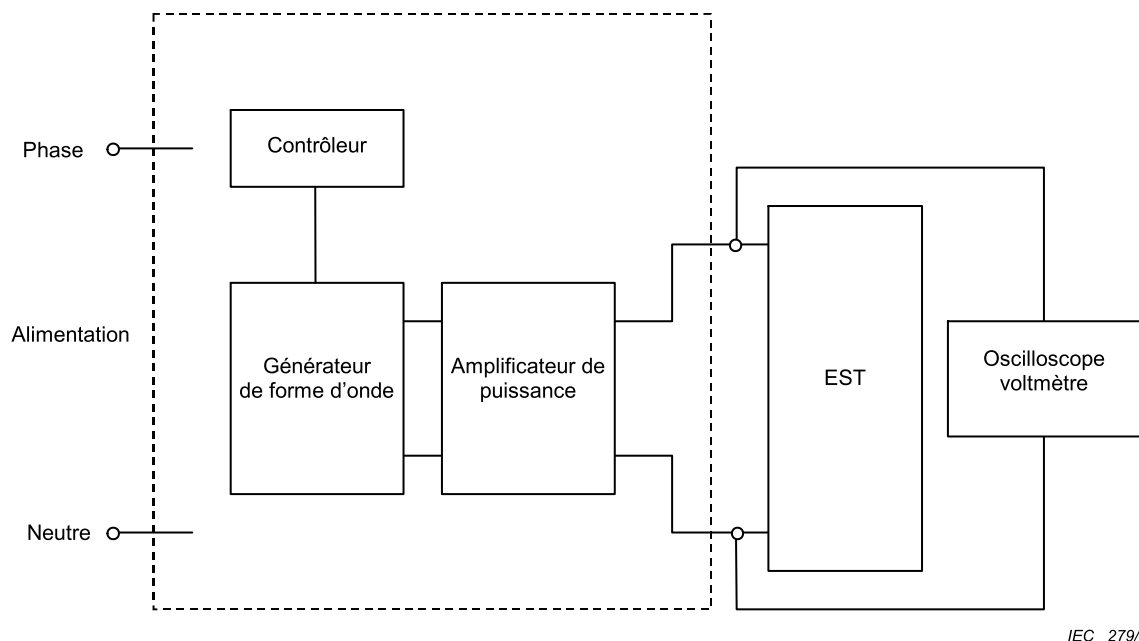


Figure C.1b) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide d'un amplificateur de puissance

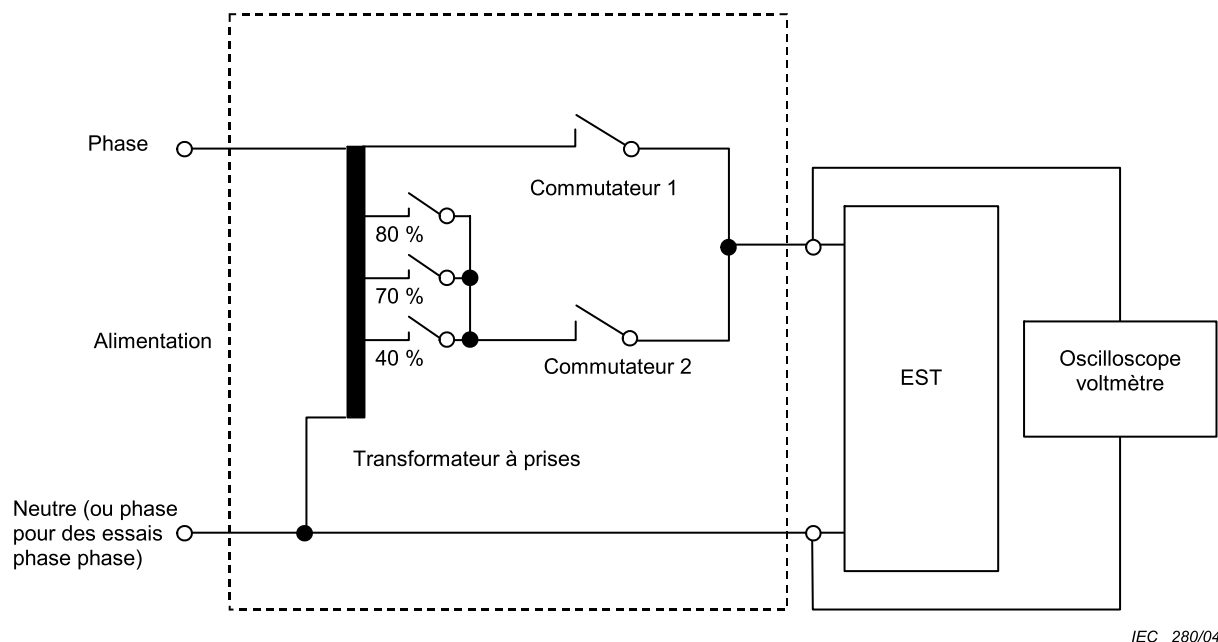


Figure C.1c) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide d'un transformateur à prises et de commutateurs

Figure C.1 – Schémas des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension

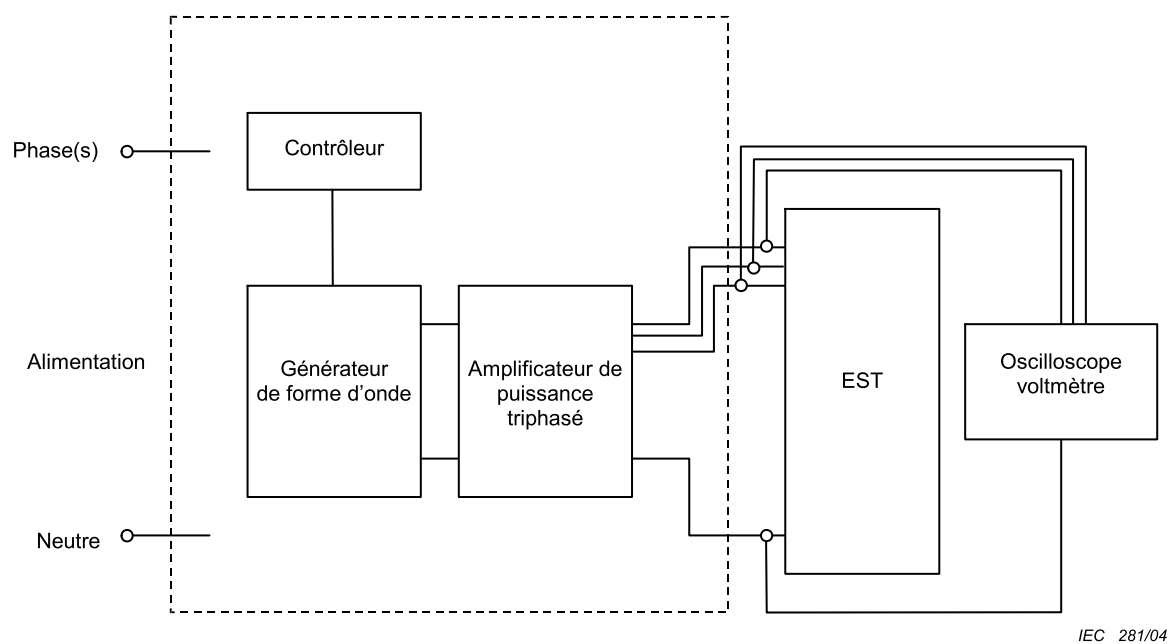


Figure C.2 – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension triphasés à l'aide d'un amplificateur de puissance

Annexe D **(informative)**

Justification pour la spécification des générateurs concernant les temps de montée et de descente de tension et les valeurs des courants d'appel

D.1 Concept de publication fondamentale

Les normes fondamentales d'immunité de la série IEC 61000-4-x sont fondées sur le concept qui consiste à définir, dans un document, un système d'essai qui représente spécifiquement un type de perturbation électromagnétique. La description environnementale de la série IEC 61000-2-x (qui inclut aussi les niveaux de compatibilité) ainsi que l'expérience pratique dans l'industrie servent de base pour la définition du simulateur de source de perturbation, des réseaux de couplage et de découplage nécessaires et de la gamme des niveaux d'essai.

Les paramètres donnés dans la publication fondamentale sont toujours des compromis choisis à partir d'un nombre important de données provenant de la source de perturbation. Le compromis est considéré comme correct si, après l'application de l'essai d'immunité, seuls quelques dysfonctionnements se produisent dans la pratique.

Pour que l'essai d'immunité reste le plus facile possible, la sortie du générateur doit être vérifiée en utilisant un montage d'étalonnage et non en lui raccordant l'EST. L'étalonnage est destiné à garantir des résultats d'essai comparables entre différentes marques de générateurs.

D.2 IEC 61000-4-11:1994 (première édition)

Des données tirées du rapport de l'UNIPED ont été utilisées; celles-ci décrivaient le court-circuit à partir de valeurs de chute de tension et de durée de coupure. À cette époque, on ne disposait que de très peu de résultats de mesure montrant de quelle manière les matériels sur la même phase étaient affectés dans les réseaux électriques publics.

L'IEC 61000-4-11:1994 (première édition) a été établie et publiée en 1994 à partir de ces informations. Pour la durée de commutation, une valeur de 1 μ s à 5 μ s a été choisie pour représenter le cas le plus défavorable de court-circuit se produisant à une distance allant jusqu'à 50 m entre la source et le matériel affecté. Par exemple, pour le matériel utilisé dans un laboratoire ou dans une installation industrielle, les risques d'endommagement dus à des creux de tension et à des coupures brèves sont plus élevés dans un rayon de 50 m.

D.3 Justification du besoin de temps de descente rapides

En cas de court-circuit sur la ligne, la tension aux bornes d'entrée du matériel pourrait passer à zéro volt en moins de 5 μ s.

Si le court-circuit provient du réseau public, le temps de descente sera relativement lent, de l'ordre de quelques centaines de microsecondes à quelques millisecondes. Toutefois, si le court-circuit se produit localement dans un bâtiment, par exemple en raison de la défaillance d'un autre matériel installé à proximité immédiate, la tension réseau passer à zéro volt en quelques microsecondes, avec des temps de descente inférieurs à 1 μ s dans certains cas étudiés.

Dans un tel cas, les diodes de redressement d'entrée du matériel vont être commutées du mode passant au mode bloqué avec une tension inverse élevée soudaine provoquée par un temps de montée de tension très rapide. Dans la mesure où ces diodes sont généralement conçues pour la commutation naturelle avec un temps de montée de la tension en

millisecondes, cet événement constitue une contrainte accrue pour les diodes de redressement. Plus généralement, les tensions transitoires rapides peuvent aussi perturber les équipements électroniques, ce qui conduit à l'endommagement du matériel.

Les essais réalisés avec un temps de descente rapide de l'ordre de quelques microsecondes simulant la condition de court-circuit peuvent être utilisés pour les essais de résistance des matériels aux courts-circuits à transitoires rapides de la ligne.

D.4 Interprétation des exigences pour les temps de montée et de descente pendant les essais d'EST

En 2010, une feuille d'interprétation a été publiée pour l'IEC 61000-4-11:2004. Le contenu de cette feuille est le suivant:

- 1) "Dans l'IEC 61000-4-11:2004, le Tableau 4 ne s'applique pas à l'essai sur l'EST (équipement soumis au test). Le Tableau 4 est seulement pour l'étalonnage et la conception du générateur.
- 2) En ce qui concerne le Tableau 1 et le Tableau 2, il n'y a pas d'exigence dans l'IEC 61000-4-11:2004 pour le temps de montée et le temps de descente lorsque l'on essaie l'EST; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de mesurer ces paramètres pendant les essais.
- 3) En ce qui concerne le Tableau 4, toutes les exigences s'appliquent à la conception et à l'étalonnage du générateur. Les exigences du Tableau 4 s'appliquent seulement quand la charge est une résistance non inductive de 100 Ω . Les exigences du Tableau 4 ne s'appliquent pas pendant l'essai de l'EST."

D.5 Principales conclusions

En ce qui concerne le temps de montée et le temps de descente, les principales conclusions sont les suivantes.

- Il est possible, pour les creux de tension rencontrés en pratique, d'avoir des temps de descente d'une rapidité supérieure à 5 μ s dans le cas de courts-circuits se produisant à proximité du matériel. Cependant, pour l'instant, la présente norme ne traite pas des effets des temps de descente de tension inférieur à 1 μ s.
- Le temps de montée dépend de plusieurs facteurs comprenant l'impédance du réseau, le câblage et les matériels branchés en parallèle.
- Les exigences concernant les temps de montée et de descente n'ont pas été modifiées et la norme a été utilisée partout dans le monde depuis sa première publication en 1994, mais, comme indiqué dans la feuille d'interprétation, ces exigences de temps de montée et de descente ne s'appliquent pas pendant les essais d'un EST. Elles s'appliquent seulement pendant l'étalonnage d'un générateur de creux de tension avec une charge résistive de 100 Ω . Ces temps de montée et de descente n'apparaissent pas nécessairement en pratique pendant l'essai de l'EST.
- La plupart des essais d'immunité aux creux de tension et aux coupures brèves commencent et se terminent à 0° ou 180°. Il ressort généralement des recherches publiées qu'ils constituent les angles de phase les plus sévères pour les essais en tension. À noter qu'à 0° et à 180°, la forme d'onde de la tension instantanée est nulle, par conséquent les temps de montée et de descente n'ont aucun sens.
- Des essais de pré-conformité utilisant un générateur de creux de tension avec des temps de montée et de descente plus longs jusqu'à 200 μ s pour des essais de creux de tension et de coupures brèves commençant à 0° ou 180° pourraient être envisagés, dans la mesure où les temps de montée et de descente ne sont pas importants à ces angles-là. Toutefois, la conformité pleine et entière aux méthodes d'essai de la présente norme exige l'utilisation d'un générateur qui, lors d'essais avec une charge résistive de 100 Ω , satisfait à l'exigence de 1 μ s à 5 μ s stipulée en 6.1.2.

D.6 Justification des valeurs des courants d'appel

Un courant d'appel pénètre à l'intérieur d'un matériel lorsque celui-ci est connecté à une ligne d'alimentation. Ce courant d'appel pourrait endommager de manière importante certaines parties du matériel, par exemple un redresseur en entrée à lissage capacitif. Pour empêcher les dommages, des mesures pour la limitation des courants d'appel sont généralement intégrées à l'intérieur du matériel.

Un courant d'appel apparaît aussi au moment du rétablissement de la tension d'alimentation après un creux de tension ou une coupure. Dans un tel cas, il se pourrait que les mesures de limitation du courant d'appel ne soient pas activées à l'intérieur du matériel dont le circuit de précharge est désactivé, ainsi il est possible que le courant d'appel qui suit le creux de tension endommage le matériel.

C'est pour cette raison qu'il est nécessaire que le générateur de creux de tension soit capable de fournir un courant suffisant et que le courant d'appel qui suit le creux de tension ne soit pas limité par le générateur de creux de tension.

Si cette exigence concernant le courant d'appel n'existait pas, le matériel pourrait satisfaire à l'essai d'immunité réalisé avec le générateur de creux de tension mais connaître des défaillances dans la pratique à cause des dommages provoqués par le courant d'appel.

Dans une installation réelle, ce courant d'appel sera limité par l'impédance réseau. Si le court-circuit se situe sur le réseau public, l'impédance réseau correspond à l'impédance de référence de ligne de l'alimentation publique (796 μH selon l'IEC TR 60725), qui est typique des réseaux BT ruraux, et elle limitera le courant d'appel à une valeur comprise entre 15 A et 20 A. Cependant, si le court-circuit se produit à l'intérieur d'un bâtiment, en particulier à l'intérieur d'une installation de grande taille telle qu'une installation industrielle, l'impédance peut être très faible et le courant d'appel très élevé.

Pour que le générateur d'essai dispose des capacités appropriées pour appliquer des contraintes sur le matériel soumis à l'essai, la norme donne des lignes directrices en 6.1.2 pour assurer que la puissance nécessaire au matériel ne dépasse pas 70 % de la capacité du générateur, par exemple 500 A pour les réseaux de 220 V à 240 V.

Bibliographie

IEC 60050(161):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 161 – Compatibilité électromagnétique*

IEC TR 60725, *Etude des impédances de référence et des impédances des réseaux publics d'alimentation aux fins de la détermination des caractéristiques de perturbation des équipements électriques utilisant un courant nominal ≤ 75 A par phase*

IEC 61000-2-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

IEC 61000-4-11:2004/ISH1:2010, *Feuille d'interprétation 1 – Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension¹*

IEC 61000-4-14, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-14: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux fluctuations de tension*

UNIPED, *Characteristics of the Low Voltage Electricity Supply – Group of Experts for Determination of the Characteristics of Usual Distortions of the Voltage Waveform, published in Electricity Supply, 54th Year, No. 92, May 1981 (disponible en anglais seulement)*

¹ Une feuille d'interprétation a été publiée par l'IEC SC 77A pour l'IEC 61000-4-11 en août 2010.

FINAL VERSION

VERSION FINALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

SC 77A/Publication 61000-4-11 (2004), Second edition/I-SH 01

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

**Part 4-11: Testing and measurement techniques –
Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests**

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

| | |
|-------------|------------------|
| ISH | Report on voting |
| 77A/726/ISH | 77A/731/RVD |

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

Interpretation of the rise-time and fall-time requirements during EUT testing in IEC 61000-4-11:2004: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.

- 1) In IEC 61000-4-11:2004, Table 4 does not apply to EUT (equipment under test) testing. Table 4 is for generator calibration and design only.
- 2) With reference to Table 1 and Table 2, there is no requirement in 61000-4-11:2004 for rise-time and fall-time when testing EUT; therefore, it is not necessary to measure these parameters during tests.
- 3) With reference to Table 4, all of the requirements apply to design and calibration of the generator. The requirements of Table 4 only apply when the load is a non-inductive 100 Ω resistor. The requirements of Table 4 do not apply during EUT testing.

CONTENTS

| | |
|--|----|
| FOREWORD | 3 |
| INTRODUCTION | 5 |
| 1 Scope | 6 |
| 2 Normative references | 6 |
| 3 Terms and definitions | 6 |
| 4 General | 8 |
| 5 Test levels | 8 |
| 6 Test instrumentation | 12 |
| 7 Test set-up | 14 |
| 8 Test procedures | 15 |
| 9 Evaluation of test results | 17 |
| 10 Test report | 18 |
| Annex A (normative) Test circuit details | 19 |
| Annex B (informative) Electromagnetic environment classes | 22 |
| Annex C (informative) Test instrumentation | 23 |
| Annex D (informative) Rationale for generator specification regarding voltage, rise-time and fall-time, and inrush current capability | 26 |
| Bibliography | 29 |
| | |
| Figure 1 – Voltage dip - Examples | 11 |
| Figure 2 – Short interruption | 11 |
| Figure 3 – Voltage variation | 12 |
| Figure 4 – Phase-to-neutral and phase-to-phase testing on three-phase systems | 17 |
| Figure A.1 – Circuit for determining the inrush current drive capability of the short interruptions generator | 20 |
| Figure A.2 – Circuit for determining the peak inrush current requirement of an EUT | 21 |
| Figure C.1 – Schematics of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations | 24 |
| Figure C.2 – Schematic of test instrumentation for three-phase voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier | 25 |
| | |
| Table 1 – Preferred test level and durations for voltage dips | 9 |
| Table 2 – Preferred test level and durations for short interruptions | 9 |
| Table 3 – Timing of short-term supply voltage variations | 10 |
| Table 4 – Generator specifications | 13 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 61000-4-11 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2004-03) [documents 77A/452/FDIS and 77A/455/RVD] and its interpretation sheet 1 (2010-08), and its amendment 1 (2017-05) [documents 77A/951/FDIS and 77A/961/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 61000-4-11 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This second edition constitutes a technical revision in which

- 1) preferred test values and durations have been added for the different environment classes;
- 2) the tests for the three-phase systems have been specified.

It forms part 4-11 of IEC 61000. It has the status of a Basic EMC Publication in accordance with IEC Guide 107.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards or as technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

1 Scope

This part of IEC 61000 defines the immunity test methods and range of preferred test levels for electrical and electronic equipment connected to low-voltage power supply networks for voltage dips, short interruptions, and voltage variations.

This standard applies to electrical and electronic equipment having a rated input current not exceeding 16 A per phase, for connection to 50 Hz or 60 Hz a.c. networks.

It does not apply to electrical and electronic equipment for connection to 400 Hz a.c. networks. Tests for these networks will be covered by future IEC standards.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to voltage dips, short interruptions and voltage variations.

NOTE Voltage fluctuation immunity tests are covered by IEC 61000-4-14.

The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of equipment or a system against a defined phenomenon. As described in IEC Guide 107, this is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard should be applied or not, and, if applied, they are responsible for defining the appropriate test levels. Technical committee 77 and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular immunity tests for their products.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61000-2-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment – Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the following terms and definitions apply:

3.1

basic EMC standard

standard giving general and fundamental conditions or rules for the achievement of EMC, which are related or applicable to all products and systems and serve as reference documents for product committees

NOTE As determined by the Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility (ACEC) – see IEC Guide 107.

3.2

immunity (to a disturbance)

the ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-20]

3.3

voltage dip

a sudden reduction of the voltage at a particular point of an electricity supply system below a specified dip threshold followed by its recovery after a brief interval

NOTE 1 Typically, a dip is associated with the occurrence and termination of a short circuit or other extreme current increase on the system or installations connected to it.

NOTE 2 A voltage dip is a two-dimensional electromagnetic disturbance, the level of which is determined by both voltage and time (duration).

3.4

short interruption

a sudden reduction of the voltage on all phases at a particular point of an electric supply system below a specified interruption threshold followed by its restoration after a brief interval

NOTE Short interruptions are typically associated with switchgear operations related to the occurrence and termination of short circuits on the system or on installations connected to it.

3.5

residual voltage (of voltage dip)

the minimum value of r.m.s. voltage recorded during a voltage dip or short interruption

NOTE The residual voltage may be expressed as a value in volts or as a percentage or per unit value relative to the reference voltage.

3.6

malfunction

the termination of the ability of equipment to carry out intended functions or the execution of unintended functions by the equipment

3.7

calibration

method to prove that the measurement equipment is in compliance with its specifications

NOTE For the purposes of this standard, calibration is applied to the test generator.

3.8

verification

set of operations which is used to check the test equipment system (e.g. the test generator and the interconnecting cables) to demonstrate that the test system is functioning within the specifications given in Clause 6

NOTE 1 The methods used for verification may be different from those used for calibration.

NOTE 2 The verification procedure of 6.1.2 is meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, and other items making up the test set-up that the intended waveform is delivered to the EUT.

4 General

Electrical and electronic equipment may be affected by voltage dips, short interruptions or voltage variations of power supply.

Voltage dips and short interruptions are caused by faults in the network, primarily short circuits (see also IEC 61000-2-8), in installations or by sudden large changes of load. In certain cases, two or more consecutive dips or interruptions may occur. Voltage variations are caused by continuously varying loads connected to the network.

These phenomena are random in nature and can be minimally characterized for the purpose of laboratory simulation in terms of the deviation from the rated voltage and duration.

Consequently, different types of tests are specified in this standard to simulate the effects of abrupt voltage change. These tests are to be used only for particular and justified cases, under the responsibility of product specification or product committees.

It is the responsibility of the product committees to establish which phenomena among the ones considered in this standard are relevant and to decide on the applicability of the test.

5 Test levels

The voltages in this standard use the rated voltage for the equipment (U_T) as a basis for voltage test level specification.

Where the equipment has a rated voltage range the following shall apply:

- if the voltage range does not exceed 20 % of the lower voltage specified for the rated voltage range, a single voltage within that range may be specified as a basis for test level specification (U_T);
- in all other cases, the test procedure shall be applied for both the lowest and highest voltages declared in the voltage range;
- guidance for the selection of test levels and durations is given in IEC 61000-2-8.

5.1 Voltage dips and short interruptions

The change between U_T and the changed voltage is abrupt. The step can start and stop at any phase angle on the mains voltage. The following test voltage levels (in % U_T) are used: 0 %, 40 %, 70 % and 80 %, corresponding to dips with residual voltages of 0 %, 40 %, 70 % and 80 %.

For voltage dips, the preferred test levels and durations are given in Table 1, and an example is shown in Figure 1a) and Figure 1b).

For short interruptions, the preferred test levels and durations are given in Table 2, and an example is shown in Figure 2.

The preferred test levels and durations given in Tables 1 and 2 take into account the information given in IEC 61000-2-8.

The preferred test levels in Table 1 are reasonably severe, and are representative of many real world dips, but are not intended to guarantee immunity to all voltage dips. More severe dips, for example 0 % for 1 s and balanced three-phase dips, may be considered by product committees.

The voltage rise time, t_r , and voltage fall time, t_f , during abrupt changes are indicated in Table 4.

The levels and durations shall be given in the product specification. A test level of 0 % corresponds to a total supply voltage interruption. In practice, a test voltage level from 0 % to 20 % of the rated voltage may be considered as a total interruption.

Shorter durations in the table, in particular the half-cycle, should be tested to be sure that the equipment under test (EUT) operates within the performance limits specified for it.

When setting performance criteria for disturbances of 0,5 period duration for products with a mains transformer, product committees should pay particular attention to effects which may result from inrush currents. For such products, these may reach 10 to 40 times the rated current because of magnetic flux saturation of the transformer core after the voltage dip.

Table 1 – Preferred test level and durations for voltage dips

| Class ^a | Test level and durations for voltage dips (t_s) (50 Hz/60 Hz) | | | | |
|--|---|-----------------------|--|--|--|
| Class 1 | Case-by-case according to the equipment requirements | | | | |
| Class 2 | 0 % during ½ cycle | 0 % during 1 cycle | 70 % during 25/30 ^c cycles | | |
| Class 3 | 0 % during ½ cycle | 0 % during 1 cycle | 40 % during 10/12 ^c cycles | 70 % during 25/30 ^c cycles | 80 % during 250/300 ^c cycles |
| Class X ^b | X | X | X | X | X |
| ^a Classes as per IEC 61000-2-4; see Annex B. ^b To be defined by product committee. For equipment connected directly or indirectly to the public network, the levels must not be less severe than Class 2. ^c "25/30 cycles" means "25 cycles for 50 Hz test" and "30 cycles for 60 Hz test". | | | | | |

Table 2 – Preferred test level and durations for short interruptions

| Class ^a | Test level and durations for short interruptions (t_s) (50 Hz/60 Hz) |
|--|--|
| Class 1 | Case-by-case according to the equipment requirements |
| Class 2 | 0 % during 250/300 ^c cycles |
| Class 3 | 0 % during 250/300 ^c cycles |
| Class X ^b | X |
| ^a Classes as per IEC 61000-2-4; see Annex B. ^b To be defined by product committee. For equipment connected directly or indirectly to the public network, the levels must not be less severe than Class 2. ^c "250/300 cycles" means "250 cycles for 50 Hz test" and "300 cycles for 60 Hz test". | |

5.2 Voltage variations (optional)

This test considers a defined transition between rated voltage U_T and the changed voltage.

NOTE The voltage change takes place over a short period, and may occur due to change of load.

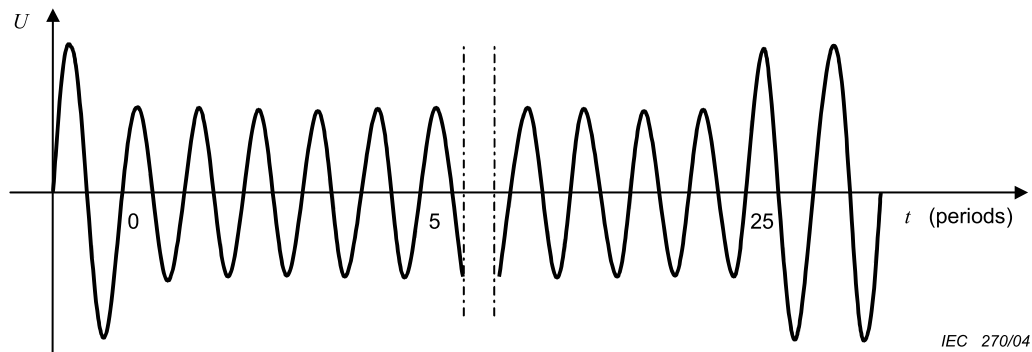
The preferred duration of the voltage changes and the time for which the reduced voltages are to be maintained are given in Table 3. The rate of change should be constant; however, the voltage may be stepped. The steps should be positioned at zero crossings, and should be no larger than 10 % of U_T . Steps under 1 % of U_T are considered as constant rates of change of voltage.

Table 3 – Timing of short-term supply voltage variations

| Voltage test level | Time for decreasing voltage (t_d) | Time at reduced voltage (t_s) | Time for increasing voltage (t_i) (50 Hz/60 Hz) |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 70 % | Abrupt | 1 cycle | 25/30 ^b cycles |
| X ^a | X ^a | X ^a | X ^a |
| ^a To be defined by product committee. | | | |
| ^b "25/30 cycles" means "25 cycles for 50 Hz test" and "30 cycles for 60 Hz test". | | | |

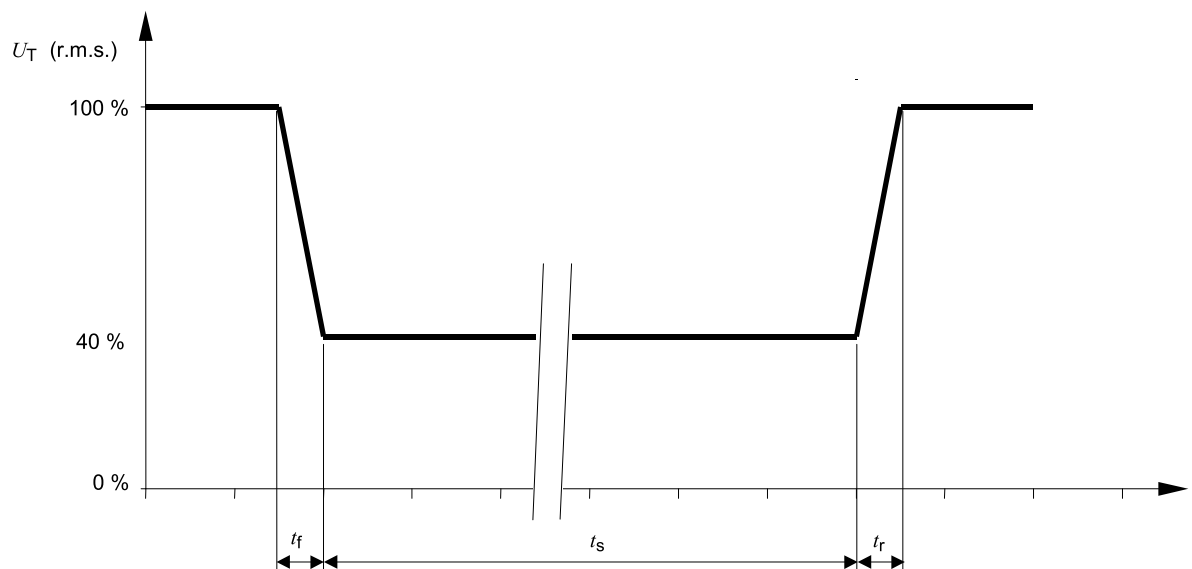
This shape is the typical shape of a motor starting.

Figure 3 shows the r.m.s. voltage as a function of time. Other values may be taken in justified cases and shall be specified by the product committee.



NOTE The voltage decreases to 70 % for 25 periods. Step at zero crossing.

Figure 1a) – Voltage dip – 70 % voltage dip sine wave graph



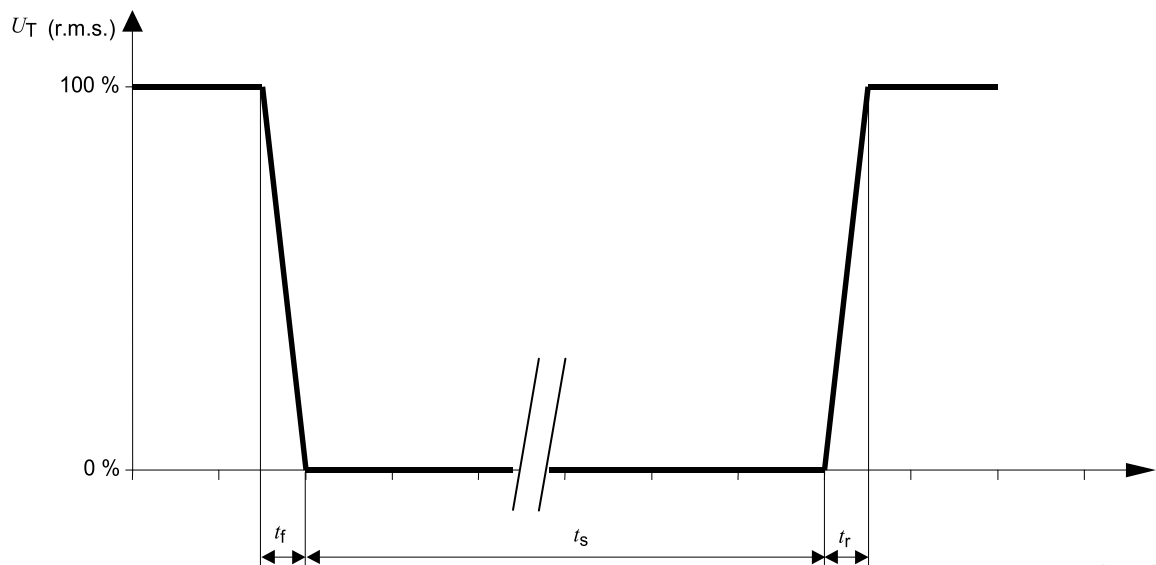
IEC 271/04

Key

t_r Voltage rising time
 t_f Voltage fall time
 t_s Time at reduced voltage

Figure 1b) – Voltage dip – 40 % voltage dip r.m.s. graph

Figure 1 – Voltage dip - Examples

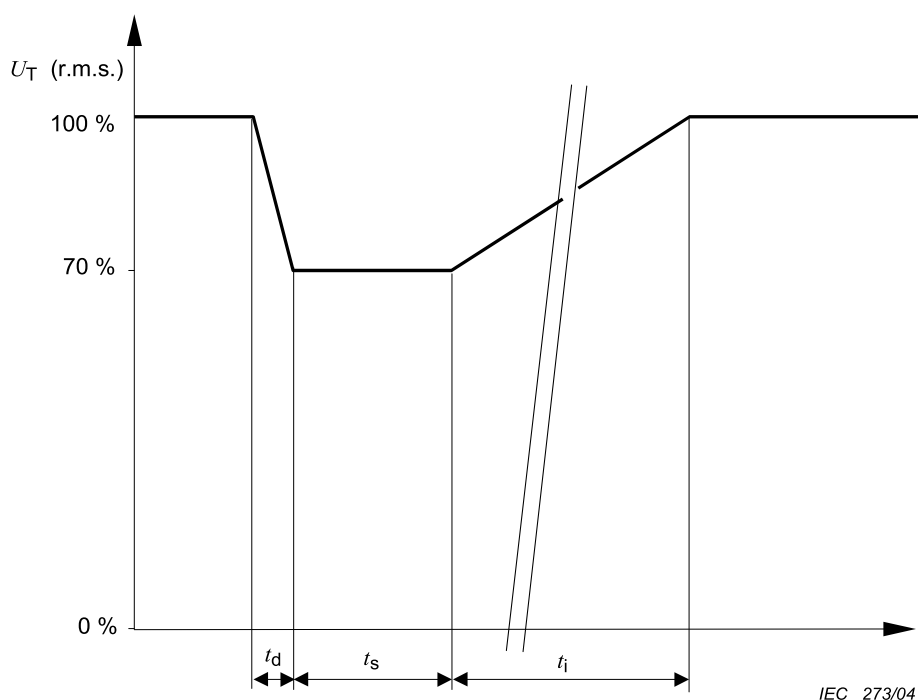


IEC 272/04

Key

t_r Voltage rising time
 t_f Voltage fall time
 t_s Time at reduced voltage

Figure 2 – Short interruption



Key

t_d Time for decreasing voltage
 t_i Time for increasing voltage
 t_s Time at reduced voltage

Figure 3 – Voltage variation

6 Test instrumentation

6.1 Test generator

The following features are common to the generator for voltage dips, short interruptions and voltage variations, except as indicated.

Examples of generators are given in Annex C.

The generator shall have provision to prevent the emission of heavy disturbances, which, if injected in the power supply network, may influence the test results.

Any generator creating a voltage dip of equal or more severe characteristics (amplitude and duration) than that prescribed by the present standard is permitted.

6.1.1 Characteristics and performance of the generator

Table 4 – Generator specifications

| | |
|---|--|
| Output voltage at no load | As required in Table 1, $\pm 5\%$ of residual voltage value |
| Voltage change with load at the output of the generator | |
| 100 % output, 0 A to 16 A | less than 5% of U_T |
| 80 % output 0 A to 20 A | less than 5% of U_T |
| 70 % output, 0 A to 23 A | less than 5% of U_T |
| 40 % output, 0 A to 40 A | less than 5% of U_T |
| Output current capability | 16 A r.m.s. per phase at rated voltage. The generator shall be capable of carrying 20 A at 80 % of rated value for a duration of 5 s. It shall be capable of carrying 23 A at 70 % of rated voltage and 40 A at 40 % of rated voltage for a duration of 3 s. (This requirement may be reduced according to the EUT rated steady-state supply current, see Clause A.3). |
| Peak inrush current capability (no requirement for voltage variation tests) | Not to be limited by the generator. However, the maximum peak capability of the generator need not exceed 1 000 A for 250 V to 600 V mains, 500 A for 200 V to 240 V mains, or 250 A for 100 V to 120 V mains. |
| Instantaneous peak overshoot/undershoot of the actual voltage, generator loaded with 100 Ω resistive load | Less than 5% of U_T |
| Voltage rise (and fall) time t_r (and t_f), see Figures 1b) and 2, during abrupt change, generator loaded with 100 Ω resistive load | Between 1 μ s and 5 μ s |
| Phase shifting (if necessary) | 0° to 360° |
| Phase relationship of voltage dips and interruptions with the power frequency | Less than $\pm 10^\circ$ |
| Zero crossing control of the generators | $\pm 10^\circ$ |

Output impedance shall be predominantly resistive.

The output impedance of the test voltage generator shall be low even during transitions (for example, less than $0,4 + j0,25 \Omega$).

NOTE 1 The 100 Ω resistive load used to test the generator should not have additional inductivity.

NOTE 2 To test equipment which regenerates energy, an external resistor connected in parallel to the load can be added. The test result must not be influenced by this load.

6.1.2 Verification of the characteristics of the voltage dips, short interruptions generators

In order to compare the test results obtained from different test generators, the generator characteristics shall be verified according to the following:

- the 100 %, 80 %, 70 % and 40 % r.m.s. output voltages of the generator shall conform to those percentages of the selected operating voltage: 230 V, 120 V, etc.;
- the 100 %, 80 %, 70 % and 40 % r.m.s. output voltages of the generator shall be measured at no load, and shall be maintained within a specified percentage of the U_T ;
- load regulation shall be verified at nominal load current at each of the output voltages and the variation shall not exceed 5 % of the nominal power supply voltage at 100 %, 80 %, 70 % and 40 % of the nominal power supply voltage.

For output voltage of 80 % of the nominal value, the above requirements need only be verified for a maximum of 5 s duration.

For output voltages of 70 % and 40 % of the nominal value, the above requirements need only be verified for a maximum of 3 s duration.

If it is necessary to verify the peak inrush drive current capability, the generator shall be switched from 0 % to 100 % of full output, when driving a load consisting of a suitable rectifier with an uncharged capacitor whose value is 1 700 μ F on the d.c. side. The test shall be carried out at phase angles of both 90° and 270°. The circuit required to measure generator inrush current drive capability is given in Figure A.1.

When it is believed that a generator with less than the specified standard generator peak inrush current may be used because the EUT may draw less than the specified standard generator peak inrush current (e.g., 500 A for 220 V-240 V mains), this shall first be confirmed by measuring the EUT peak inrush current. When power is applied from the test generator, measured EUT peak inrush current shall be less than 70 % of the peak current drive capability of the generator, as already verified according to Annex A. The actual EUT inrush current shall be measured both from a cold start and after a 5 s turn-off, using the procedure of Clause A.3.

Generator switching characteristics shall be measured with a 100 Ω load of suitable power-dissipation rating.

NOTE The 100 Ω resistive load used to test the generator should not have additional inductivity.

Rise and fall time, as well as overshoot and undershoot, shall be verified for switching at both 90° and 270°, from 0 % to 100 %, 100 % to 80 %, 100 % to 70 %, 100 % to 40 %, and 100 % to 0 %.

Phase angle accuracy shall be verified for switching from 0 % to 100 % and 100 % to 0 %, at nine phase angles from 0° to 360° in 45° increments. It shall also be verified for switching from 100 % to 80 % and 80 % to 100 %, 100 % to 70 % and 70 % to 100 %, as well as from 100 % to 40 % and 40 % to 100 %, at 90° and 180°.

The voltage generators shall, preferably, be recalibrated at defined time periods in accordance with a recognized quality assurance system.

6.2 Power source

The frequency of the test voltage shall be within $\pm 2\%$ of rated frequency.

7 Test set-up

The test shall be performed with the EUT connected to the test generator with the shortest power supply cable as specified by the EUT manufacturer. If no cable length is specified, it shall be the shortest possible length suitable to the application of the EUT.

The test set-ups for the three types of phenomena described in this standard are:

- voltage dips;
- short interruptions;
- voltage variations with gradual transition between the rated voltage and the changed voltage (option).

Examples of test set-ups are given in Annex C.

Figure C.1a) shows a schematic for the generation of voltage dips, short interruptions and voltage variations with gradual transition between rated and changed voltage using a generator with internal switching, and Figure C.1b) using a generator and a power amplifier.

Figure C.2 shows a schematic for the generation of voltage dips, short interruptions and voltage variations using a generator and a power amplifier for three-phase equipment.

8 Test procedures

Before starting the test of a given EUT, a test plan shall be prepared.

The test plan should be representative of the way the system is actually used.

Systems may require a precise pre-analysis to define which system configurations must be tested to reproduce field situations.

Test cases must be explained and indicated in the Test report.

It is recommended that the test plan include the following items:

- the type designation of the EUT;
- information on possible connections (plugs, terminals, etc.) and corresponding cables, and peripherals;
- input power port of equipment to be tested;
- representative operational modes of the EUT for the test;
- performance criteria used and defined in the technical specifications;
- operational mode(s) of equipment;
- description of the test set-up.

If the actual operating signal sources are not available to the EUT, they may be simulated.

For each test, any degradation of performance shall be recorded. The monitoring equipment should be capable of displaying the status of the operational mode of the EUT during and after the tests. After each group of tests, a full functional check shall be performed.

8.1 Laboratory reference conditions

8.1.1 Climatic conditions

Unless otherwise specified by the committee responsible for the generic or product standard, the climatic conditions in the laboratory shall be within any limits specified for the operation of the EUT and the test equipment by their respective manufacturers.

Tests shall not be performed if the relative humidity is so high as to cause condensation on the EUT or the test equipment.

NOTE Where it is considered that there is sufficient evidence to demonstrate that the effects of the phenomenon covered by this standard are influenced by climatic conditions, this should be brought to the attention of the committee responsible for this standard.

8.1.2 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions of the laboratory shall be such as to guarantee the correct operation of the EUT in order not to influence the test results.

8.2 Execution of the test

During the tests, the mains voltage for testing shall be monitored within an accuracy of 2 %.

8.2.1 Voltage dips and short interruptions

The EUT shall be tested for each selected combination of test level and duration with a sequence of three dips/interruptions with intervals of 10 s minimum (between each test event). Each representative mode of operation shall be tested.

For voltage dips, changes in supply voltage shall occur at zero crossings of the voltage, and at additional angles considered critical by product committees or individual product specifications preferably selected from 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° and 315° on each phase.

For short interruptions, the angle shall be defined by the product committee as the worst case. In the absence of definition, it is recommended to use 0° for one of the phases.

For the short interruption test of three-phase systems, all the three phases shall be simultaneously tested as per 5.1.

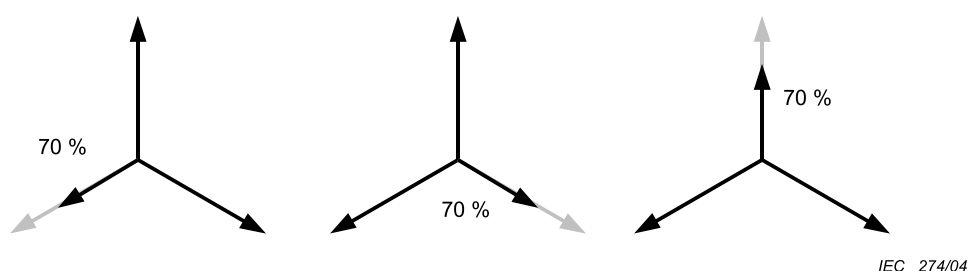
For the voltage dips test of single-phase systems, the voltage shall be tested as per 5.1. This implies one series of tests.

For the voltage dips test of three-phase systems with neutral, each individual voltage (phase-to-neutral and phase-to-phase) shall be tested, one at a time, as per 5.1. This implies six different series of tests. See Figure 4b).

For the voltage dips test of three-phase systems without neutral, each phase-to-phase voltage shall be tested, one at a time, as per 5.1. This implies three different series of tests. See Figure 4b).

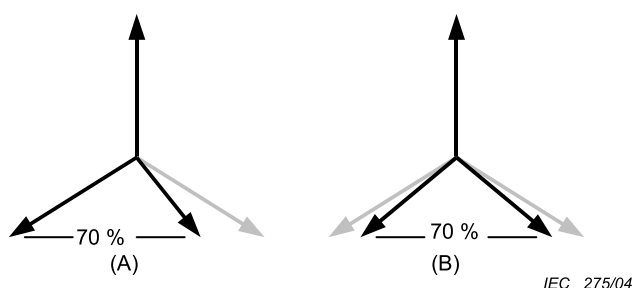
NOTE For three-phase systems, during a dip on a phase-to-phase voltage a change will occur on one or two of the other voltages as well.

For EUTs with more than one power cord, each power cord should be tested individually.



NOTE Phase-to-neutral testing on three-phase systems is performed one phase at a time.

Figure 4a) – Phase-to-neutral testing on three-phase systems



NOTE Phase-to-phase testing on three-phase phase systems is also performed one phase at a time. Both (A) and (B) show a 70 % dip. (A) is preferred, but (B) is also acceptable.

Figure 4b) – Phase-to-phase testing on three-phase systems

Figure 4 – Phase-to-neutral and phase-to-phase testing on three-phase systems

8.2.2 Voltage variations (optional)

The EUT is tested to each of the specified voltage variations, three times at 10 s interval for the most representative modes of operations.

9 Evaluation of test results

The test results shall be classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the equipment under test, relative to a performance level defined by its manufacturer or the requestor of the test, or agreed between the manufacturer and the purchaser of the product. The recommended classification is as follows:

- normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention;
- temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;
- loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the

agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product or product-family standard exists.

NOTE The performance levels may be different for voltage dip tests and short interruption tests as well as for voltage variations tests, if this optional test has been required.

10 Test report

The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- the items specified in the test plan required by Clause 8;
- identification of the EUT and any associated equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- any special environmental conditions in which the test was performed, for example shielded enclosure;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- performance criterion specified in the generic, product or product-family standard;
- any effects on the EUT observed during or after the application of the test disturbance, and the duration for which these effects persist;
- the rationale for the pass / fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser);
- any specific conditions of use, for example cable length or type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance.

Annex A **(normative)**

Test circuit details

A.1 Test generator peak inrush current drive capability

The circuit for measuring generator peak inrush current drive capability is shown in Figure A.1. Use of the bridge rectifier makes it unnecessary to change rectifier polarity for tests at 270° versus 90°. The rectifier half-cycle mains current rating should be at least twice the generator's inrush current drive capability to provide a suitable operating safety factor.

The 1 700 μF electrolytic capacitor shall have a tolerance of $\pm 20\%$. It shall have a voltage rating preferably 15 % – 20 % in excess of the nominal peak voltage of the mains, for example 400 V for 220 V – 240 V mains. It shall also be able to accommodate peak inrush current up to at least twice the generator's inrush current drive capability, to provide an adequate operating safety factor. The capacitor shall have the lowest possible equivalent series resistance (ESR) at both 100 Hz and 20 kHz, not exceeding 0,1 Ω at either frequency.

Since the test shall be performed with the 1 700 μF capacitor discharged, a resistor shall be connected in parallel with it and several time constants (RC) must be allowed between tests. With a 10 000 Ω resistor, the RC time constant is 17 s, so that a wait of 1,5 min to 2 min should be used between inrush drive capability tests. Resistors as low as 100 Ω may be used when shorter wait times are desired.

The current probe shall be able to accommodate the full generator peak inrush current drive for one-quarter cycle without saturation.

Tests shall be run by switching the generator output from 0 % to 100 % at both 90° and 270°, to ensure sufficient peak inrush current drive capability for both polarities.

A.2 Current monitor's characteristics for measuring peak inrush current capability

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Output voltage in 50 Ω load: | 0,01 V/A or more |
| Peak current: | 1 000 A minimum |
| Peak current accuracy: | $\pm 10\%$ (3 ms duration pulse) |
| r.m.s. current: | 50 A minimum |
| $I \times T$ maximum: | 10 A \cdot s or more |
| Rise/fall time: | 500 ns or less |
| Low-frequency 3 dB point: | 10 Hz or less |
| Insertion resistor: | 0,001 Ω or less |

A.3 EUT peak inrush current requirement

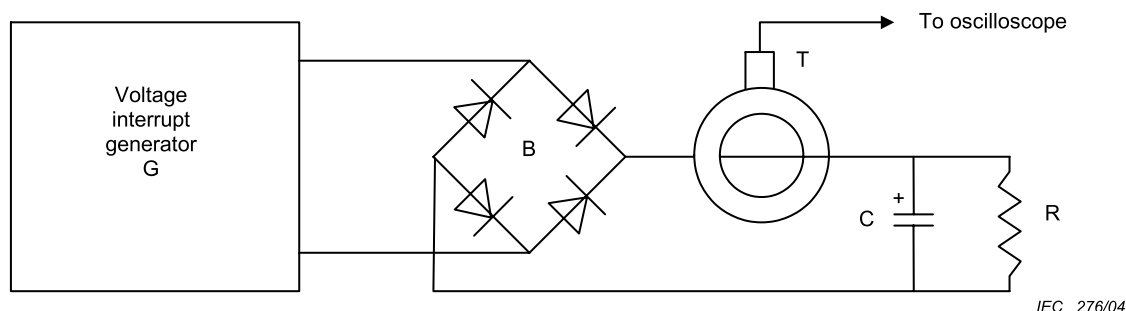
When a generator peak inrush current drive capability meets the specified requirement (e.g., at least 500 A for a 220 V – 240 V mains), it is not necessary to measure the EUT peak inrush current requirement.

However, a generator with less than this inrush current may be used for the test, if the inrush requirement of the EUT is less than the inrush drive capability of the generator. The circuit of Figure A.2 shows an example of how to measure the peak inrush current of an EUT to determine if it is less than the inrush drive capability of a low-inrush drive capability generator.

The circuit uses the same current transformer as the circuit of Figure A.1. Four peak inrush current tests are performed:

- power off for at least 5 min; measure peak inrush current when it is turned back on at 90°;
- repeat a) at 270°;
- power on preferably for at least 1 min; off for 5 s; then measure peak inrush current when it is turned back on again at 90°;
- repeat c) at 270°.

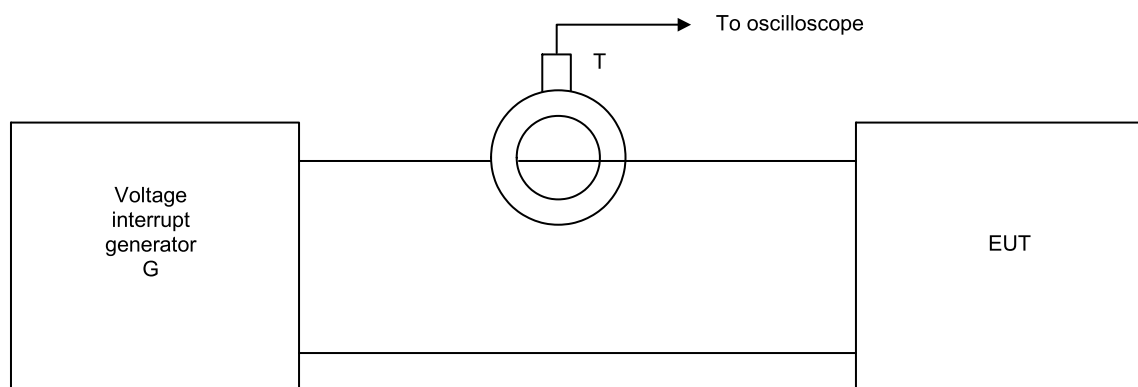
In order to be able to use a low-inrush drive current capability generator to test a particular EUT, that EUT's measured inrush current shall be less than 70 % of the measured inrush current drive capability of the generator.



Components

- G voltage interrupt generator, switched on at 90° and 270°
- T current probe, with monitoring output to oscilloscope
- B rectifier bridge
- R bleeder resistor, not over 10 000 Ω or less than 100 Ω
- C 1 700 $\mu\text{F} \pm 20\%$ electrolytic capacitor

Figure A.1 – Circuit for determining the inrush current drive capability of the short interruptions generator



IEC 277/04

Figure A.2 – Circuit for determining the peak inrush current requirement of an EUT

Annex B (informative)

Electromagnetic environment classes

B.1 Electromagnetic environment classes

The following classes of electromagnetic environment classes have been summarised from IEC 61000-2-4.

- **Class 1**

This class applies to protected supplies and has compatibility levels lower than public network levels. It relates to the use of equipment very sensitive to disturbances in the power supply, for instance the instrumentation of technological laboratories, some automation and protection equipment, some computers, etc.

NOTE Class 1 environments normally contain equipment which requires protection by such apparatus as uninterruptible power supplies (UPS), filters, or surge suppressers.

- **Class 2**

This class applies to points of common coupling (PCC's for consumer systems) and in-plant points of common coupling (IPC's) in the industrial environment in general. The compatibility levels in this class are identical to those of public networks; therefore components designed for application in public networks may be used in this class of industrial environment.

- **Class 3**

This class applies only to IPC's in industrial environments. It has higher compatibility levels than those of class 2 for some disturbance phenomena. For instance, this class should be considered when any of the following conditions are met:

- a major part of the load is fed through converters;
- welding machines are present;
- large motors are frequently started;
- loads vary rapidly.

NOTE 1 The supply to highly disturbing loads, such as arc-furnaces and large converters which are generally supplied from a segregated bus-bar, frequently has disturbance levels in excess of class 3 (harsh environment). In such special situations, the compatibility levels should be agreed upon.

NOTE 2 The class applicable for new plants and extensions of existing plants should relate to the type of equipment and process under consideration.

Annex C (informative)

Test instrumentation

C.1 Examples of generators and test set-ups

Figures C.1a) and C.1b) show two possible test configurations for mains supply simulation. To show the behaviour of the EUT under certain conditions, interruptions and voltage variations are simulated by means of two transformers with variable output voltages.

Voltage drops, rises and interruptions are simulated by alternately closing switch 1 and switch 2. These two switches are never closed at the same time and an interval up to 100 μ s with the two switches opened is acceptable. It shall be possible to open and close the switches independently of the phase angle. Semiconductors switches constructed with power MOSFETs and IGBTs can fulfil this requirement. Thyristors and triacs open during current zero crossing, and therefore do not meet this requirement.

The output voltage of the variable transformers can either be adjusted manually or automatically by means of a motor. Alternatively, an autotransformer with multiple switch-selected taps may be used.

Wave-form generators and power amplifiers can be used instead of variable transformers and switches (see Figure C.1b)). This configuration also allows testing of the EUT in the context of frequency variations and harmonics.

The generators described for single-phase testing (see Figures C.1a), C.1b) and C.1c) can be also used for three-phase testing (see Figure C.2).

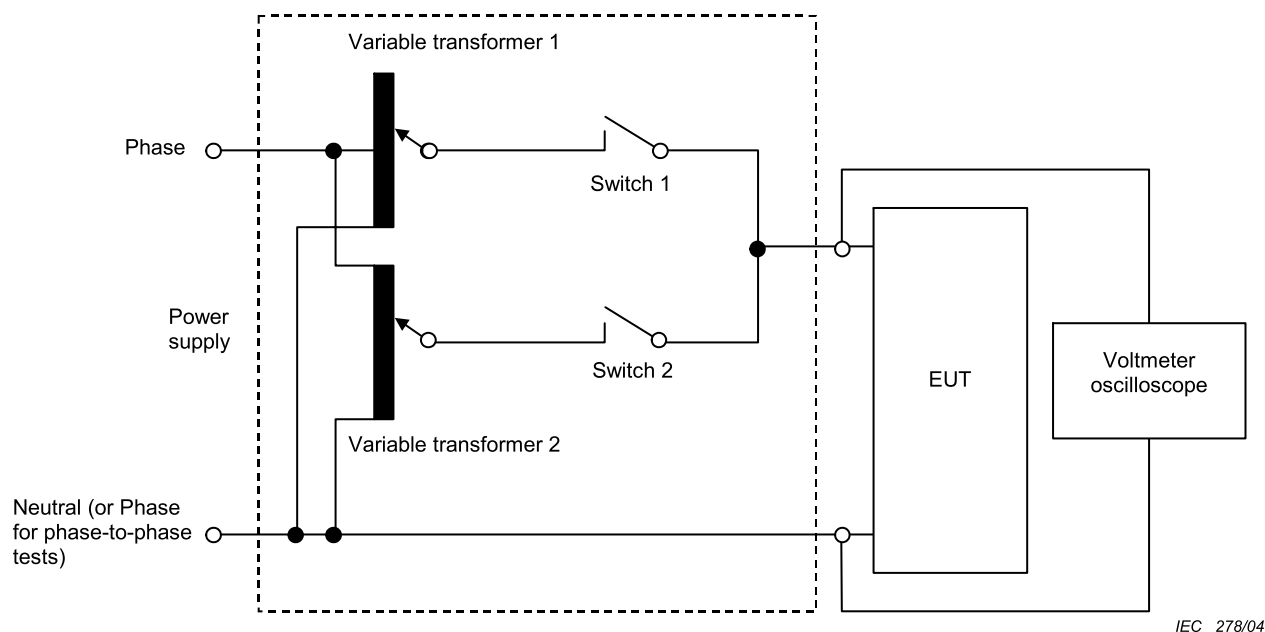


Figure C.1a) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using variable transformers and switches

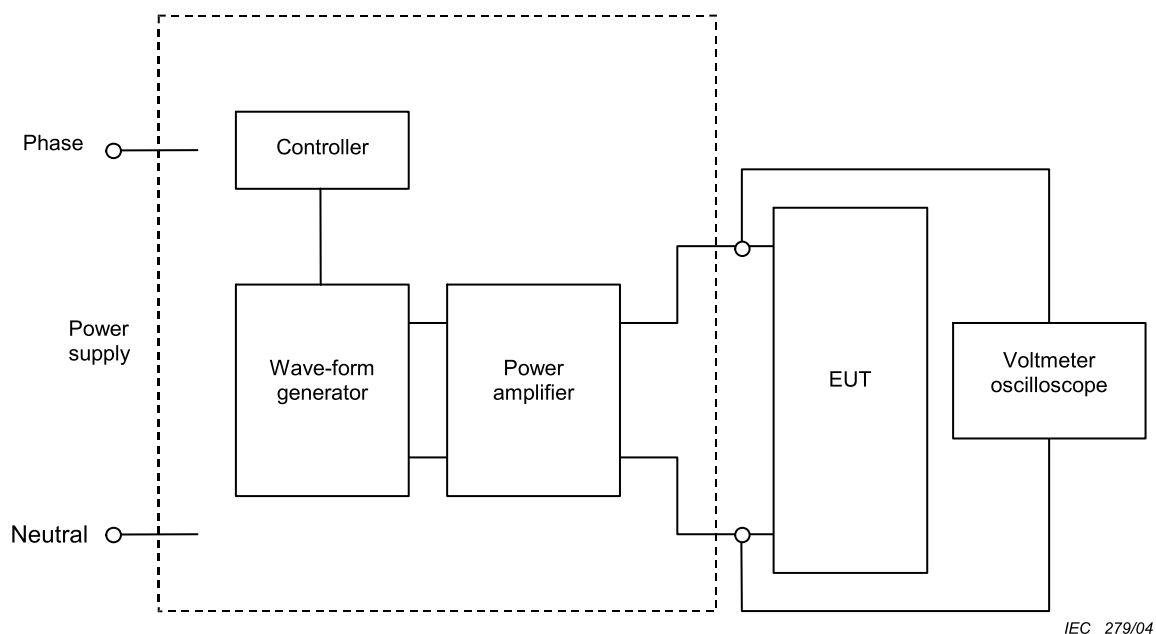


Figure C.1b) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

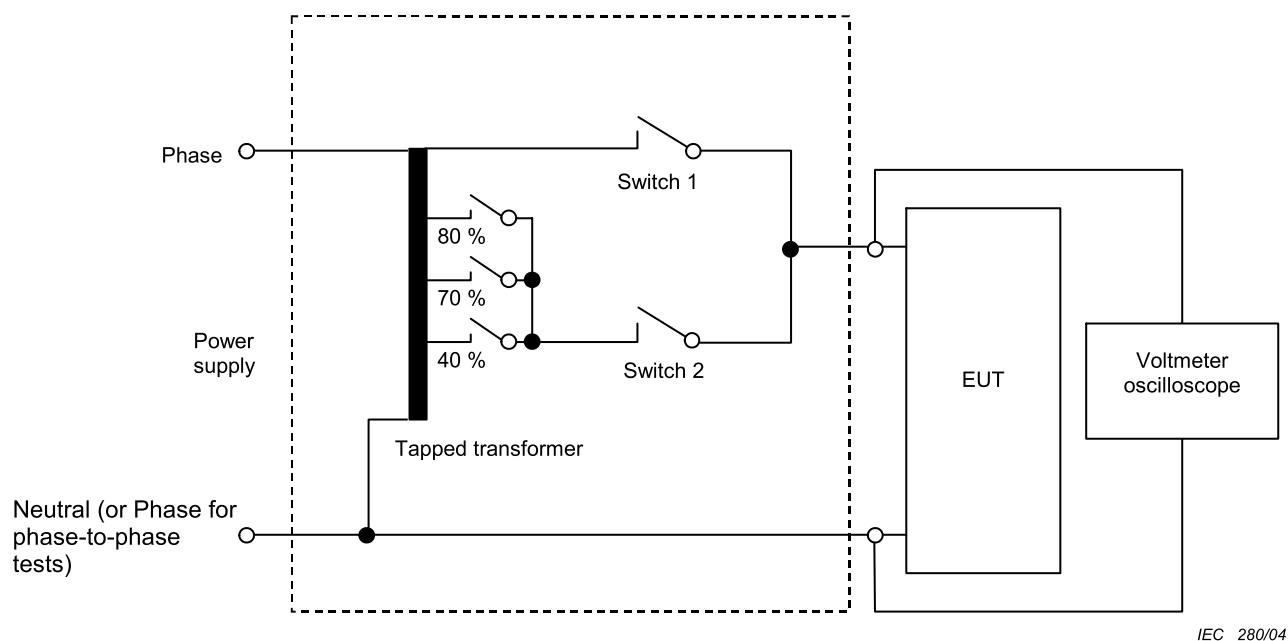


Figure C.1c) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using tapped transformer and switches

Figure C.1 – Schematics of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations

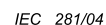


Figure C.2 – Schematic of test instrumentation for three-phase voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

Annex D **(informative)**

Rationale for generator specification regarding voltage, rise-time and fall-time, and inrush current capability

D.1 Concept of basic standard

The immunity basic standards of the IEC 61000-4-x series are based on the concept of defining a test system in one document representing typically one type of electromagnetic disturbance. The environmental description of the IEC 61000-2-x series (which includes also compatibility levels) together with practical industry experience are the basis for defining the disturbance source simulator, the necessary coupling and decoupling networks and the range of test levels.

Parameters in the basic standard are always compromises selected from a large amount of data derived from the disturbance source. The compromise is assumed to be correct if, once the immunity test is applied, only a few malfunctions occur in the real world.

To keep the immunity test as easy as possible, the generator output shall be verified in a calibration set-up and not with the EUT connected to the output of the generator. The purpose of the calibration is to guarantee comparable test results between different brands of generators.

D.2 IEC 61000-4-11:1994 (first edition)

Data from UNIPED report was used which indicated short circuit in terms of voltage reduction and interrupt duration. At that time, rare measurement results were available showing how equipment on the same phase was affected, in the public power network.

Based on this information, IEC 61000-4-11:1994 (first edition) was defined and published in 1994. For the switching time a value of 1 μ s to 5 μ s was chosen for representing the short circuit's worst case occurring at a distance of up to 50 m between the source and the affected equipment. For example, the equipment used in a laboratory or in an industrial plant has a greater risk of being affected by voltage dips and short interruptions within 50 m.

D.3 Rationale for the need of rapid fall-times

In case of short circuit in the line, the voltage at the input terminals of the equipment might go to zero in less than 5 μ s.

If the short circuit originates from the public network, the fall-time will be relatively slow, in the order of hundreds of microseconds to some milliseconds. If, however, the short circuit is at the local premise, for example due to the failure of another equipment installed in close proximity, the mains voltage will go to zero within microseconds, with fall-times shorter than 1 μ s reported for some cases.

In this case, the input rectifier diodes of the equipment will be commutated from conduction mode to blocking mode with a sudden high reverse voltage due to that very fast voltage rise-time. As those diodes are usually designed for natural line commutation with a rise-time of the voltage in the range of milliseconds, this event is an increased stress for the rectifier diodes. More generally, fast voltage transients may disturb electronics as well, leading to the damage of the equipment.

Tests performed with a fast fall-time in the range of a few microseconds emulating the short circuit condition can be used to test the robustness of equipment against fast transient short circuits of the line.

D.4 Interpretation of the rise-time and fall-time requirements during EUT testing

In 2010 an interpretation sheet for IEC 61000-4-11:2004 was issued. The content of this sheet is as follows:

- 1) "In IEC 61000-4-11:2004, Table 4 does not apply to EUT (equipment under test) testing. Table 4 is for generator calibration and design only.
- 2) With reference to Table 1 and Table 2, there is no requirement in 61000-4-11:2004 for rise-time and fall-time when testing EUT; therefore, it is not necessary to measure these parameters during tests.
- 3) With reference to Table 4, all of the requirements apply to design and calibration of the generator. The requirements of Table 4 only apply when the load is a non-inductive 100 Ω resistor. The requirements of Table 4 do not apply during EUT testing."

D.5 Main conclusions

With respect to rise-time and fall-time, the main conclusions are the following.

- It is possible, for real-world voltage dips, to have fall-times faster than 5 μs in the case of short circuits close to the equipment. However, for the time being, this standard does not consider the effects of voltage fall times shorter than 1 μs .
- Rise-time depends on several factors including the impedance of the network, cabling and equipment connected in parallel.
- The rise-time and fall-time requirements have remained unchanged and the standard has been used worldwide since its first publication in 1994, but, as in the interpretation sheet, these rise-time and fall-time requirements do not apply during a test of an EUT. They only apply when calibrating a dip generator with a 100 Ω resistive load. These rise-times and fall-times do not necessarily occur during an actual EUT test.
- Most voltage dip and short interruption immunity tests begin and end at 0° or 180°. Published research generally concludes that these are the most severe phase angles for voltage ride-through tests. Note that at 0° and at 180° the instantaneous waveform voltage is zero, so rise-time and fall-time have no meaning.
- Pre-compliance testing could be considered using a dip generator with a longer rise-time and fall-time up to 200 μs for voltage dip and short interruption tests that begin and end at 0° or 180°, as rise-time and fall-time are not important at these angles. However, full compliance with the test methods of this standard requires to use a generator that, when tested with a 100 Ω resistive load, meets the 1 μs to 5 μs requirement in 6.1.2.

D.6 Rationale for inrush current capability

During the connection of an equipment to a power line, an inrush current flows into it. This inrush current could conceivably damage parts of the equipment, for example an input rectifier with capacitive smoothing. In order to prevent damage, measures for inrush current limitation are usually incorporated inside the equipment.

An inrush current will also occur when the line voltage recovers after a voltage dip or interruption. In this case, the inrush current limitation measures might not be activated in the equipment with disabled pre-charge circuit, so it is possible for the post-dip inrush current to damage the equipment.

For this reason, it is necessary for the voltage dip generator to be capable of supplying sufficient current and that the post-dip inrush current is not limited by the dip generator.

Without this inrush current requirement, it would be possible for the equipment to pass the immunity test performed with the dip generator, but to fail in the real world due to inrush current damage.

In a real installation, this inrush current will be limited by the network impedance. If the short circuit is on the public supply, the network impedance is according to the line reference impedance of the public supply (796 μ H according to IEC TR 60725), which is typical for rural low voltage networks, and it will limit the inrush current to about 15 A to 20 A. However, if the short circuit is inside the local premise, in a particular large installation such as an industrial plant, the impedance may be much lower and the inrush current much larger.

In order for the test generator to have adequate capabilities to properly stress the equipment under test, the standard provides guidance in 6.1.2 to assure that the equipment does not demand more current than 70 % of the generator capability, for example 500 A for 220 V to 240 V mains.

Bibliography

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161 – Electromagnetic compatibility*

IEC TR 60725, *Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining the disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase*

IEC 61000-2-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-4-11:2004/ISH1:2010, *Interpretation sheet 1 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests¹*

IEC 61000-4-14, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-14: Testing and measurement techniques – Voltage fluctuation immunity test*

UNIPED, *Characteristics of the Low Voltage Electricity Supply – Group of Experts for Determination of the Characteristics of Usual Distortions of the Voltage Waveform, published in Electricity Supply, 54th Year, No. 92, May 1981*

SC 77A/Publication 61000-4-11 (2004), Deuxième édition/I-SH 01

COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE (CEM) –

**Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure –
Essais d'immunité aux creux de tension, coupures
brèves et variations de tension**

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issue des documents suivants:

| | |
|--------------|-----------------|
| ISH | Rapport de vote |
| 77A/726/FDIS | 77A/731/RVD |

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

Interprétation des exigences pour les temps de montée et des temps de descente pendant les essais d'EST dans la CEI 61000-4-11:2004: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension.

- 1) Dans la CEI 61000-4-11:2004, le Tableau 4 ne s'applique pas à l'essai sur l'EST (équipement soumis au test). Le Tableau 4 est seulement pour l'étalonnage et la conception du générateur.
- 2) En ce qui concerne le Tableau 1 et le Tableau 2, il n'y a pas d'exigence dans la CEI 61000-4-11:2004 pour le temps de montée et le temps de descente lorsque l'on essaie l'EST; c'est pourquoi, il n'est pas nécessaire de mesurer ces paramètres pendant les essais.
- 3) En ce qui concerne le Tableau 4, toutes les exigences s'appliquent à la conception et à l'étalonnage du générateur. Les exigences du Tableau 4 s'appliquent seulement quand la charge est une résistance non-inductive de 100 Ω . Les exigences du Tableau 4 ne s'appliquent pas pendant l'essai de l'EST.

SOMMAIRE

| | |
|---|--------|
| AVANT-PROPOS | 31 |
| INTRODUCTION | 33 |
| 1 Domaine d'application | 34 |
| 2 Références normatives | 34 |
| 3 Termes et définitions | 34 |
| 4 Généralités | 36 |
| 5 Niveaux d'essai | 36 |
| 6 Instruments d'essai | 40 |
| 7 Montage d'essai | 42 |
| 8 Procédures d'essai | 43 |
| 9 Evaluation des résultats d'essai | 45 |
| 10 Rapport d'essai | 46 |
| Annexe A (normative) Détails sur les circuits d'essai | 47 |
| Annexe B (informative) Classes d'environnement électromagnétique | 50 |
| Annexe C (informative) Instruments d'essai | 51 |
| Annexe D (informative) Justification pour la spécification des générateurs concernant les temps de montée et de descente de tension et les valeurs des courants d'appel | 54 |
| Bibliographie | 57 |
| Figure 1 – Creux de tension - Exemples | 39 |
| Figure 2 – Coupure brève | 39 |
| Figure 3 – Variation de tension | 40 |
| Figure 4 – Essai phase neutre et phase phase des systèmes triphasés | 45 |
| Figure A.1 – Circuit utilisé pour déterminer le courant d'appel crête du générateur de coupures brèves | 48 |
| Figure A.2 – Circuit utilisé pour déterminer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel d'un EST | 49 |
| Figure C.1 – Schémas des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension | 52 |
| Figure C.2 – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension triphasés à l'aide d'un amplificateur de puissance | 53 |
| Tableau 1 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les creux de tension | 37 |
| Tableau 2 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les coupures brèves | 37 |
| Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme | 38 |
| Tableau 4 – Spécifications du générateur | 41 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 61000-4-11 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2004-03) [documents 77A/452/FDIS et 77A/455/RVD] et sa feuille d'interprétation 1 (2010-08), et son amendement 1 (2017-05) [documents 77A/951/FDIS et 77A/961/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 61000-4-11 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Cette deuxième constitue une révision technique dans laquelle

- 1) des durées et niveaux d'essai préférés pour les différentes classes d'environnement ont été ajoutées ;
- 2) les essais pour les systèmes triphasés ont été précisés.

Elle constitue la partie 4-11 de l'IEC 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de l'IEC.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties, conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émissions

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Directives d'installation et d'atténuation

Directives d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme Normes internationales, soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 définit les méthodes d'essai d'immunité ainsi que la gamme des niveaux d'essais préférés pour les matériels électriques et électroniques connectés à des réseaux d'alimentation basse tension pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension.

La présente norme s'applique aux matériels électriques et électroniques dont le courant nominal d'entrée ne dépasse pas 16 A par phase et destinés à être reliés à des réseaux électriques alternatifs de 50 Hz ou 60 Hz.

Elle ne s'applique pas aux matériels électriques et électroniques destinés à être reliés à des réseaux électriques à courant alternatif de 400 Hz. Les essais pour ces réseaux seront traités dans des normes IEC à venir.

Le but de cette norme est d'établir une référence commune pour l'évaluation de l'immunité fonctionnelle des matériels électriques et électroniques soumis à des creux de tension, à des coupures brèves et à des variations de tension.

NOTE Les essais d'immunité aux fluctuations de tension sont traités dans l'IEC 61000-4-14.

La méthode d'essai décrite dans la présente partie de l'IEC 61000 détaille une méthode sans faille pour estimer l'immunité d'un matériel ou d'un système à un phénomène prédéfini. Comme décrit dans le Guide 107 de l'IEC, ce document est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produit de l'IEC. Comme également mentionné dans le Guide 107, les comités de produit de l'IEC sont responsables du choix d'utilisation ou non de cette norme d'essai d'immunité et, si elle est utilisée, les comités sont responsables de la définition des niveaux d'essai appropriés. Le comité d'études 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produit pour l'évaluation de la pertinence des essais particuliers d'immunité pour leurs produits.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61000-2-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-8: Environnement – Creux de tension et coupures brèves sur les réseaux d'électricité publics incluant des résultats de mesures statistiques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

3.1

norme fondamentale en CEM

norme relative aux conditions ou aux règlements fondamentaux et généraux nécessaires à la réalisation de la CEM liés ou s'appliquant à tous les produits et systèmes et que les comités de produits peuvent utiliser comme document de référence

NOTE Comme déterminé par le Comité Consultatif de la Compatibilité Electromagnétique (ACEC) – voir le Guide 107 de l'IEC.

3.2

immunité (contre une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-20]

3.3

creux de tension

diminution brusque de la tension à un endroit particulier d'un système d'alimentation électrique qui devient inférieure à un seuil de creux spécifié, puis reprend une valeur supérieure au seuil après un bref intervalle de temps

NOTE 1 Typiquement, un creux est associé à l'apparition et à la disparition d'un court-circuit ou de toute autre cause de surintensité dans le système ou les installations connectées à celui-ci.

NOTE 2 Un creux de tension est une perturbation électromagnétique en deux dimensions, dont le niveau est déterminé par la tension et la durée.

3.4

coupure brève

diminution brusque de la tension sur toutes les phases à un endroit particulier d'un système d'alimentation électrique qui devient inférieure à un seuil d'interruption spécifié, puis reprend une valeur supérieure au seuil après un bref intervalle de temps

NOTE Les coupures brèves sont souvent liées aux dispositifs de commutation dont le fonctionnement est lié à l'apparition et à la disparition de courts-circuits dans le système ou les installations connectées à celui-ci.

3.5

tension résiduelle (d'un creux de tension)

valeur minimale de la tension efficace enregistrée pendant un creux de tension ou une coupure brève

NOTE La tension résiduelle peut être exprimée en volts, en pourcentage ou en valeur unitaire par rapport à la tension de référence.

3.6

dysfonctionnement

cessation de l'aptitude d'un matériel à accomplir ses fonctions ou exécution de fonctions incorrectes par le matériel

3.7

étalonnage

méthode qui garantit que l'appareil de mesure est conforme à ses spécifications

NOTE Dans le cadre de cette norme, l'étalonnage s'applique au générateur d'essai.

3.8

vérification

ensemble des opérations utilisées qui s'appliquent à l'ensemble des matériels d'essais (par exemple le générateur d'essai et les câbles d'interconnexion) pour démontrer que le système d'essai fonctionne conformément aux spécifications décrites à l'Article 6

NOTE 1 Les méthodes de vérification ne sont pas nécessairement les mêmes que les méthodes d'étalonnage.

NOTE 2 Les procédures de vérification décrites en 6.1.2 servent à vérifier que le générateur d'essai fonctionne correctement, les autres éléments constituant le montage d'essai servent à vérifier qu'une forme d'onde correcte est délivrée à l'EST.

4 Généralités

Les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension de l'alimentation électrique peuvent avoir une incidence sur les matériels électriques et électroniques.

Les creux de tension et les coupures brèves sont causés par des défaillances au niveau du réseau, essentiellement des courts-circuits (voir également l'IEC 61000-2-8), dans les installations ou par d'importantes variations brusques de charge. Dans certains cas, plusieurs creux ou coupures consécutifs peuvent survenir. Les variations de tension sont causées par des variations continues des charges connectées au réseau.

Ces phénomènes, aléatoires par nature, peuvent être caractérisés de manière minimale en vue d'être utilisés pour des simulations en laboratoire en termes d'écart par rapport à la tension nominale et de durée.

En conséquence, différents types d'essais sont spécifiés dans cette norme pour simuler les effets des variations brusques de tension. Ces essais doivent uniquement être utilisés pour des cas particuliers et justifiés, et relèvent de la responsabilité des comités de produits ou de spécifications.

Le comité de produits est responsable d'établir les phénomènes concernés parmi ceux traités dans cette norme et de décider des conditions d'application de l'essai.

5 Niveaux d'essai

Les tensions données dans la présente norme ont comme base la tension nominale du matériel (U_T) pour les spécifications des tensions des niveaux d'essai.

Lorsque le matériel présente une gamme de tensions nominales, les points suivants doivent s'appliquer:

- si la gamme de tensions est inférieure à 20 % de la plus basse tension spécifiée pour la gamme de tensions nominales, une seule tension de cette gamme peut être spécifiée comme base pour les spécifications des niveaux d'essai (U_T);
- dans tous les autres cas, la procédure d'essai doit s'appliquer à la fois aux tensions les plus élevées et aux tensions les plus faibles de la gamme de tensions;
- l'IEC 61000-2-8 donne une sélection de durées et de niveaux d'essai.

5.1 Creux de tension et coupures brèves

Le passage de la tension U_T à la nouvelle tension est brusque. Ce changement peut commencer et se terminer quel que soit l'angle de phase de la tension du réseau. Les niveaux de tension d'essai suivants (en % de U_T) sont utilisés: 0 %, 40 %, 70 % et 80 %, ce qui correspond à des creux de tension résiduelle de 0 %, 40 %, 70 % et 80 %.

Pour les creux de tension, les durées et les niveaux d'essai préférés sont indiqués dans le Tableau 1 et un exemple est représenté à la Figure 1a) et à la Figure 1b).

Pour les coupures brèves, les durées et les niveaux d'essai préférés sont indiqués dans le Tableau 2 et un exemple est représenté à la Figure 2.

Les durées et niveaux d'essai préférés indiqués dans les Tableaux 1 et 2 tiennent compte des informations indiquées dans l'IEC 61000-2-8.

Les niveaux d'essai préférés indiqués dans le Tableau 1 sont raisonnablement sévères et sont représentatifs de nombreux creux de tension réels, mais n'ont pas pour but de garantir l'immunité pour n'importe quel creux de tension. Des creux de tension plus sévères, par exemple 0 % pendant 1 s et des creux de tension triphasé, peuvent être considérés par les comités produits.

Le temps de montée, t_r , et le temps de descente, t_f , pendant les variations brusques sont indiqués dans le Tableau 4.

Les durées et niveaux doivent être indiqués dans les spécifications des produits. Un niveau d'essai de 0 % correspond à une coupure totale de la tension d'alimentation. En pratique, une tension d'essai comprise entre 0 % et 20 % de la tension nominale peut être considérée comme une coupure totale.

Il convient que les durées plus courtes du tableau, et en particulier la demi-période, soient testées pour confirmer que l'équipement soumis aux essais (EST) fonctionne conformément aux limites spécifiées pour celui-ci.

Lors de la définition des critères de performances pour des perturbations dont la durée est une demi-période pour des produits équipés d'un transformateur de réseau, il convient que les comités de produits soient particulièrement attentifs aux effets causés par les courants d'appel. Pour de tels produits, ces courants peuvent être 10 à 40 fois plus élevés que le courant nominal en raison de la saturation du flux magnétique du noyau du transformateur après le creux de tension.

Tableau 1 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les creux de tension

| Classes ^a | Durée et niveau d'essai pour des creux de tension (t_s) (50 Hz/60 Hz) | | | | |
|---|---|--------------------------|---|---|---|
| Classe 1 | Au cas par cas en fonction des exigences du matériel | | | | |
| Classe 2 | 0 % pendant ½ période | 0 % pendant 1 période | 70 % pendant 25/30 ^c périodes | | |
| Classe 3 | 0 % pendant ½ période | 0 % pendant 1 période | 40 % pendant 10/12 ^c périodes | 70 % pendant 25/30 ^c périodes | 80 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe X ^b | X | X | X | X | X |
| ^a Classes similaires à l'IEC 61000-2-4; voir l'Annexe B. ^b À définir par le comité de produits. Pour des matériels connectés directement ou indirectement au réseau public, il ne faut pas que les niveaux soient moins sévères que ceux de la Classe 2. ^c "25/30 périodes" signifie "25 périodes pour des essais à 50 Hz" et "30 périodes pour des essais à 60 Hz". | | | | | |

Tableau 2 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les coupures brèves

| Classes ^a | Durée et niveau d'essai pour des coupures brèves (t_s) (50 Hz/60 Hz) |
|---|--|
| Classe 1 | Au cas par cas en fonction des exigences du matériel |
| Classe 2 | 0 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe 3 | 0 % pendant 250/300 ^c périodes |
| Classe X ^b | X |
| ^a Classes similaires à l'IEC 61000-2-4; voir l'Annexe B. ^b À définir par le comité de produits. Pour des matériels connectés directement ou indirectement au réseau public, il ne faut pas que les niveaux soient moins sévères que ceux de la Classe 2. ^c "250/300 périodes" signifie "250 périodes pour des essais à 50 Hz" et "300 périodes pour des essais à 60 Hz". | |

5.2 Variations de tension (facultatif)

Cet essai porte sur une transition définie entre une tension nominale U_T et la valeur de la tension après la variation.

NOTE La durée de la variation de tension est courte et peut être causée par une variation de charge.

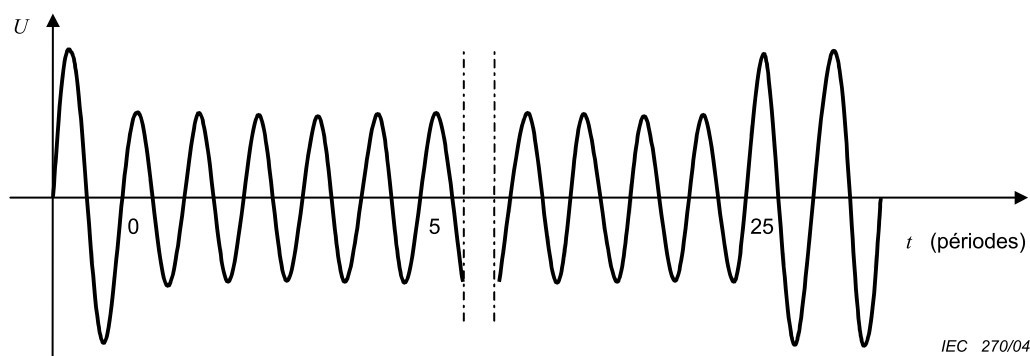
La durée préférée des variations de tension et la durée pendant laquelle les tensions réduites doivent être conservées sont indiquées dans le Tableau 3. Il convient que le taux de variation soit constant; toutefois, la tension peut être échelonnée. Il convient que les échelons se situent aux points de passage à zéro et qu'ils ne soient pas supérieurs à 10 % de U_T . Les échelons inférieurs à 1 % de U_T sont considérés comme des taux de variation de tension constants.

Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme

| Niveau d'essai de la tension | Temps de diminution de la tension (t_d) | Durée de la tension réduite (t_s) | Temps d'augmentation de la tension (t_i) (50 Hz /60 Hz) |
|---|---|---------------------------------------|---|
| 70 % | Brusque | 1 période | 25/30 ^b périodes |
| X^a | X^a | X^a | X^a |
| ^a À définir par le comité de produits. | | | |
| ^b "25/30périodes" signifie "25 périodes pour des essais à 50 Hz" et "30 périodes pour des essais à 60 Hz". | | | |

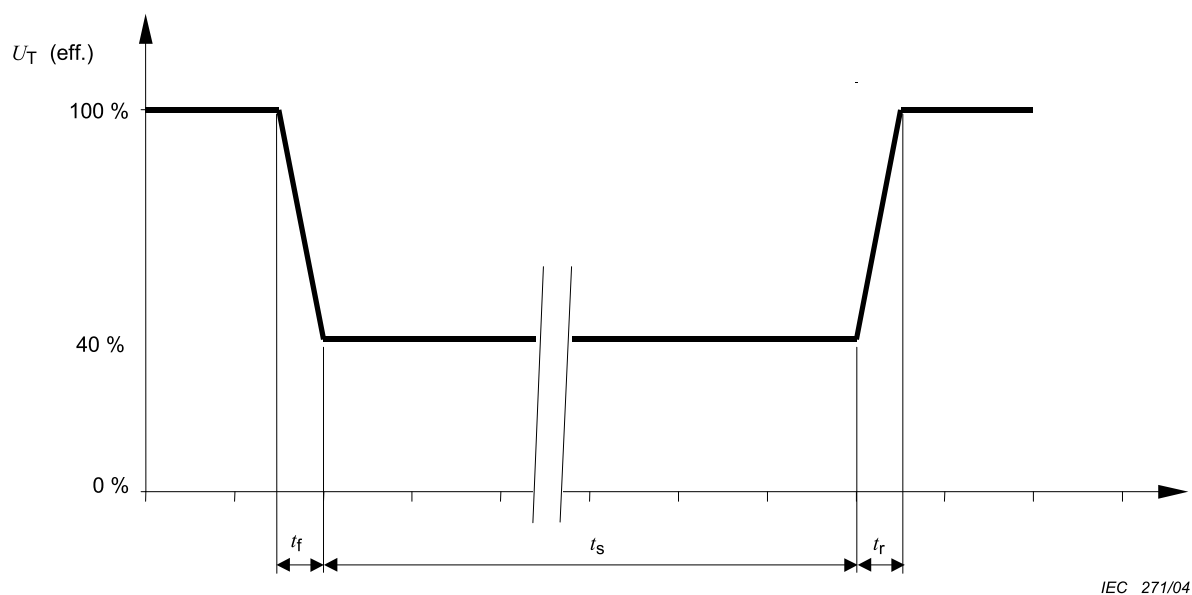
Il s'agit de la forme typique du démarrage d'un moteur.

La Figure 3 représente la tension efficace en fonction du temps. D'autres valeurs peuvent être considérées dans des cas justifiés et doivent être spécifiées par le comité de produits.



NOTE La tension diminue jusqu'à 70 % pour 25 périodes. Échelon au passage à zéro.

Figure 1a) – Creux de tension – graphique montrant la forme d'onde d'un creux de tension de 70 %



Légende

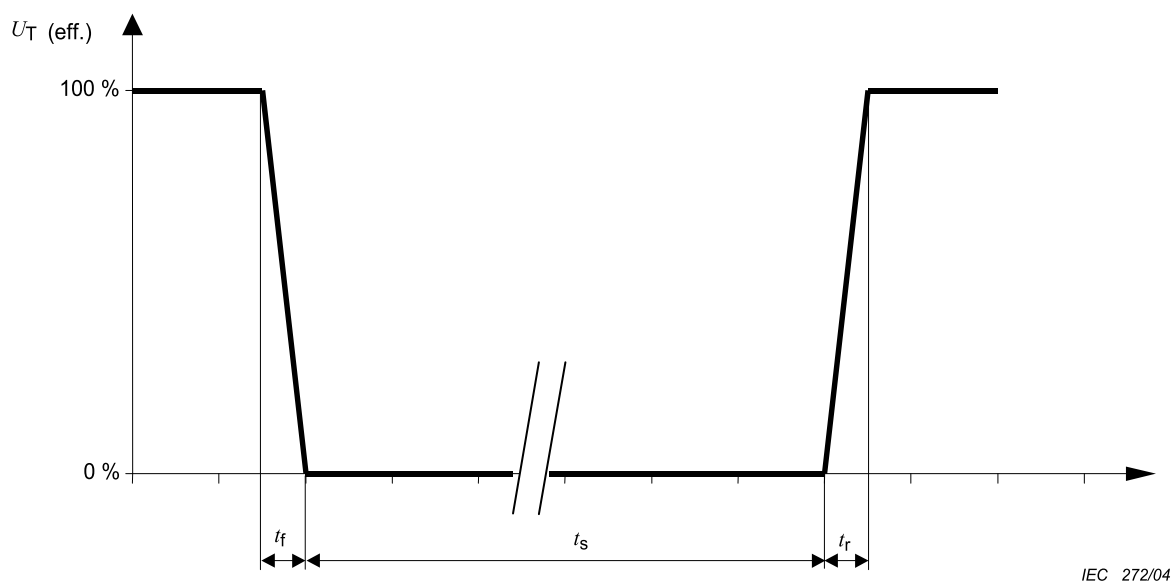
t_r Temps de montée

t_f Temps de descente

t_s Durée de la tension réduite

Figure 1b) – Creux de tension – graphique montrant la valeur efficace d'un creux de tension de 40 %

Figure 1 – Creux de tension - Exemples



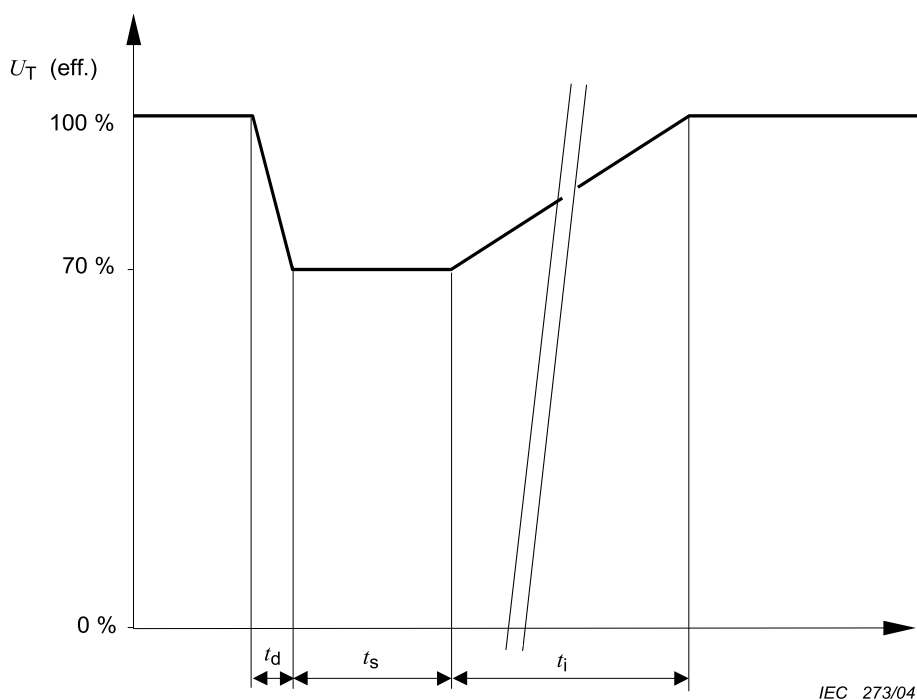
Légende

t_r Temps de montée

t_f Temps de descente

t_s Durée de la tension réduite

Figure 2 – Coupure brève



Légende

- t_d Temps de diminution de la tension
- t_i Temps d'augmentation de la tension
- t_s Durée de la tension réduite

Figure 3 – Variation de tension

6 Instruments d'essai

6.1 Générateur d'essai

Les caractéristiques suivantes sont communes aux générateurs pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension, sauf indication contraire.

Des exemples de générateurs sont indiqués à l'Annexe C.

Le générateur doit être équipé pour ne pas émettre d'importantes perturbations, qui, si elles sont envoyées sur le réseau d'alimentation, peuvent influencer les résultats des essais.

Tout générateur produisant un creux de tension dont les caractéristiques sont supérieures ou égales (en durée et en amplitude) à celles stipulées par la présente norme est autorisé.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur

Tableau 4 – Spécifications du générateur

| | |
|--|--|
| Tension de sortie à vide | Comme stipulé dans le Tableau 1, $\pm 5\%$ de la valeur de la tension résiduelle |
| Variation de la tension avec la charge à la sortie du générateur | |
| 100 % de la sortie, 0 A à 16 A | moins de 5 % de U_T |
| 80 % de la sortie, 0 A à 20 A | moins de 5 % de U_T |
| 70 % de la sortie, 0 A à 23 A | moins de 5 % de U_T |
| 40 % de la sortie, 0 A à 40 A | moins de 5 % de U_T |
| Courant de sortie admissible | 16 A efficace par phase à la tension nominale. Le générateur doit être capable de délivrer 20 A à 80 % de la valeur nominale pendant une durée de 5 s. Il doit être capable de délivrer 23 A à 70 % de la valeur nominale et 40 A à 40 % de la valeur nominale pendant 3 s. (Cette exigence peut être réduite en fonction du courant d'alimentation en régime permanent nominal de l'EST, voir Article A.3). |
| Valeur crête du courant d'appel (pas de condition requise pour les essais de variation de tension) | Ne doit pas être limitée par le générateur. Toutefois, il n'est pas nécessaire que la valeur crête du générateur dépasse 1 000 A pour un réseau de 250 V à 600 V, 500 A pour un réseau de 200 V à 240 V, ou 250 A pour un réseau de 100 V à 120 V. |
| Valeur crête instantanée du sur-dépassement/sous-dépassement de la tension réelle, le générateur étant branché sur une charge résistive de 100 Ω | Inférieur à 5 % de U_T |
| Temps de montée (et de descente) de la tension t_r (et t_f), voir Figures 1b) et 2, pendant une variation brusque, le générateur étant branché sur une charge résistive de 100 Ω | Entre 1 μ s et 5 μ s |
| Déphasage (si nécessaire) | 0° à 360° |
| Écart entre la phase des creux de tension et des coupures et la phase de la fréquence de l'alimentation | Moins de $\pm 10^\circ$ |
| Commande du passage à zéro des générateurs | $\pm 10^\circ$ |

L'impédance de sortie doit être principalement résistive.

L'impédance de sortie du générateur de tension d'essai doit être faible, même pendant la transition (par exemple inférieure à $0,4 + j0,25 \Omega$).

NOTE 1 Il convient que la charge résistive de 100 Ω utilisée pour tester le générateur ne comporte pas d'inductivité supplémentaire.

NOTE 2 Pour tester le matériel qui régénère l'énergie, il est possible de brancher une résistance externe en parallèle sur la charge. Il ne faut pas que le résultat de l'essai soit influencé par cette charge.

6.1.2 Vérification des caractéristiques des générateurs de creux de tension et de coupures brèves

Pour comparer les résultats des essais obtenus à partir de différents générateurs, les caractéristiques des générateurs doivent être contrôlées conformément aux points suivants:

- les tensions de sortie efficaces à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % du générateur doivent être conformes aux pourcentages des tensions de fonctionnement sélectionnées: 230 V, 120 V, etc.;
- les tensions de sortie efficaces à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % du générateur doivent être mesurées sans charge et elles doivent être maintenues à un certain pourcentage de U_T ;

- la régulation par rapport à la charge doit être contrôlée à la valeur nominale de courant de la charge sur chacune des tensions de sortie et la variation ne doit pas dépasser 5 % de la tension d'alimentation nominale à 100 %, 80 %, 70 % et 40 % de la tension d'alimentation nominale.

Pour une tension de sortie de 80 % de la valeur nominale, les exigences décrites ci-dessus ne doivent être vérifiées que pendant une durée maximale de 5 s.

Pour des tensions de sortie de 70 % et 40 % de la valeur nominale, les exigences décrites ci-dessus ne doivent être vérifiées que pendant une durée maximale de 3 s.

Si la valeur de crête admissible du courant d'appel d'excitation doit être contrôlée, le générateur doit passer de 0 % à 100 % de sa sortie maximale, lorsqu'il est branché sur une charge constituée d'un redresseur approprié et d'un condensateur déchargé de 1 700 μ F sur le côté redressé. L'essai doit être réalisé pour des angles de phases de 90° et de 270°. Le circuit à utiliser pour mesurer la valeur de crête admissible du courant d'appel d'excitation du générateur est indiqué à la Figure A.1.

Lorsqu'on estime pouvoir utiliser un générateur dont la valeur crête du courant d'appel est inférieure à la valeur crête standard spécifiée parce que l'EST nécessite une valeur crête du courant d'appel inférieure à la valeur standard (par exemple 500 A pour un réseau de 220 V à 240 V), cela doit d'abord être confirmé en mesurant la valeur crête du courant d'appel de l'EST. Lorsque la puissance est délivrée par un générateur d'essai, la valeur crête du courant d'appel de l'EST doit être inférieure à 70 % de la valeur de crête admissible du courant d'excitation, comme cela a déjà été contrôlé conformément à l'Annexe A. Le courant d'appel réel de l'EST doit être mesuré après un démarrage à froid et après un arrêt de 5 s, en suivant la procédure décrite à l'Article A.3.

Les caractéristiques de commutation du générateur doivent être mesurées avec une charge de 100 Ω de dissipation d'énergie appropriée.

NOTE Il convient que la charge résistive de 100 Ω utilisée pour tester le générateur ne comporte pas d'inductivité supplémentaire.

Les temps de montée et de descente, ainsi que le sur-dépassement et le sous-dépassement, doivent être contrôlés pour des commutations à 90° et à 270°, de 0 % à 100 %, de 100 % à 80 %, de 100 % à 70 %, de 100 % à 40 % et de 100 % à 0 %.

La précision de l'angle de phase doit être contrôlée pour des commutations de 0 % à 100 % et de 100 % à 0 %, pour neuf angles de phase entre 0° et 360° par pas de 45°. Elle doit également être contrôlée pour des commutations de 100 % à 80 % et de 80 % à 100 %, de 100 % à 70 % et de 70 % à 100 %, ainsi que de 100 % à 40 % et de 40 % à 100 %, à 90° et 180°.

Les générateurs de tension doivent, de préférence, être étalonnés à des dates définies conformément au système d'assurance qualité approuvé.

6.2 Source d'énergie

La fréquence de la tension d'essai ne doit pas dépasser ± 2 % de la fréquence nominale.

7 Montage d'essai

Pour la réalisation de l'essai, le câble reliant l'EST au générateur d'essai doit être le plus court possible, conformément aux spécifications du fabricant de l'EST. Si la longueur du câble n'est pas spécifiée, elle doit être la plus petite longueur possible appropriée à l'application de l'EST.

Les montages d'essai des trois types de phénomènes décrits dans cette norme portent sur:

- les creux de tension;
- les coupures brèves;
- les variations de tension avec transition progressive entre la tension nominale et la nouvelle tension (facultatif).

Des exemples de montages d'essai sont indiqués à l'Annexe C.

La Figure C.1a représente un schéma de génération de creux de tension, de coupures brèves et de variations de tension avec une transition progressive entre la tension nominale et la nouvelle tension utilisant un générateur à commutation interne; à la Figure C.1b), un générateur et un amplificateur de puissance sont utilisés.

La Figure C.2 représente un schéma de génération de creux de tension, de coupures brèves et de variations de tension utilisant un générateur et un amplificateur de puissance pour des équipements triphasés.

8 Procédures d'essai

Un plan d'essai doit être préparé avant de commencer tout essai sur un EST donné.

Il convient que le plan d'essai soit représentatif de la façon dont le système est couramment utilisé.

Les systèmes peuvent nécessiter une pré-analyse précise afin de définir les configurations représentatives des conditions normales de chantier qui doivent être soumises aux essais.

Il faut que les différents cas d'essais soient expliqués et indiqués dans le Rapport d'essai.

Il est recommandé que le plan d'essai comprenne les données suivantes:

- la désignation du type d'EST;
- les informations sur les connexions possibles (prises, bornes, etc.), les câbles correspondants et les périphériques;
- la prise d'alimentation du matériel à tester;
- les modes de fonctionnement représentatifs de l'EST pour l'essai;
- les critères de performances utilisés et définis dans les spécifications techniques;
- le ou les mode(s) de fonctionnement du matériel;
- la description du montage d'essai.

Si aucune source réelle de signaux de fonctionnement n'est disponible pour l'EST, elle peut être simulée.

Toute dégradation des performances doit être enregistrée pour chaque essai. Il convient que les matériels de contrôle soient capables d'afficher l'état du mode de fonctionnement de l'EST pendant et après les essais. Un contrôle fonctionnel complet doit être effectué après chaque groupe d'essais.

8.1 Conditions de référence en laboratoire

8.1.1 Conditions climatiques

A moins qu'il en soit spécifié autrement par le comité responsable d'une norme générique ou d'une norme de produit, les conditions climatiques dans le laboratoire doivent être dans les limites spécifiées pour le fonctionnement de l'EST et des matériels d'essai par leurs constructeurs respectifs.

Les essais ne doivent pas être réalisés si l'humidité relative entraîne une condensation sur l'EST ou sur les matériels d'essai.

NOTE Lorsqu'il est estimé qu'il y a suffisamment de preuves pour démontrer que les effets du phénomène couverts par la présente norme sont influencés par les conditions climatiques, il convient d'en informer le comité responsable de la présente norme.

8.1.2 Conditions électromagnétiques

Les conditions électromagnétiques dans le laboratoire doivent garantir un fonctionnement correct de l'EST pour ne pas perturber les résultats des essais.

8.2 Exécution de l'essai

Pendant les essais, la tension du réseau doit être contrôlée avec une précision de 2 %.

8.2.1 Creux de tension et coupures brèves

L'EST doit être testé pour chaque combinaison de durée et de niveau d'essai sélectionnée selon une séquence de trois coupures/creux à des intervalles de 10 s minimum (entre chaque essai). Chaque mode de fonctionnement représentatif doit être testé.

Pour les creux de tension, les variations de tension d'alimentation doivent se produire au passage à zéro et à d'autres angles considérés comme critiques par le comité de produits ou par chaque spécification de produits. De préférence, ces angles seront 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° et 315° sur chaque phase.

Pour les coupures brèves, l'angle doit être choisi par le comité de produits afin de refléter le pire cas. En l'absence de définition, il est recommandé d'utiliser 0° pour une des phases.

Pour un essai de coupure brève sur des systèmes triphasés, les trois phases doivent être testées simultanément comme stipulé en 5.1.

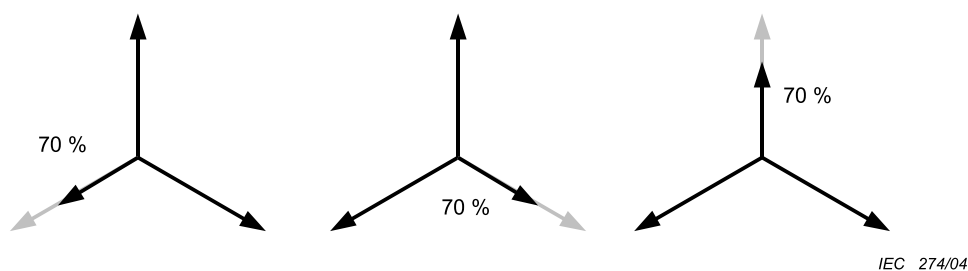
Pour un essai de creux de tension sur des systèmes monophasés, les tensions doivent être testées comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre d'une série d'essais.

Pour un essai de creux de tension sur des systèmes triphasés avec neutre, chaque tension (entre phase et neutre ainsi qu'entre phases) doit être testée individuellement comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre de six séries d'essais. Voir Figure 4b).

Pour un essai de creux de tension sur des systèmes triphasés sans neutre, chaque tension entre phases doit être testée individuellement comme stipulé en 5.1. Cela implique la mise en œuvre de trois séries d'essais. Voir Figure 4b).

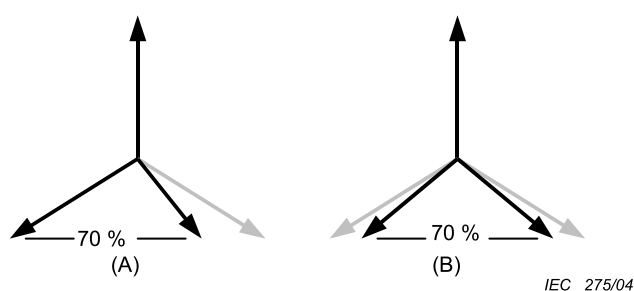
NOTE Dans le cas des systèmes triphasés, pendant l'essai d'un creux de tension phase phase, une ou les deux autres tensions varieront également.

Pour les EST qui possèdent plusieurs fils d'alimentation, il convient que chaque fil d'alimentation soit essayé individuellement.



NOTE Pour l'essai phase neutre des systèmes triphasés, chaque phase est vérifiée individuellement.

Figure 4a) – Essai phase neutre des systèmes triphasés



NOTE Pour l'essai phase phase des systèmes triphasés, chaque phase est aussi vérifiée individuellement. Les schémas (A) et (B) montrent un creux de tension de 70 %. (A) est la solution préférée mais (B) est acceptable également.

Figure 4b) – Essai phase phase des systèmes triphasés

Figure 4 – Essai phase neutre et phase phase des systèmes triphasés

8.2.2 Variations de tension (facultatif)

L'EST est testé pour chaque variation de tension spécifiée, trois fois à 10 s d'intervalle pour les modes de fonctionnement les plus représentatifs.

9 Evaluation des résultats d'essai

Les résultats d'essai doivent être classés en tenant compte de la perte de fonction ou de la dégradation du fonctionnement du matériel soumis à l'essai, par rapport à un niveau de fonctionnement défini par son constructeur ou par le demandeur de l'essai, ou selon l'accord entre le constructeur et l'acheteur du produit. La classification recommandée est la suivante:

- comportement normal dans les limites spécifiées par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement cessant après la disparition de la perturbation; le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement nécessitant l'intervention d'un opérateur;
- perte de fonction ou dégradation du fonctionnement non récupérable, due à un matériel ou un logiciel endommagés, ou à une perte de données.

Les spécifications du constructeur peuvent définir des effets sur l'EST qui peuvent être considérés comme non significatifs et donc acceptables.

Cette classification peut être utilisée comme un guide pour l'élaboration des critères d'aptitude à la fonction, par les comités responsables des normes génériques, de produits et de famille de produits ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et l'acheteur, par exemple lorsqu'aucune norme générique, de produit ou de famille de produits appropriée n'existe.

NOTE Les niveaux de fonctionnement ne sont pas nécessairement les mêmes pour les essais de creux de tension, pour les essais de coupure brève ou pour l'essai de variation de tension, si cet essai facultatif a été demandé.

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, ce qui suit doit être noté:

- les points spécifiés dans le plan d'essai requis à l'Article 8;
- l'identification de l'EST et de tous les matériels associés, par exemple marque, type de produit, numéro de série;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type de produit, numéro de série;
- toutes les conditions d'environnement spéciales dans lesquelles l'essai a été réalisé, par exemple enveloppe blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;
- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation d'essai, et la durée pendant laquelle ces effets ont persisté;
- la justification de la décision succès/échec (basée sur le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou dans l'accord entre le constructeur et l'acheteur);
- toutes les conditions spécifiques d'utilisation, par exemple longueur ou type de câble, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont requises pour assurer la conformité.

Annexe A **(normative)**

Détails sur les circuits d'essai

A.1 Valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur d'essai

Le circuit utilisé pour mesurer la valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur est représenté à la Figure A.1. Grâce au redresseur en pont, il n'est pas nécessaire de changer la polarité du redresseur entre un essai à 270° et un essai à 90°. Il convient que le courant nominal du réseau à redresseur à demi-période soit au moins deux fois supérieur au courant d'appel crête du générateur pour offrir un facteur de sécurité du fonctionnement convenable.

La tolérance du condensateur électrolytique de 1 700 μF doit être de $\pm 20\%$. Sa tension nominale doit être de préférence entre 15 % et 20 % supérieure à la tension de crête nominale du réseau, par exemple 400 V pour un réseau de 220 V – 240 V. Le condensateur électrolytique doit également supporter une valeur crête du courant d'appel au moins deux fois supérieure à la valeur crête du courant d'appel du générateur pour offrir un facteur de sécurité du fonctionnement convenable. La résistance série équivalente (ESR) du condensateur doit être la plus petite possible sans dépasser 0,1 Ω à 100 Hz et 20 kHz.

Puisque le condensateur de 1 700 μF doit être déchargé pour l'essai, une résistance doit être branchée en parallèle sur le condensateur et il faut attendre plusieurs constantes de temps (RC) entre les essais. Une résistance de 10 000 Ω donne une constante de temps de 17 s, ce qui implique un temps d'attente de 1,5 min à 2 min entre deux essais de courant d'excitation admissible. Pour diminuer ce temps d'attente, des résistances de valeurs aussi basses que 100 Ω peuvent être utilisées.

La sonde de courant doit pouvoir supporter la totalité de la valeur crête du courant d'appel d'excitation du générateur pendant un quart de période sans saturer.

Les essais doivent être réalisés en faisant basculer le générateur de 0 % à 100 % à 90° et 270° pour garantir que la valeur crête du courant d'appel d'excitation est suffisante pour les deux polarités.

A.2 Caractéristiques du contrôle du courant pour la mesure de la valeur crête du courant d'appel

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tension de sortie avec charge de 50 Ω : | supérieure ou égale à 0,01 V/A |
| Valeur crête du courant: | 1 000 A minimum |
| Précision de la valeur crête du courant: | $\pm 10\%$ (impulsion de 3 ms) |
| Courant efficace: | 50 A minimum |
| $I \times T$ maximal: | supérieur ou égal à 10 A · s |
| Temps de montée/descente: | inférieur ou égal à 500 ns |
| Point à 3 dB basse fréquence: | inférieur ou égal à 10 Hz |
| Résistance d'insertion: | inférieure ou égale à 0,001 Ω |

A.3 Conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel de l'EST

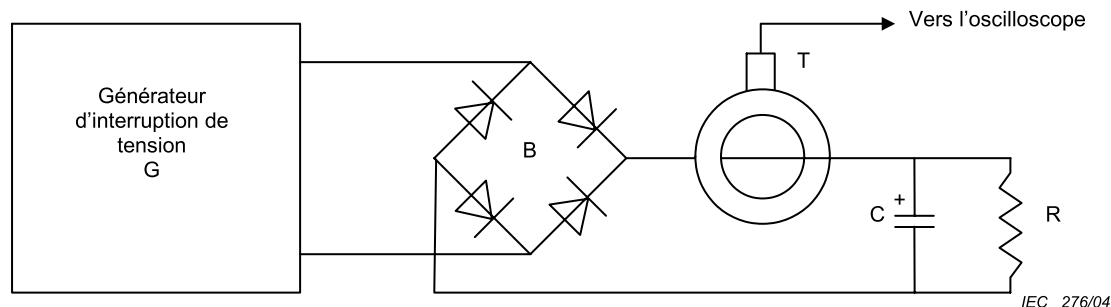
Lorsque la valeur de crête admissible du courant d'appel du générateur satisfait aux conditions requises (par exemple au moins 500 A pour un réseau à 220 V – 240 V), il n'est pas nécessaire de mesurer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel de l'EST.

Toutefois, un générateur dont le courant d'appel est inférieur à cette condition peut être utilisé pour l'essai si le courant d'appel requis pour l'EST est inférieur au courant d'appel crête du générateur. Le circuit de la Figure A.2 est un exemple de mesure de la valeur crête du courant d'appel d'un EST pour déterminer si elle est inférieure au courant d'appel crête d'un générateur de faible courant d'appel.

Le circuit utilise un transformateur de courant identique à celui de la Figure A.1. Quatre essais de valeurs crête de courant d'appel sont réalisés:

- l'alimentation est coupée pendant au moins 5 min, puis la valeur crête du courant d'appel est mesurée lorsque l'alimentation est mise en marche à 90°;
- répéter l'étape a) pour 270°;
- l'alimentation est en marche de préférence pendant au moins 1 min, elle est arrêtée pendant 5 s, puis la valeur crête du courant d'appel est mesurée lorsque l'alimentation est remise en marche à 90°;
- répéter l'étape c) pour 270°.

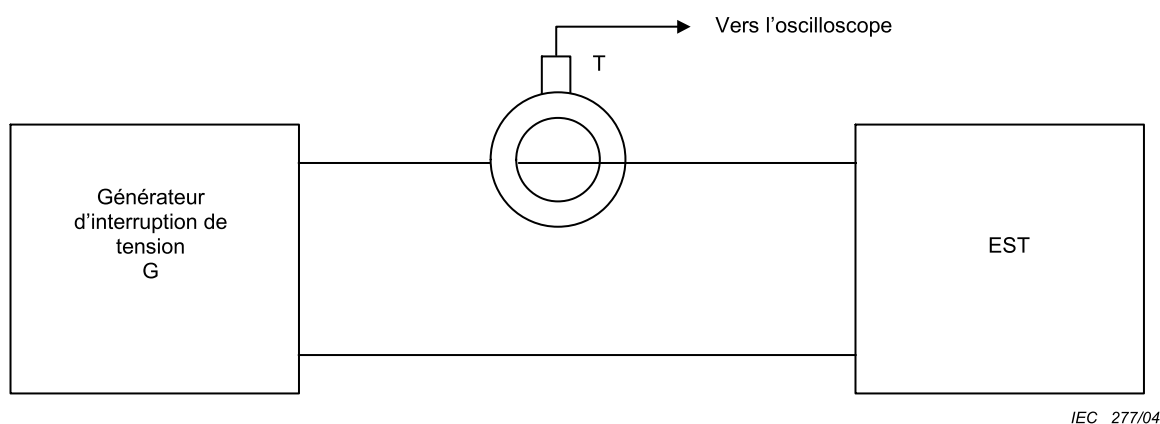
Afin de pouvoir utiliser un générateur de faible courant d'appel pour tester un EST particulier, le courant d'appel mesuré de cet EST doit être inférieur à 70 % du courant d'appel crête mesuré du générateur.



Composants

- G générateur de coupure de tension, qui commute à 90° et 270°
T sonde de courant, avec sortie de contrôle branchée sur un oscilloscope
B redresseur en pont
R résistance de fuite, inférieure à 10 000 Ω ou inférieure à 100 Ω
C condensateur électrolytique de 1 700 $\mu\text{F} \pm 20 \%$

Figure A.1 – Circuit utilisé pour déterminer le courant d'appel crête du générateur de coupures brèves



IEC 277/04

Figure A.2 – Circuit utilisé pour déterminer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel d'un EST

Annexe B (informative)

Classes d'environnement électromagnétique

B.1 Classes d'environnement électromagnétique

Les classes d'environnement électromagnétique définies ci-dessous sont tirées de l'IEC 61000-2-4.

- **Classe 1**

Cette classe s'applique aux alimentations protégées et a des niveaux de compatibilité inférieurs à ceux du réseau public. Elle traite de l'utilisation des matériels très sensibles aux perturbations dans l'alimentation, comme par exemple l'instrumentation de laboratoires technologiques, certains matériels automatisés et de protection, certains ordinateurs, etc.

NOTE Les environnements de la classe 1 incluent généralement des matériels devant être protégés par des appareils tels que des alimentations sans interruption (ASI), des filtres ou des parasurtenseurs.

- **Classe 2**

Cette classe s'applique aux points communs de raccordement au réseau public (PCC pour systèmes client) et aux points communs de raccordement au réseau public en usine (IPC) dans l'environnement industriel en général. Les niveaux de compatibilité dans cette classe étant identiques à ceux des réseaux publics, les composants destinés à des applications dans les réseaux publics peuvent donc être utilisés dans cette classe d'environnement industriel.

- **Classe 3**

Cette classe s'applique uniquement aux IPC en environnement industriel. Ses niveaux de compatibilité sont supérieurs à ceux de la classe 2 pour certains phénomènes de perturbation. Il convient d'utiliser cette classe par exemple dans l'une des conditions suivantes:

- une majeure partie de la charge passe par des convertisseurs;
- présence de machines de soudage;
- des moteurs puissants sont mis en marche fréquemment;
- les charges varient rapidement.

NOTE 1 L'alimentation à des charges fortement perturbantes, comme les fours à arc et les gros convertisseurs qui sont généralement alimentés à partir d'un bus de raccordement compartimenté, présente fréquemment des niveaux de perturbation supérieurs à ceux de la classe 3 (environnement dur). Dans ces cas spéciaux, il convient de définir les niveaux de compatibilité au préalable.

NOTE 2 Il convient de déterminer la classe applicable aux nouvelles usines ou aux extensions d'usines existantes en fonction du type de matériel et de procédé envisagé.

Annexe C (informative)

Instruments d'essai

C.1 Exemples de générateurs et de montages d'essais

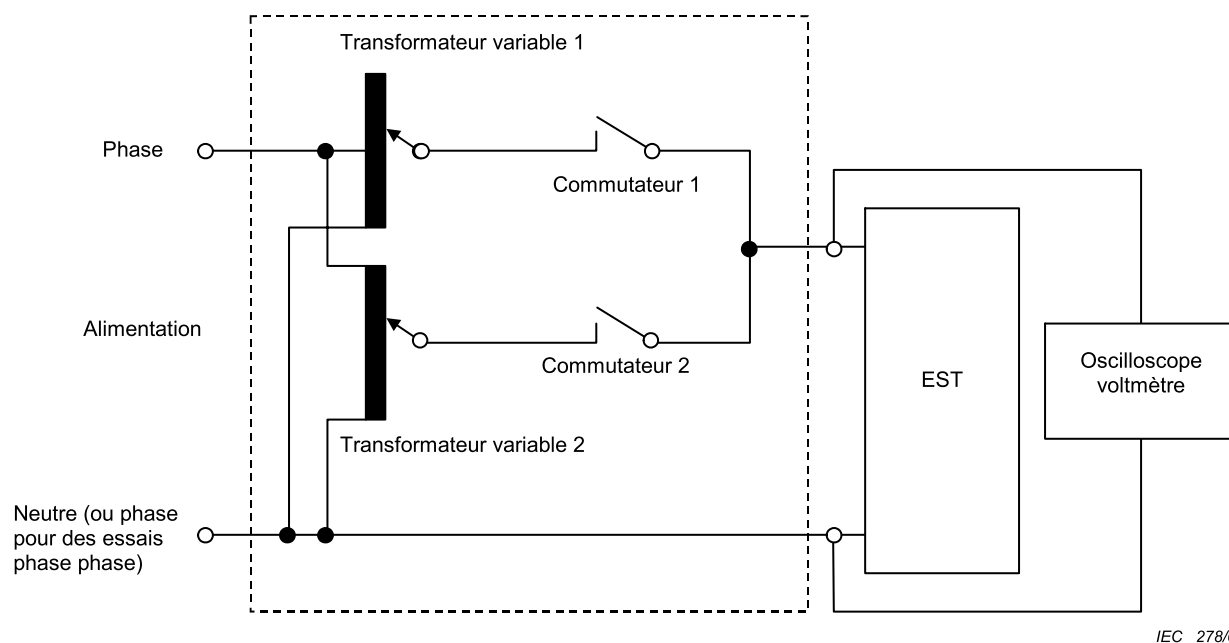
Les Figures C.1a) et C.1b) représentent deux configurations possibles d'essai pour simuler une alimentation réseau. Des coupures et des variations de tension sont simulées à l'aide de deux transformateurs de tensions de sortie variables pour représenter le comportement de l'EST dans certaines conditions.

Des chutes, des hausses et des interruptions de tension sont simulées en fermant alternativement le commutateur 1 et le commutateur 2. Ces deux commutateurs ne sont jamais fermés en même temps et les deux commutateurs peuvent être ouverts en même temps pendant un intervalle de 100 μ s au maximum. Il doit être possible d'ouvrir et de fermer les commutateurs quel que soit l'angle de phase. Des commutateurs à semi-conducteur de type MOSFET et IGBT peuvent satisfaire à ces conditions. Les thyristors et les triacs s'ouvrent lorsque le courant passe par zéro et donc ne satisfont pas à ces conditions.

La tension de sortie des transformateurs variables peut être réglée manuellement ou automatiquement par un moteur. Un autotransformateur équipé de plusieurs prises sélectionnées par un commutateur peut également être utilisé.

Des générateurs de formes d'onde et des amplificateurs de puissance peuvent remplacer les transformateurs variables et les commutateurs (voir Figure C.1b)). Cette configuration permet également de tester les variations de fréquences et les harmoniques de l'EST.

Les générateurs décrits pour les essais monophasés (voir Figures C.1a), C.1b) et C.1c) peuvent aussi être utilisés pour des essais triphasés (voir Figure C.2).



IEC 278/04

Figure C.1a) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide de transformateurs variables et de commutateurs

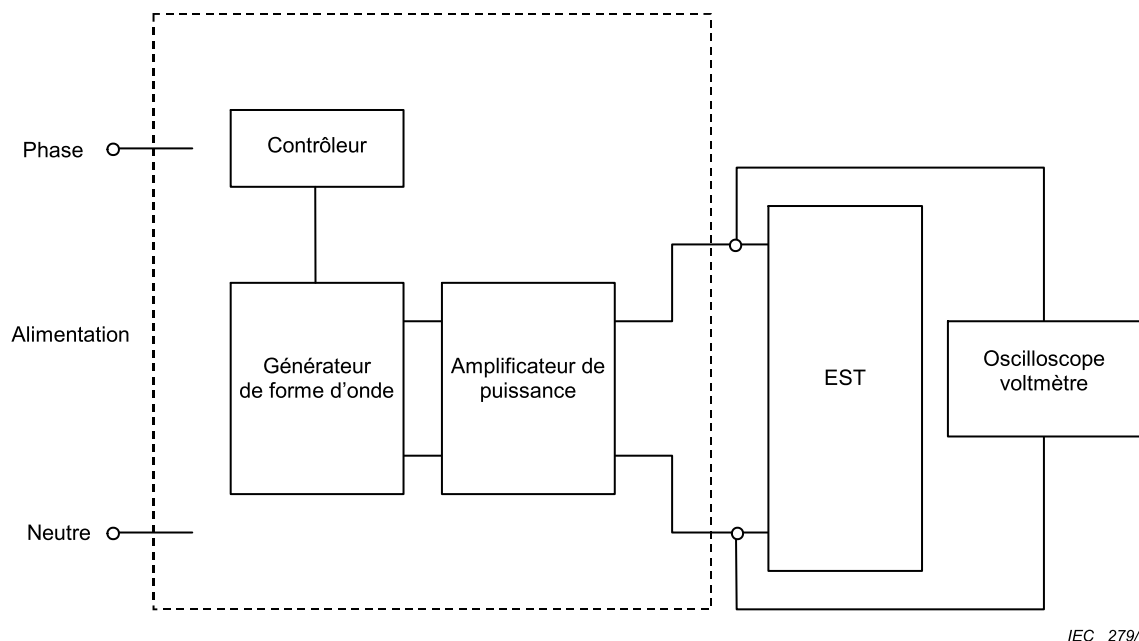


Figure C.1b) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide d'un amplificateur de puissance

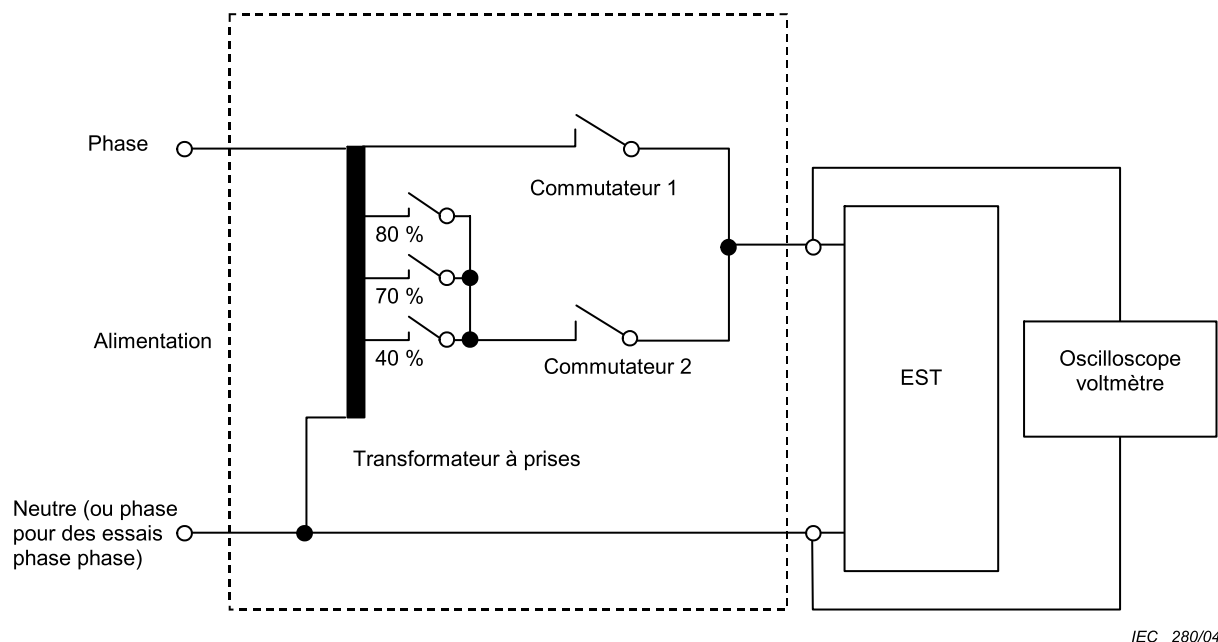


Figure C.1c) – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension à l'aide d'un transformateur à prises et de commutateurs

Figure C.1 – Schémas des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension

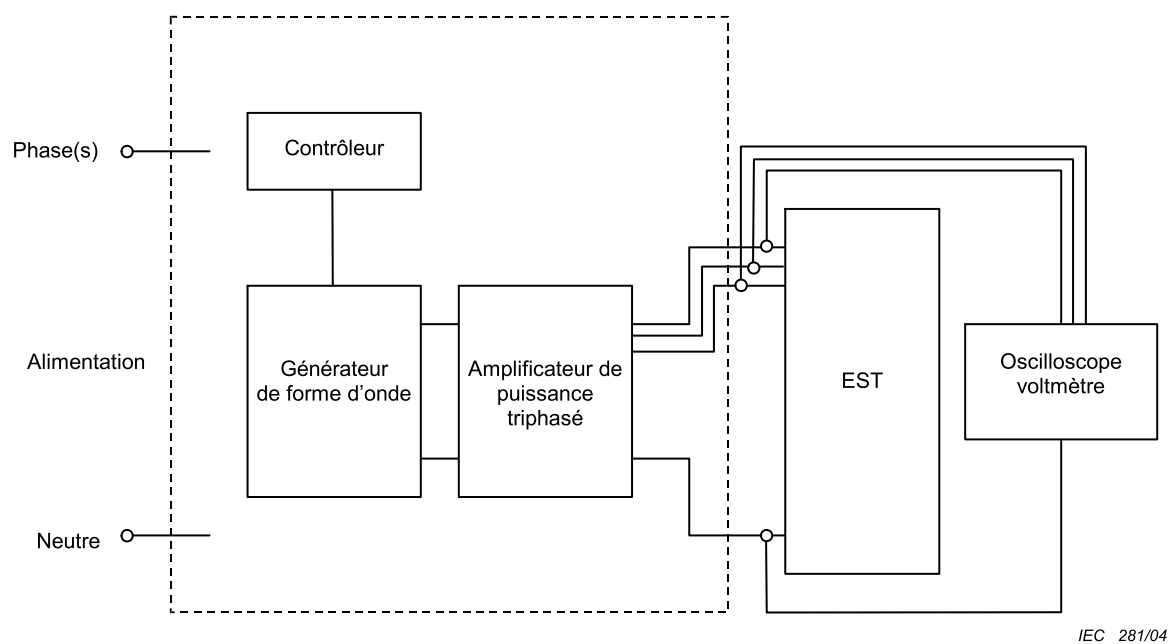


Figure C.2 – Schéma des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension triphasés à l'aide d'un amplificateur de puissance

Annexe D **(informative)**

Justification pour la spécification des générateurs concernant les temps de montée et de descente de tension et les valeurs des courants d'appel

D.1 Concept de publication fondamentale

Les normes fondamentales d'immunité de la série IEC 61000-4-x sont fondées sur le concept qui consiste à définir, dans un document, un système d'essai qui représente spécifiquement un type de perturbation électromagnétique. La description environnementale de la série IEC 61000-2-x (qui inclut aussi les niveaux de compatibilité) ainsi que l'expérience pratique dans l'industrie servent de base pour la définition du simulateur de source de perturbation, des réseaux de couplage et de découplage nécessaires et de la gamme des niveaux d'essai.

Les paramètres donnés dans la publication fondamentale sont toujours des compromis choisis à partir d'un nombre important de données provenant de la source de perturbation. Le compromis est considéré comme correct si, après l'application de l'essai d'immunité, seuls quelques dysfonctionnements se produisent dans la pratique.

Pour que l'essai d'immunité reste le plus facile possible, la sortie du générateur doit être vérifiée en utilisant un montage d'étalonnage et non en lui raccordant l'EST. L'étalonnage est destiné à garantir des résultats d'essai comparables entre différentes marques de générateurs.

D.2 IEC 61000-4-11:1994 (première édition)

Des données tirées du rapport de l'UNIPED ont été utilisées; celles-ci décrivaient le court-circuit à partir de valeurs de chute de tension et de durée de coupure. À cette époque, on ne disposait que de très peu de résultats de mesure montrant de quelle manière les matériels sur la même phase étaient affectés dans les réseaux électriques publics.

L'IEC 61000-4-11:1994 (première édition) a été établie et publiée en 1994 à partir de ces informations. Pour la durée de commutation, une valeur de 1 μ s à 5 μ s a été choisie pour représenter le cas le plus défavorable de court-circuit se produisant à une distance allant jusqu'à 50 m entre la source et le matériel affecté. Par exemple, pour le matériel utilisé dans un laboratoire ou dans une installation industrielle, les risques d'endommagement dus à des creux de tension et à des coupures brèves sont plus élevés dans un rayon de 50 m.

D.3 Justification du besoin de temps de descente rapides

En cas de court-circuit sur la ligne, la tension aux bornes d'entrée du matériel pourrait passer à zéro volt en moins de 5 μ s.

Si le court-circuit provient du réseau public, le temps de descente sera relativement lent, de l'ordre de quelques centaines de microsecondes à quelques millisecondes. Toutefois, si le court-circuit se produit localement dans un bâtiment, par exemple en raison de la défaillance d'un autre matériel installé à proximité immédiate, la tension réseau passer à zéro volt en quelques microsecondes, avec des temps de descente inférieurs à 1 μ s dans certains cas étudiés.

Dans un tel cas, les diodes de redressement d'entrée du matériel vont être commutées du mode passant au mode bloqué avec une tension inverse élevée soudaine provoquée par un temps de montée de tension très rapide. Dans la mesure où ces diodes sont généralement conçues pour la commutation naturelle avec un temps de montée de la tension en

millisecondes, cet événement constitue une contrainte accrue pour les diodes de redressement. Plus généralement, les tensions transitoires rapides peuvent aussi perturber les équipements électroniques, ce qui conduit à l'endommagement du matériel.

Les essais réalisés avec un temps de descente rapide de l'ordre de quelques microsecondes simulant la condition de court-circuit peuvent être utilisés pour les essais de résistance des matériels aux courts-circuits à transitoires rapides de la ligne.

D.4 Interprétation des exigences pour les temps de montée et de descente pendant les essais d'EST

En 2010, une feuille d'interprétation a été publiée pour l'IEC 61000-4-11:2004. Le contenu de cette feuille est le suivant:

- 1) "Dans l'IEC 61000-4-11:2004, le Tableau 4 ne s'applique pas à l'essai sur l'EST (équipement soumis au test). Le Tableau 4 est seulement pour l'étalonnage et la conception du générateur.
- 2) En ce qui concerne le Tableau 1 et le Tableau 2, il n'y a pas d'exigence dans l'IEC 61000-4-11:2004 pour le temps de montée et le temps de descente lorsque l'on essaie l'EST; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de mesurer ces paramètres pendant les essais.
- 3) En ce qui concerne le Tableau 4, toutes les exigences s'appliquent à la conception et à l'étalonnage du générateur. Les exigences du Tableau 4 s'appliquent seulement quand la charge est une résistance non inductive de 100 Ω . Les exigences du Tableau 4 ne s'appliquent pas pendant l'essai de l'EST."

D.5 Principales conclusions

En ce qui concerne le temps de montée et le temps de descente, les principales conclusions sont les suivantes.

- Il est possible, pour les creux de tension rencontrés en pratique, d'avoir des temps de descente d'une rapidité supérieure à 5 μ s dans le cas de courts-circuits se produisant à proximité du matériel. Cependant, pour l'instant, la présente norme ne traite pas des effets des temps de descente de tension inférieur à 1 μ s.
- Le temps de montée dépend de plusieurs facteurs comprenant l'impédance du réseau, le câblage et les matériels branchés en parallèle.
- Les exigences concernant les temps de montée et de descente n'ont pas été modifiées et la norme a été utilisée partout dans le monde depuis sa première publication en 1994, mais, comme indiqué dans la feuille d'interprétation, ces exigences de temps de montée et de descente ne s'appliquent pas pendant les essais d'un EST. Elles s'appliquent seulement pendant l'étalonnage d'un générateur de creux de tension avec une charge résistive de 100 Ω . Ces temps de montée et de descente n'apparaissent pas nécessairement en pratique pendant l'essai de l'EST.
- La plupart des essais d'immunité aux creux de tension et aux coupures brèves commencent et se terminent à 0° ou 180°. Il ressort généralement des recherches publiées qu'ils constituent les angles de phase les plus sévères pour les essais en tension. À noter qu'à 0° et à 180°, la forme d'onde de la tension instantanée est nulle, par conséquent les temps de montée et de descente n'ont aucun sens.
- Des essais de pré-conformité utilisant un générateur de creux de tension avec des temps de montée et de descente plus longs jusqu'à 200 μ s pour des essais de creux de tension et de coupures brèves commençant à 0° ou 180° pourraient être envisagés, dans la mesure où les temps de montée et de descente ne sont pas importants à ces angles-là. Toutefois, la conformité pleine et entière aux méthodes d'essai de la présente norme exige l'utilisation d'un générateur qui, lors d'essais avec une charge résistive de 100 Ω , satisfait à l'exigence de 1 μ s à 5 μ s stipulée en 6.1.2.

D.6 Justification des valeurs des courants d'appel

Un courant d'appel pénètre à l'intérieur d'un matériel lorsque celui-ci est connecté à une ligne d'alimentation. Ce courant d'appel pourrait endommager de manière importante certaines parties du matériel, par exemple un redresseur en entrée à lissage capacitif. Pour empêcher les dommages, des mesures pour la limitation des courants d'appel sont généralement intégrées à l'intérieur du matériel.

Un courant d'appel apparaît aussi au moment du rétablissement de la tension d'alimentation après un creux de tension ou une coupure. Dans un tel cas, il se pourrait que les mesures de limitation du courant d'appel ne soient pas activées à l'intérieur du matériel dont le circuit de précharge est désactivé, ainsi il est possible que le courant d'appel qui suit le creux de tension endommage le matériel.

C'est pour cette raison qu'il est nécessaire que le générateur de creux de tension soit capable de fournir un courant suffisant et que le courant d'appel qui suit le creux de tension ne soit pas limité par le générateur de creux de tension.

Si cette exigence concernant le courant d'appel n'existait pas, le matériel pourrait satisfaire à l'essai d'immunité réalisé avec le générateur de creux de tension mais connaître des défaillances dans la pratique à cause des dommages provoqués par le courant d'appel.

Dans une installation réelle, ce courant d'appel sera limité par l'impédance réseau. Si le court-circuit se situe sur le réseau public, l'impédance réseau correspond à l'impédance de référence de ligne de l'alimentation publique (796 μH selon l'IEC TR 60725), qui est typique des réseaux BT ruraux, et elle limitera le courant d'appel à une valeur comprise entre 15 A et 20 A. Cependant, si le court-circuit se produit à l'intérieur d'un bâtiment, en particulier à l'intérieur d'une installation de grande taille telle qu'une installation industrielle, l'impédance peut être très faible et le courant d'appel très élevé.

Pour que le générateur d'essai dispose des capacités appropriées pour appliquer des contraintes sur le matériel soumis à l'essai, la norme donne des lignes directrices en 6.1.2 pour assurer que la puissance nécessaire au matériel ne dépasse pas 70 % de la capacité du générateur, par exemple 500 A pour les réseaux de 220 V à 240 V.

Bibliographie

IEC 60050(161):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 161 – Compatibilité électromagnétique*

IEC TR 60725, *Etude des impédances de référence et des impédances des réseaux publics d'alimentation aux fins de la détermination des caractéristiques de perturbation des équipements électriques utilisant un courant nominal ≤ 75 A par phase*

IEC 61000-2-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

IEC 61000-4-11:2004/ISH1:2010, *Feuille d'interprétation 1 – Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension¹*

IEC 61000-4-14, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-14: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux fluctuations de tension*

UNIPED, *Characteristics of the Low Voltage Electricity Supply – Group of Experts for Determination of the Characteristics of Usual Distortions of the Voltage Waveform, published in Electricity Supply, 54th Year, No. 92, May 1981 (disponible en anglais seulement)*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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