

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**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 © 2004 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**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

PRICE CODE
CODE PRIX

U

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
Bibliography.....	26
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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1994 and its amendment 1 (2000). 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.

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

FDIS	Report on voting
77A/452/FDIS	77A/455/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

The contents of the interpretation sheet 1 of August 2010 have been included in this copy.

Withdawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-11:2004

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 (r_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 (r_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

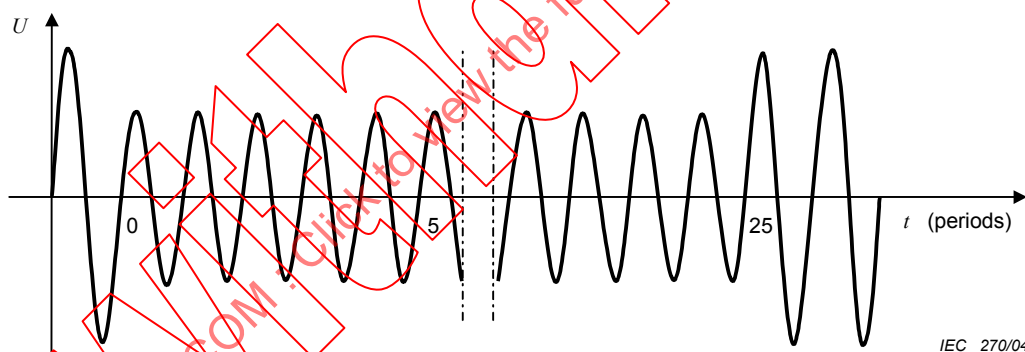
Voltage test level	Time for decreasing voltage (t_d)	Time at reduced voltage (t_s)	Time for increasing voltage (t_i) (50 Hz/60 Hz)
70 %	Abrupt	1 cycle	25/30 ^b cycles
X ^a	X ^a	X ^a	X ^a

^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".

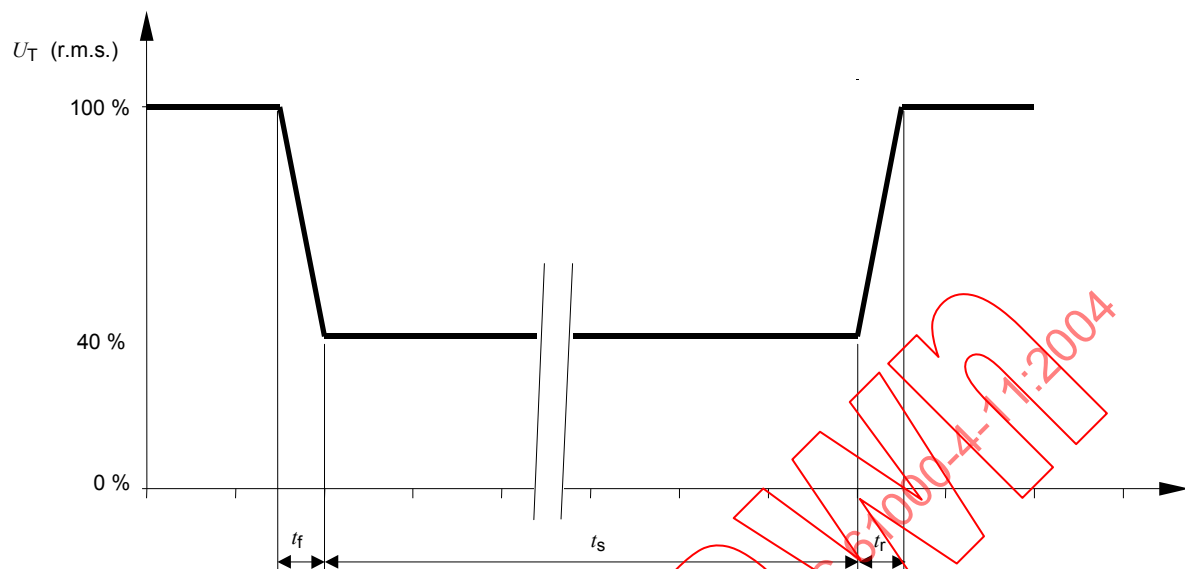
This shape is the typical shape of a motor starting.

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.

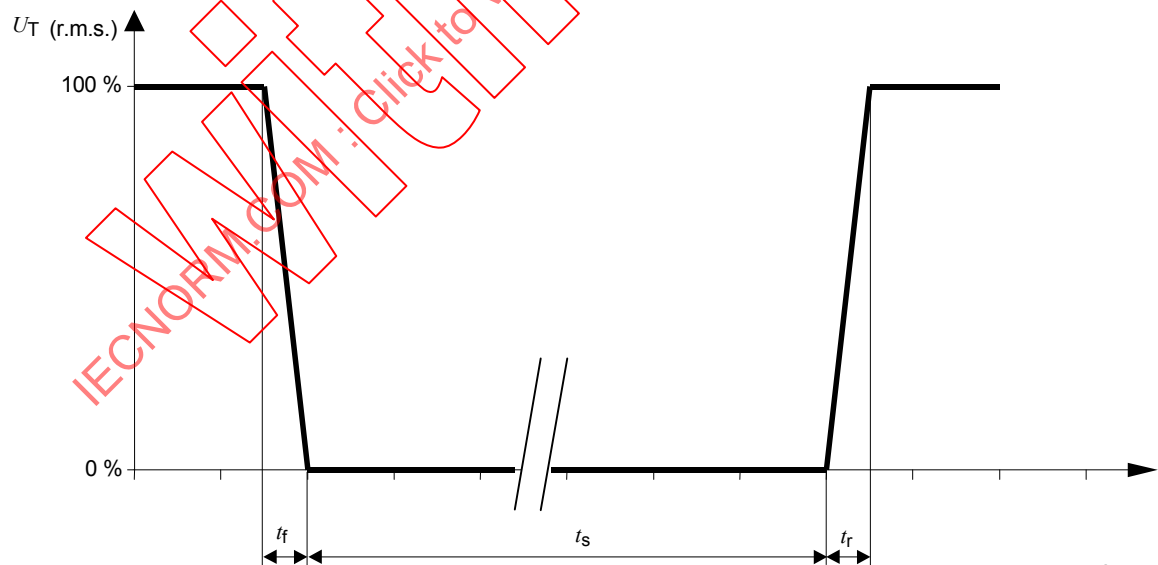


NOTE The voltage decreases to 70 % for 25 periods. Step at zero crossing.

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

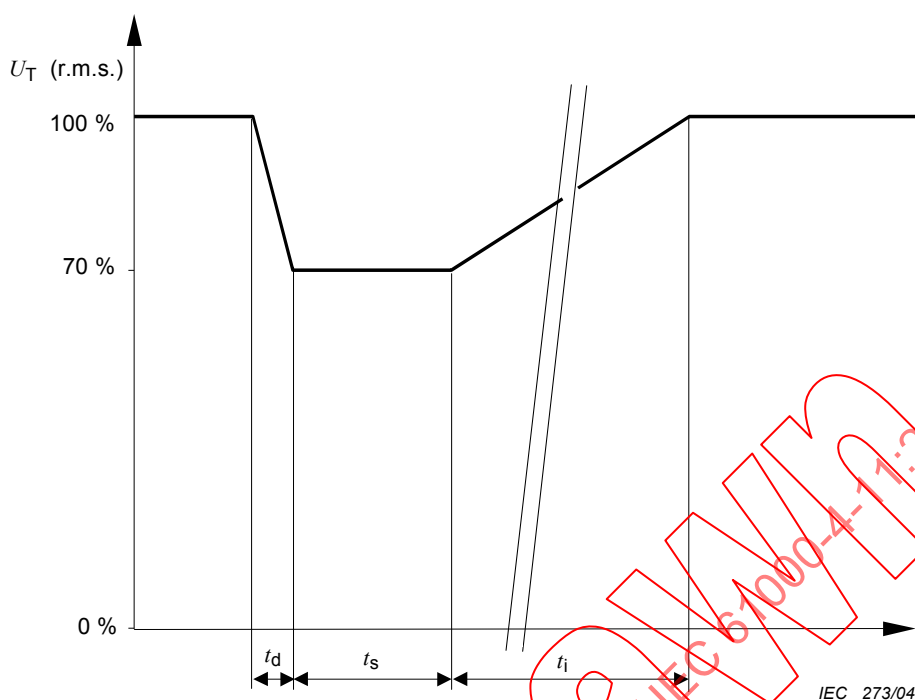


IEC 271/04

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.

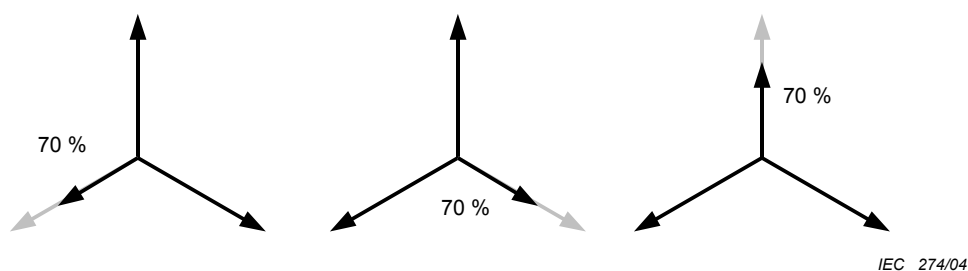
For the voltage dips test of single-phase systems, the voltage shall be tested as per 5.1. This implies one series of tests.

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).

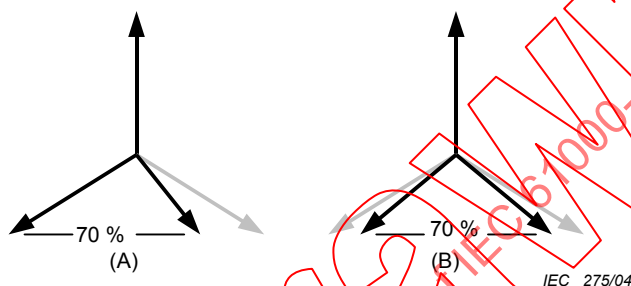
NOTE For three-phase systems, during a dip on a phase-to-phase voltage a change will occur on one or two of the other voltages as well.

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

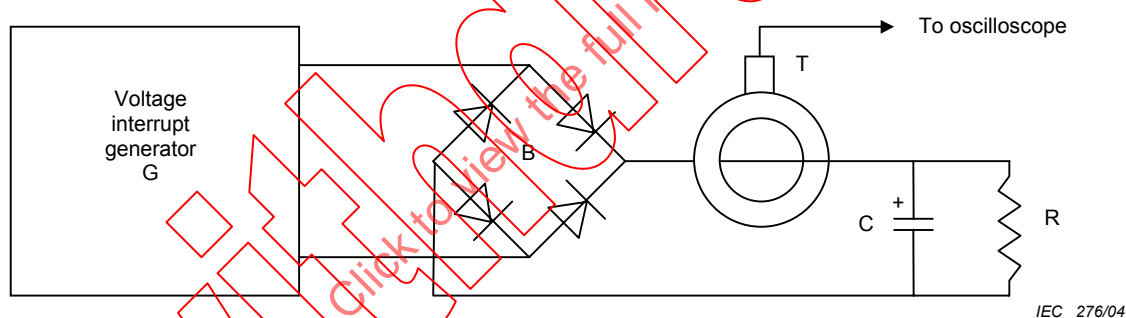
When a generator peak inrush current drive capability meets the specified requirement (e.g., at least 500 A for a 220 V – 240 V mains), it is not necessary to measure the EUT peak inrush current requirement.

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

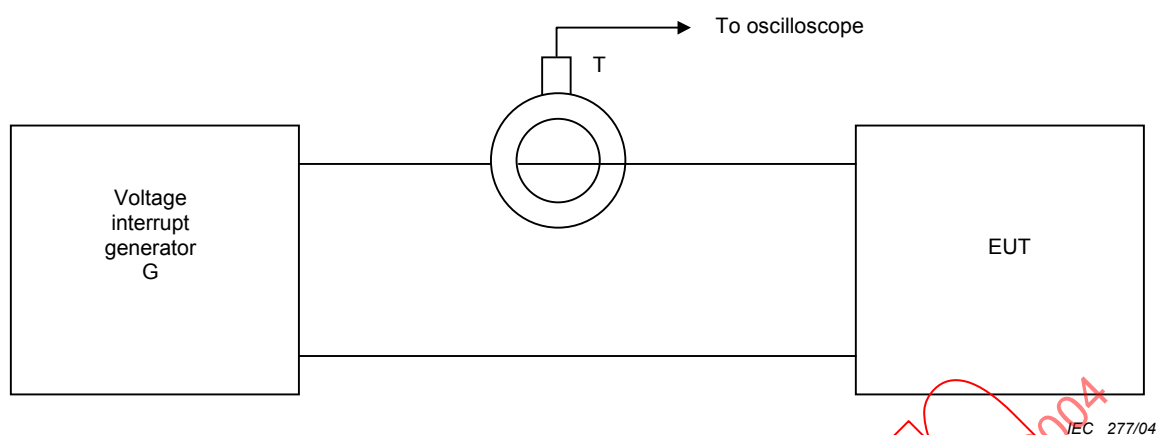


Figure A.2 – Circuit for determining the peak inrush current requirement of an EUT

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).

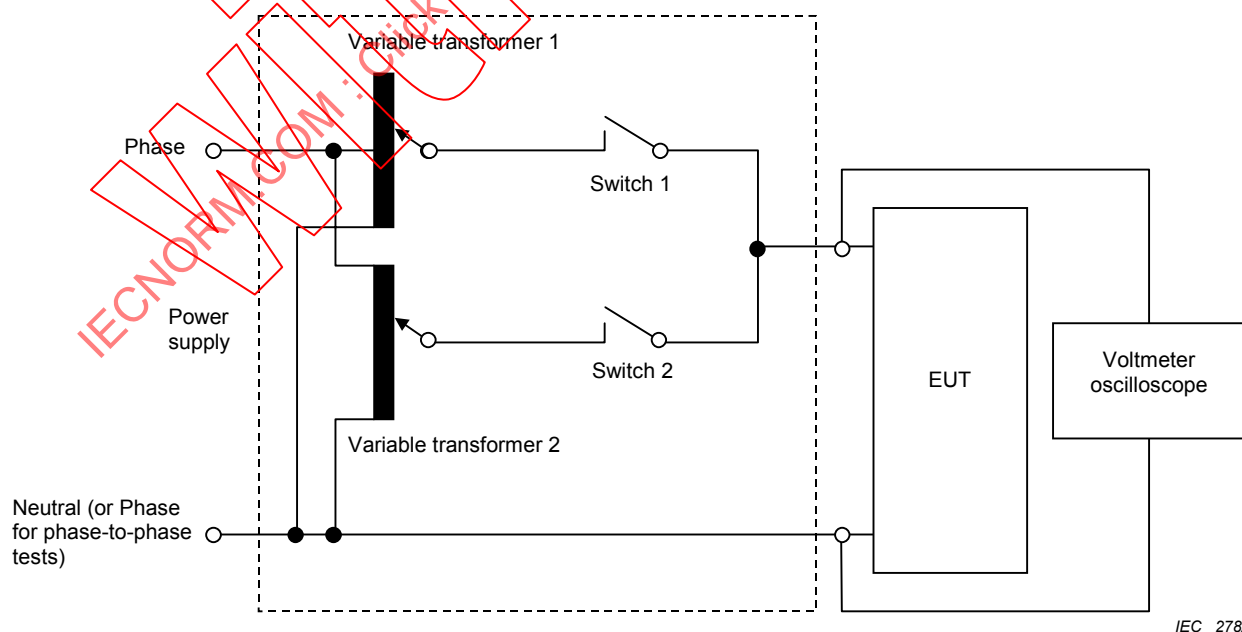


Figure C.1a) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using variable transformers and switches

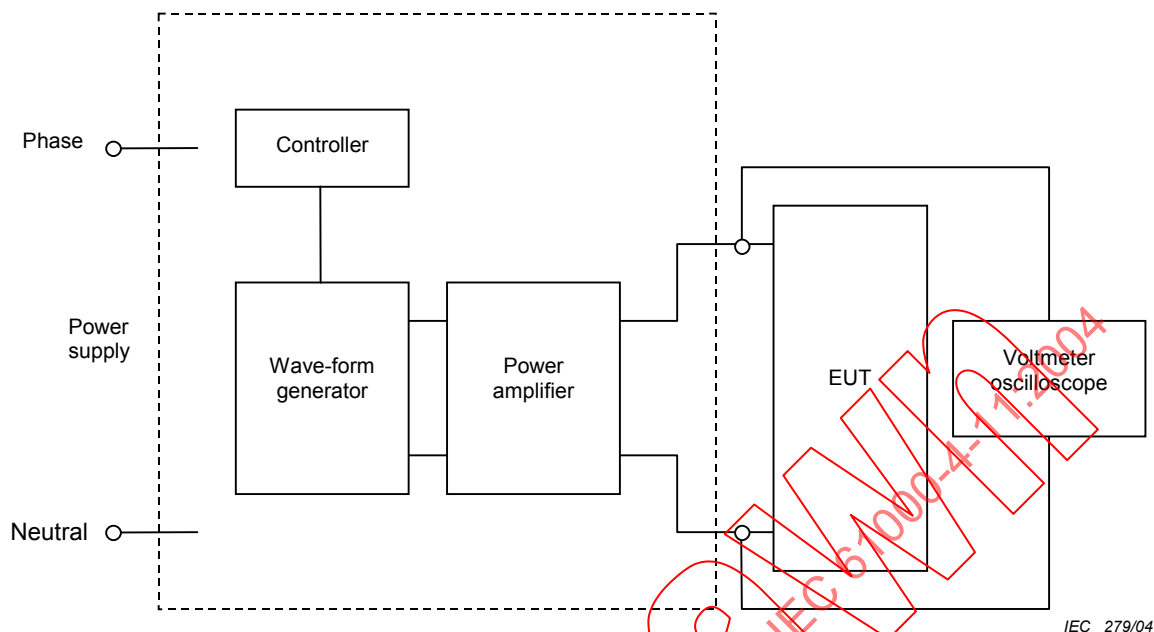


Figure C.1b) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

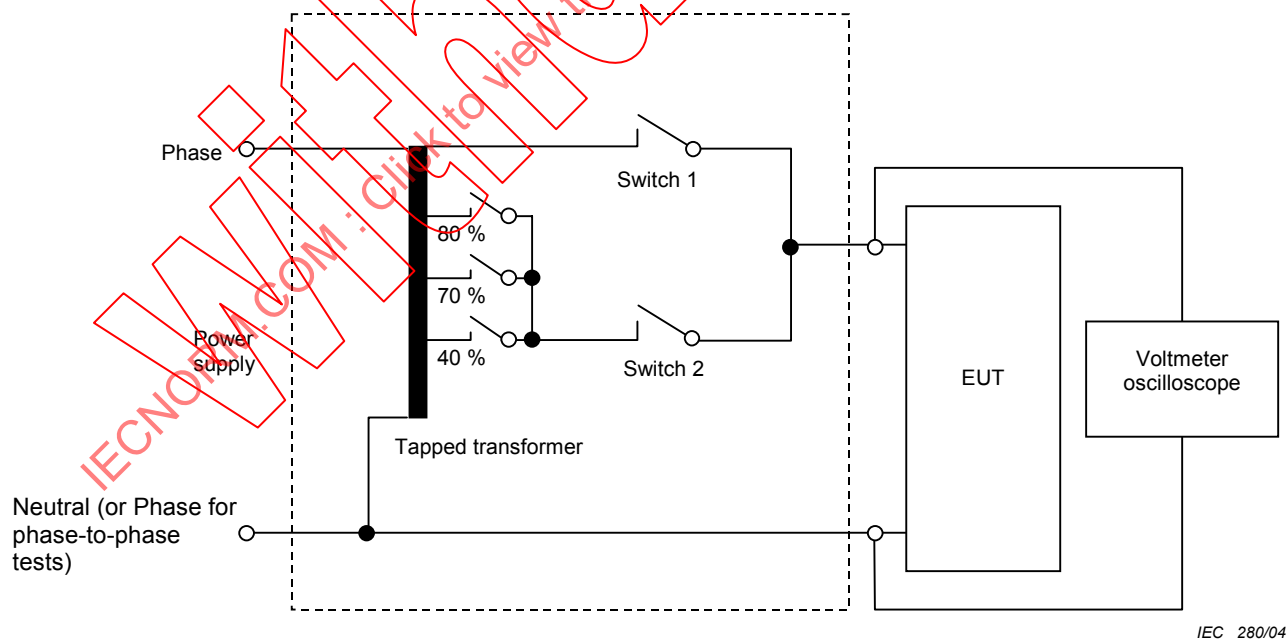


Figure C.1c) – Schematic of test instrumentation for voltage dips, short interruptions and voltage variations using tapped transformer and switches

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

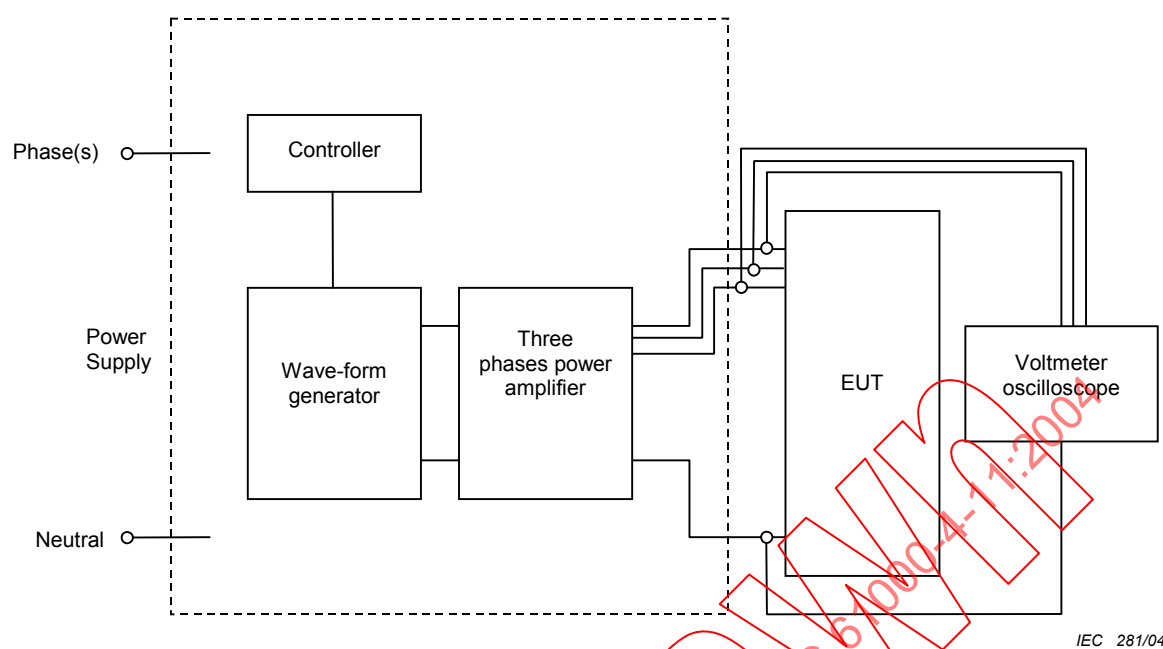


Figure C.2 – Schematic of test instrumentation for three-phase voltage dips, short interruptions and voltage variations using power amplifier

Bibliography

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-11:2004

Withd2Wm

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-11:2004

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	29
INTRODUCTION	31
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	32
4 Généralités	34
5 Niveaux d'essai	34
6 Instruments d'essai	38
7 Montage d'essai	40
8 Procédures d'essai	41
9 Evaluation des résultats d'essai	43
10 Rapport d'essai	44
Annexe A (normative) Détails sur les circuits d'essai	45
Annexe B (informative) Classes d'environnement électromagnétique	48
Annexe C (informative) Instruments d'essai	49
Bibliographie	52
Figure 1 – Creux de tension - Exemples	37
Figure 2 – Coupure brève	37
Figure 3 – Variation de tension	38
Figure 4 – Essai phase neutre et phase phase des systèmes triphasés	43
Figure A.1 – Circuit utilisé pour déterminer le courant d'appel crête du générateur de coupures brèves	46
Figure A.2 – Circuit utilisé pour déterminer les conditions requises sur la valeur crête du courant d'appel d'un EST	47
Figure C.1 – Schémas des instruments d'essai pour les creux de tension, les coupures brèves et les variations de tension	50
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	51
Tableau 1 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les creux de tension	35
Tableau 2 – Durées et niveaux d'essai préférés pour les coupures brèves	35
Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme	36
Tableau 4 – Spécifications du générateur	39

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 (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1994 et son amendement 1 (2000). Cette deuxième édition 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 la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77A/452/FDIS	77A/455/RVD

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

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

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

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

Le contenu de la feuille d'interprétation 1 d'août 2010 a été pris en considération dans cet exemplaire.

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-11:2004

INTRODUCTION

La CEI 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 la CEI 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 CEI 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 la CEI 61000-4-14.

La méthode d'essai décrite dans la présente partie de la CEI 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 la CEI, ce document est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produit de la CEI. Comme également mentionné dans le Guide 107, les comités de produit de la CEI 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).

CEI 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 la CEI.

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 la CEI 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;
- la CEI 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 la CEI 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 la CEI 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 la CEI 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.

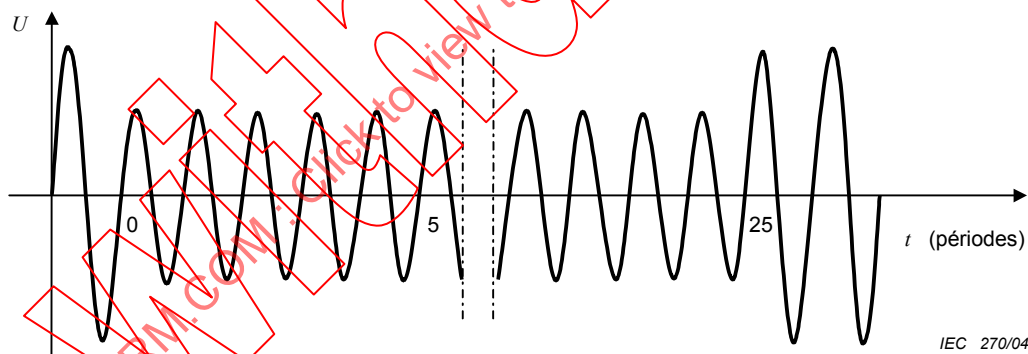
Tableau 3 – Durée des variations de tension d'alimentation à court terme

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".

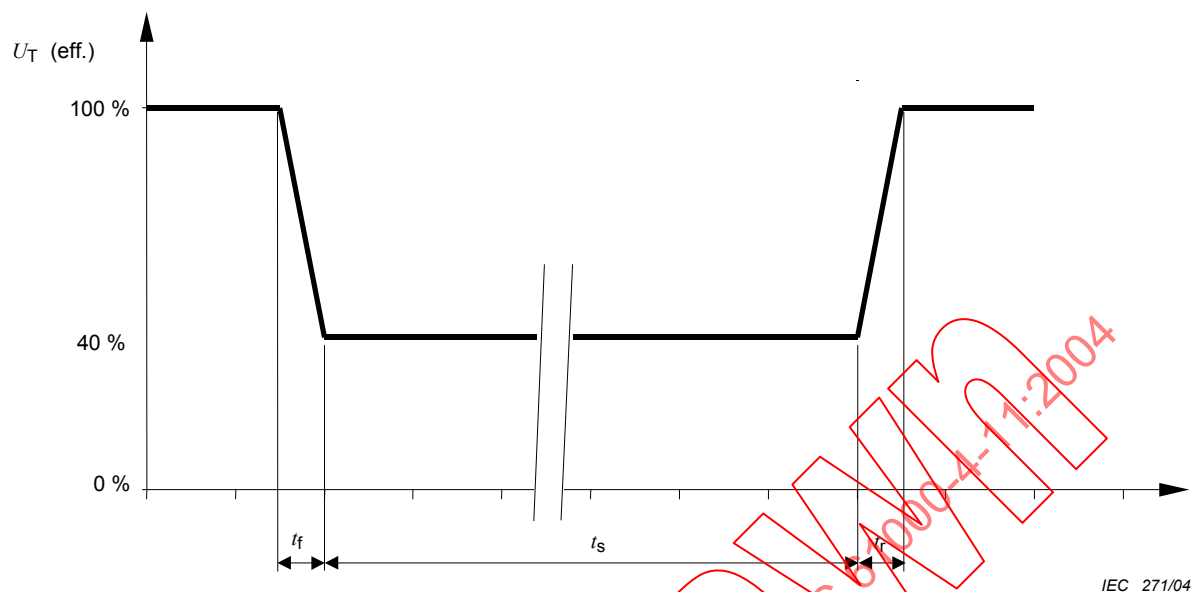
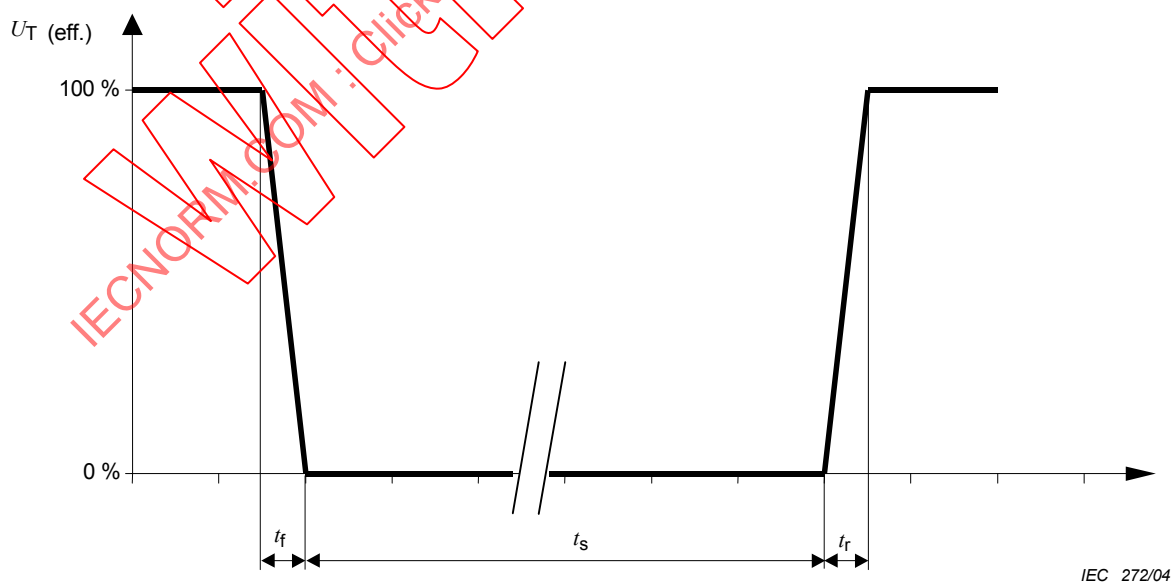
Il s'agit de la forme typique du démarrage d'un moteur.

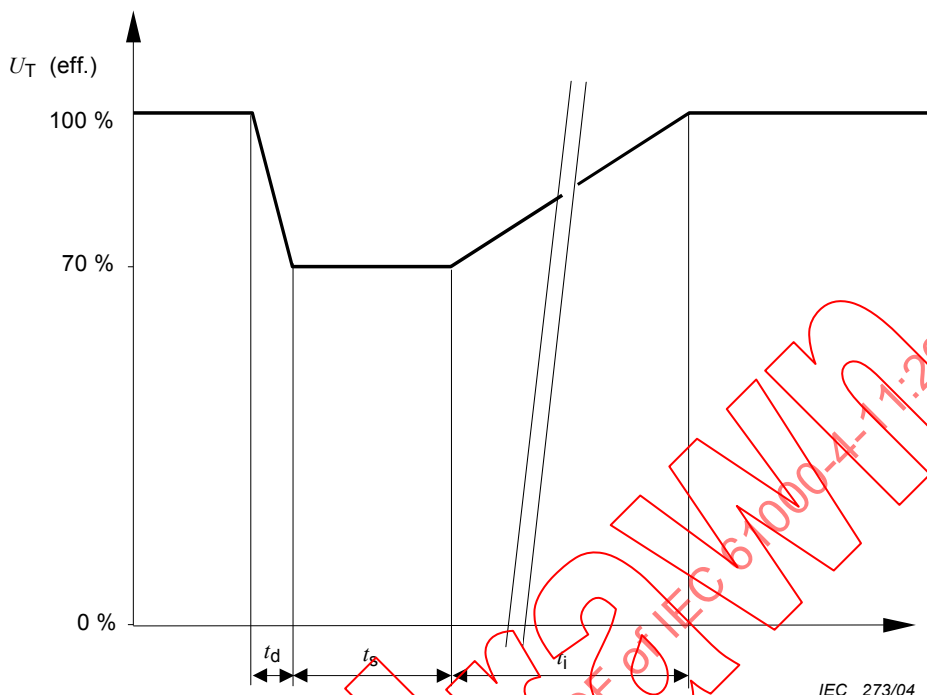
La Figure 3 représente la tension efficace en fonction du temps. D'autres valeurs peuvent être considérées dans des cas justifiés et doivent être spécifiées par le comité de produits.



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 μF 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.