

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency,  
immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –  
Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation de  
la fréquence d'alimentation pour des matériels avec un courant appelé  
n'excédant pas 16 A par phase**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61000-4-28

Edition 1.2 2009-04

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION  
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency,  
immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –  
Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation  
de la fréquence d'alimentation pour des matériels avec un courant appelé  
n'excédant pas 16 A par phase**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX



ICS 33.100.20

ISBN 2-8318-1034-8

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 General.....	7
4 Definitions.....	7
5 Test levels.....	7
6 Test equipment.....	8
6.1 Test generators: characteristics and performances.....	8
6.2 Verification of the characteristics.....	9
7 Test set-up.....	10
8 Test procedure.....	10
8.1 Climatic conditions.....	10
8.2 Execution of the test.....	10
9 Evaluation of test results.....	11
10 Test report.....	11
Annex A (informative) Sources and effects of variation of the power frequency.....	14
Annex B (informative) Electromagnetic environment classes.....	15
Figure 1 – Frequency variation sequence.....	12
Figure 2 – Example of transitional period $t_p$ .....	12
Figure 3 – Schema of test instrumentation with power amplifier.....	13
Figure 4 – Example of test generator verification load.....	9
Table 1 – Test levels for frequency variations.....	8
Table 2 – Characteristics of the generator.....	8

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

#### **Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency, immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase**

### 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 61000-4-28 has been prepared by subcommittee 77A: Low-frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard forms part 4-28 of the IEC 61000 series. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This consolidated version of IEC 61000-4-28 consists of the first edition (1999) [77A/287/FDIS and 77A/299/RVD], its amendment 1 (2001) [77B/291+293/FDIS and 77B/298+300/RVD] and its amendment 2 (2009) [77A/673/FDIS and 77A/676/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

Annexes A and B are for information only.

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

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

## 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 Standard, 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 completed by a second number identifying the subdivision.

## ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

### Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency, immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase

#### 1 Scope

This part of IEC 61000 is a basic EMC (electromagnetic compatibility) publication. It considers immunity tests for electric and/or electronic equipment in its electromagnetic environment. Only conducted phenomena are considered, including immunity tests for equipment connected to public and industrial networks.

The object of this part is to establish a reference for evaluating the immunity of electric and electronic equipment when subjected to variations of the power frequency.

This standard applies to electric and/or electronic equipment connected to 50 Hz or 60 Hz distributed network with rated line current up to 16 A per phase.

It does not apply to electric and/or electronic equipment connected to a.c. 400 Hz distribution networks. Tests concerning these networks will be covered by other IEC standards.

In general, electrical and electronic equipment is not susceptible to minor variations of the power frequency. Testing according to this standard should be limited to products which are assessed to be susceptible to power frequency variations by virtue of design, environment or failure consequences.

The immunity test levels required for a specific electromagnetic environment together with the performance criteria are indicated in the product, product family or generic standards as applicable.

#### 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 60050(161), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161 Electromagnetic compatibility*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

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

### 3 General

The purpose of the test is to investigate effects of power frequency variations on equipment which may be sensitive to this disturbance. The effects are generally instantaneous.

Electrical and electronic equipment may be affected by variations of the power frequency.

The frequency of a.c. power derived from public systems is directly related to the rotational speed of the generators, as is the frequency of a.c. power derived from an alternator which is separate from the public network. The frequency depends at any instant on the dynamic balance between the loads and the capacity of the generating plants. Consequently, as this dynamic balance changes, small changes in frequency will occur. The size and duration of these changes depends on the characteristics of the load changes and response of the generating plant to the load changes. Where the supply is derived from an independent inverter, the frequency may be derived from the control circuitry and is then fixed.

The frequency of public systems is, under normal conditions, generally declared by the supplier in terms of a nominal value (50 Hz or 60 Hz) with a small bandwidth within which these changes in frequency will normally be limited. However, in non-interconnected systems (small networks isolated like islands), variations of frequency are likely to be greater and consequently more important.

Frequency variations can affect

- control systems referring to time (measurement errors, loss of synchronization, etc.);
- equipment including passive filter (de-tuned).

### 4 Definitions

For the purposes of this part of IEC 61000, the following definitions and terms apply as well as the definitions of IEC 60050(161).

#### 4.1

##### **immunity**

ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance [IEV 161-01-20]

#### 4.2

##### **malfunction**

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

### 5 Test levels

The test is performed at nominal mains voltage.

The equipment under test (EUT) is initially in operation at a mains frequency  $f_1$  and is then subjected to frequency variation sequence according to figure 1.

$\Delta f/f_1$  is specified as a percentage of nominal frequency  $f_1$ .

Test values are specified in table 1.

**Table 1 – Test levels for frequency variations**

Test levels	Frequency variation ( $\Delta f/f_1$ )	Transitional period $t_p$
Level 1	No test required	No test required
Level 2	$\pm 3$ %	10 s
Level 3	+4 % –6 %	10 s
Level 4	$\pm 15$ %	1 s
Level X	Open	Open

During the transitional period,  $t_p$ , (figure 2), the maximum change in frequency per cycle shall be less than 0,5 % of  $f_1$ .

Levels 1 and 2 are specified for equipment in relation to class 1 and 2 in IEC 61000-2-4 respectively (see annex B).

Levels 3 and 4 are specified for equipment of which the misoperation is critical for specific application. These two test levels cover the frequency variations 100 % of the week.

Level 3 is specified for interconnected networks and level 4 is specified for non-interconnected networks.

X is an open test level. All of the levels can be proposed by a product committee, however, the value shall not be less than level 2 for equipment connected to public networks

NOTE The upper and the lower frequency operation limits defined by the product manufacturer should not, however, be exceeded.

## 6 Test equipment

### 6.1 Test generators: characteristics and performances

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

**Table 2 – Characteristics of the generator**

Output voltage accuracy	$\pm 2$ %
Output voltage and current capability	The generator shall be able to supply enough voltage and current according to the type of EUT
Phase accuracy for each phase	$2^\circ$ (0,5 % of $360^\circ$ )
Frequency accuracy	0,3 % of $f_1$ (50 Hz or 60 Hz)
Frequency capability range	$f_1 \pm 20$ %
Test duration accuracy	$\pm 10$ %

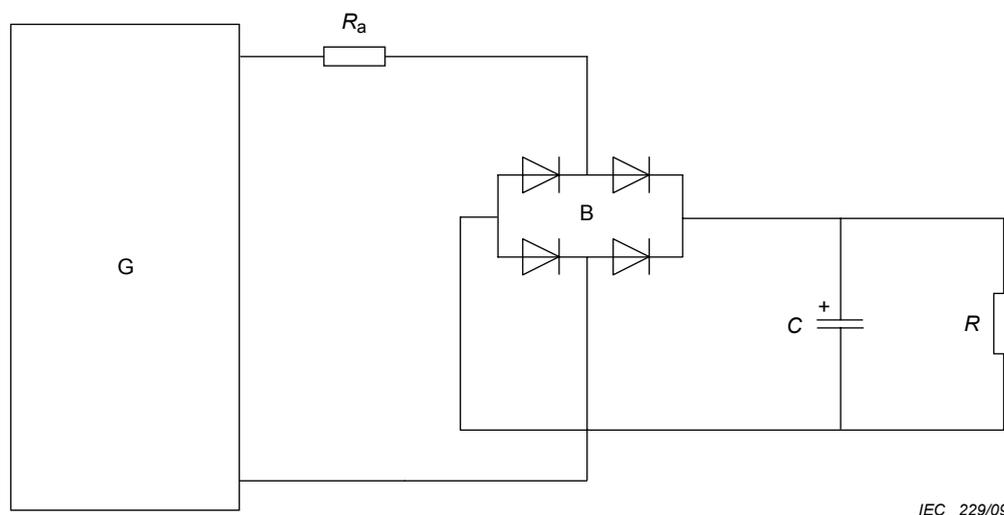
## 6.2 Verification of the characteristics

It is recognized that there is a wide range of EUTs, and that consequently test generators with different output power capabilities may be utilized, as required by particular tests.

It shall be verified that the test generator meets the characteristics and performance specifications as listed in Table 2.

Performance of the test generator shall be verified with a resistive load drawing an r.m.s. current of no more than the output capability of the generator. For example, a 230V/16A generator shall be verified with a 14,3  $\Omega$  load.

In addition, the generator's output current capability shall be verified as being able to provide a crest factor of at least 3 when  $U_N$  is applied to a single phase load drawing an rms current of no more than the output capability of the generator. Each output phase of the generator shall be verified in turn. An example of a 230 V/16 A verification load is given in Figure 4.



### Components

G	Test generator
B	Bridge rectifier
C	11 000 $\mu$ F $\pm$ 20 % electrolytic capacitor
R	61 $\Omega$ $\pm$ 1 % resistor
$R_a$	Additional resistor

NOTE  $R_a$  is selected so that the total series resistance (sum of the additional resistor  $R_a$ , the wiring resistance  $R_{wire}$ , the internal resistance of two conducting diodes  $R_{diodes}$  and the internal resistance of the capacitor  $R_c$ ) is 92 m $\Omega$  ( $\pm$ 10 %).

**Figure 4 – Example of test generator verification load**

## 7 Test set-up

Figure 3 shows the test configuration for mains supply simulation.

Waveform generators and power amplifiers are used.

Tests on the three-phase EUT are accomplished by using generators with synchronization between each phase.

## 8 Test procedure

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

It is recommended that the test plan shall identify the following:

- 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;
- 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 the test, a representative functional check shall be performed.

### 8.1 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.

### 8.2 Execution of the test

The EUT shall be tested using the appropriate test level. Each test shall be performed three times according to figure 2. Each representative mode of operation shall be tested.

For the three-phase system, all three phases shall be tested simultaneously. The frequency variation is applied simultaneously on the three phases.

## 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:

- a) normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- b) 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;
- c) temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;
- d) 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.

## 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 of this standard;
- identification of the EUT and any associated equipment, for example, brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, for example, 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.

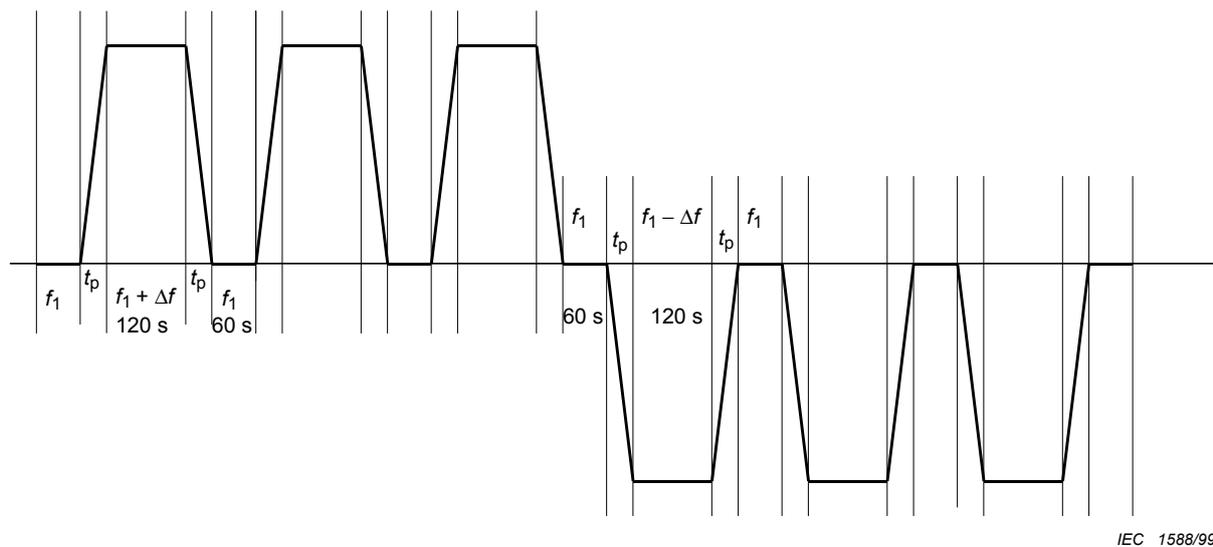


Figure 1 – Frequency variation sequence

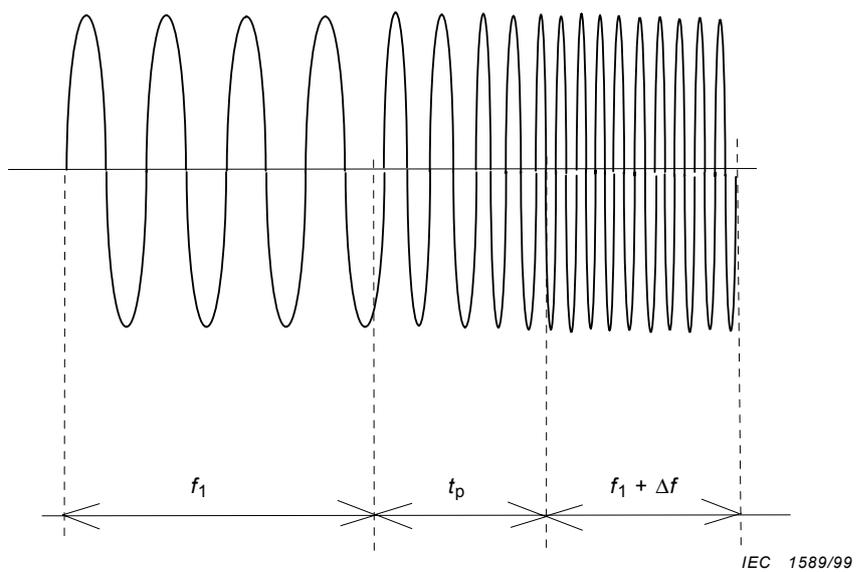
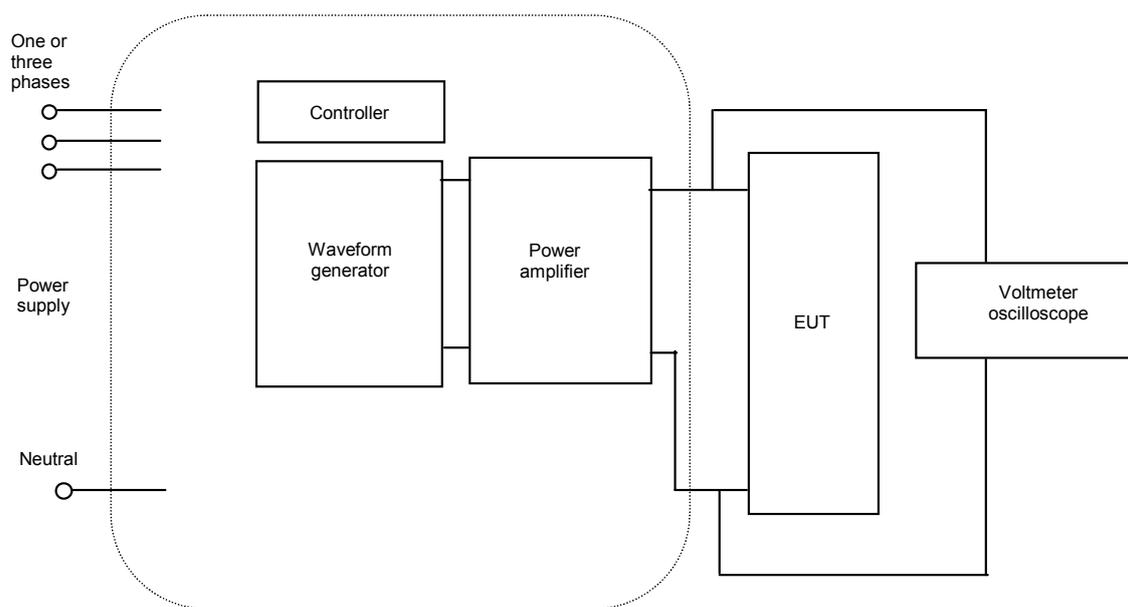


Figure 2 – Example of transitional period  $t_p$



IEC 1590/99

**Figure 3 – Schema of test instrumentation with power amplifier**

## **Annex A** (informative)

### **Sources and effects of variation of the power frequency**

#### **A.1 Sources**

In public supply systems, there is normally an excess of capacity over load demand in order to maintain frequency changes within the declared bandwidth. However, rare fault conditions may arise under which, for example, a large block of load or generation is disconnected with a resultant change in frequency outside the normal tolerance band. In such cases, some of the load or generation will be automatically or manually disconnected to restore the balance as far as possible.

Rotating loads which are not speed-controlled usually take less power at a lower frequency so that loss of generation may to some extent be compensated by lower demand.

#### **A.2 Effects**

Within the normal tolerances encountered, the main effect of a change in power frequency is on the speed of rotation machines. Hence, mains electrical clocks will lose or gain time and other motors will deliver more or less power, the change depending on the speed/torque relationship of the load. Power frequency variation may have a de-tuning effect on harmonic filters.

Any electronic equipment using the power supply frequency as a time reference will also be affected.

## **Annex B** (informative)

### **Electromagnetic environment classes**

The following classes of electromagnetic environment classes have been summarized 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 which is 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 suppressors.

#### **Class 2**

This class applies to points of common coupling (PCCs for consumer systems) and in-plant points of common coupling (IPCs) 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 IPCs 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 busbar, 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.

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	17
INTRODUCTION .....	19
1 Domaine d'application .....	20
2 Références normatives .....	20
3 Généralités .....	21
4 Définitions .....	21
5 Niveaux d'essai .....	21
6 Matériels d'essai .....	22
6.1 Générateurs d'essai: caractéristiques et performances .....	22
6.2 Vérification des caractéristiques .....	23
7 Installation d'essai .....	24
8 Procédure d'essai .....	24
8.1 Conditions climatiques .....	24
8.2 Exécution de l'essai .....	24
9 Evaluation des résultats d'essai .....	25
10 Rapport d'essai .....	25
Annexe A (informative) Sources et effets des variations de la fréquence d'alimentation .....	28
Annexe B (informative) Classes d'environnement électromagnétique .....	29
Figure 1 – Séquence de variations de fréquence .....	26
Figure 2 – Exemple de durée transitoire $t_p$ .....	26
Figure 3 – Schéma de l'instrumentation d'essai avec un amplificateur de puissance .....	27
Figure 4 – Exemple d'une charge adéquate pour la vérification du générateur d'essai .....	23
Tableau 1 – Niveaux d'essai pour les variations de fréquence .....	22
Tableau 2 – Caractéristiques du générateur .....	22

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

#### **Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation de la fréquence d'alimentation pour des matériels avec un courant appelé n'excédant pas 16 A par phase**

#### 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 61000-4-28 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Cette norme constitue la partie 4-28 de la série CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

La présente version consolidée de la CEI 61000-4-28 comprend la première édition (1999) [documents 77A/287/FDIS et 77A/299/RVD], son amendement 1 (2001) [documents 77B/291+293/FDIS et 77B/298+300/RVD] et son amendement 2 (2009) [documents 77A/673/FDIS et 77A/676/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendement 1 et 2.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

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

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

## 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'émission  
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: Guide d'installation et d'atténuation**

Guide 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.

## COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

### Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation de la fréquence d'alimentation pour des matériels avec un courant appelé n'excédant pas 16 A par phase

#### 1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 61000 est une publication fondamentale en compatibilité électromagnétique (CEM). Elle a trait aux essais d'immunité des matériels électriques et/ou électroniques dans leur environnement électromagnétique. On ne prend en compte que les phénomènes conduits, notamment les essais d'immunité des matériels raccordés aux réseaux de distribution publics ou industriels.

L'objet de cette partie est de définir une référence pour évaluer l'immunité des matériels électriques et électroniques lorsque ceux-ci sont soumis à des variations de la fréquence de l'alimentation.

Cette norme s'applique aux matériels électriques et/ou électroniques, raccordés à un réseau de distribution à 50 Hz ou 60 Hz, ayant un courant assigné limité à 16 A par phase.

Elle ne s'applique pas aux matériels électriques et/ou électroniques raccordés à des réseaux de distribution en courant alternatif à 400 Hz. Les essais relatifs à ces réseaux seront pris en compte par d'autres normes CEI.

En général, les matériels électriques et électroniques ne sont pas sensibles à de faibles variations de fréquence. Il convient que les essais selon cette norme soient limités aux produits que l'on estime sensibles aux variations de fréquence du fait de leur conception, de l'environnement ou des conséquences provenant d'une défaillance.

Le niveau des essais d'immunité correspondant à des environnements électromagnétiques spécifiques ainsi que les critères de performance sont indiqués dans les normes de produits, familles de produits ou dans les normes génériques.

#### 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 60050(161), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

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

### 3 Généralités

L'objectif de ces essais est d'étudier les effets des variations de fréquence d'alimentation sur des matériels qui pourraient être sensibles à ces perturbations. Les effets sont en général des effets instantanés.

Les matériels électriques et électroniques peuvent être affectés par des variations de la fréquence d'alimentation.

La fréquence du courant alternatif provenant des réseaux publics est directement liée à la vitesse de rotation des générateurs, tout comme l'alimentation alternative provenant d'un alternateur séparé du réseau public. La fréquence dépend à tout instant de l'équilibre dynamique entre les charges et la capacité des centrales électriques. Par conséquent, lorsque cet équilibre dynamique varie, de légères variations de la fréquence peuvent se produire. L'importance et la durée de ces variations dépend des caractéristiques de variation de ces charges et de la réponse des groupes de production à ces variations. Lorsque l'alimentation provient d'un onduleur indépendant, la fréquence peut être définie par le circuit de commande; elle est donc fixe.

La fréquence des réseaux publics est, dans des conditions normales, définie par le distributeur à l'aide de sa valeur nominale (50 Hz ou 60 Hz), avec une bande de variation réduite dans laquelle les variations de fréquence seront en général cantonnées. Toutefois, pour des réseaux sans interconnexion (petits réseaux isolés comme des îles), les variations de fréquence peuvent être plus importantes et, par suite, avoir des conséquences plus importantes.

Les variations de fréquence peuvent avoir des effets sur

- les systèmes de commande ayant une référence temporelle (erreurs de mesure, perte de synchronisation etc.);
- les matériels comportant des filtres passifs (perte de l'accord).

### 4 Définitions

Pour les besoins de cette partie de la CEI 61000, les définitions et les termes suivants s'appliquent, ainsi que les définitions de la CEI 60050(161).

#### 4.1

##### **immunité**

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]

#### 4.2

##### **défaut de fonctionnement**

fin de la possibilité pour un matériel d'exécuter les fonctions pour lesquelles il est prévu ou exécution par le matériel de fonctions imprévues

### 5 Niveaux d'essai

L'essai est réalisé à la tension nominale du réseau.

L'équipement soumis à l'essai (EST) est initialement en fonctionnement à une fréquence réseau  $f_1$ , puis il est soumis à une séquence de variations de fréquence conformément à la figure 1.

$\Delta f/f_1$  est défini comme un pourcentage de la fréquence nominale  $f_1$ .

Les valeurs utilisées pour les essais sont spécifiées dans le tableau 1.

**Tableau 1 – Niveaux d’essai pour les variations de fréquence**

Niveaux d’essai	Variation de fréquence ( $\Delta f/f_1$ )	Durée transitoire $t_p$
Niveau 1	Aucun essai exigé	Aucun essai exigé
Niveau 2	$\pm 3 \%$	10 s
Niveau 3	+4 % -6 %	10 s
Niveau 4	$\pm 15 \%$	1 s
Niveau X	Libre	Libre

Durant la durée transitoire,  $t_p$ , (voir figure 2), le changement maximal de fréquence par période doit être inférieur à 0,5 % de  $f_1$ .

Les niveaux 1 et 2 sont spécifiés pour des matériels correspondant respectivement aux classes 1 et 2 de la CEI 61000-2-4 (voir annexe B).

Les niveaux 3 et 4 sont spécifiés pour des matériels dont le mauvais fonctionnement est critique pour une application spécifique. Ces deux niveaux d’essai correspondent aux variations de fréquence pendant 100 % de la semaine.

Le niveau 3 est spécifié pour les réseaux interconnectés et le niveau 4 est spécifié pour les réseaux non interconnectés.

X est un niveau d’essai ouvert. Tous les niveaux peuvent être proposés par un comité de produit, mais s’agissant des matériels utilisés dans des réseaux d’alimentation publics, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles spécifiées pour le niveau 2.

NOTE Il convient que les limites de fonctionnement inférieure et supérieure définies par le constructeur du produit pour la fréquence ne soient toutefois pas dépassées.

## 6 Matériels d’essai

### 6.1 Générateurs d’essai: caractéristiques et performances

Le générateur doit être conçu pour éviter l’émission de perturbations importantes qui pourraient influencer le résultat de l’essai si elles étaient injectées dans le réseau d’alimentation.

**Tableau 2 – Caractéristiques du générateur**

Précision de la tension de sortie	$\pm 2 \%$
Puissance de sortie en courant et en tension	Le générateur doit être capable de fournir une tension et un courant suffisants selon le type d’EST
Précision de phase sur chacune des phases	$2^\circ$ (0,5 % de $360^\circ$ )
Précision de fréquence	0,3 % de $f_1$ (50 Hz ou 60 Hz)
Intervalle de variation de fréquence	$f_1 \pm 20 \%$
Précision des durées d’essai	$\pm 10 \%$

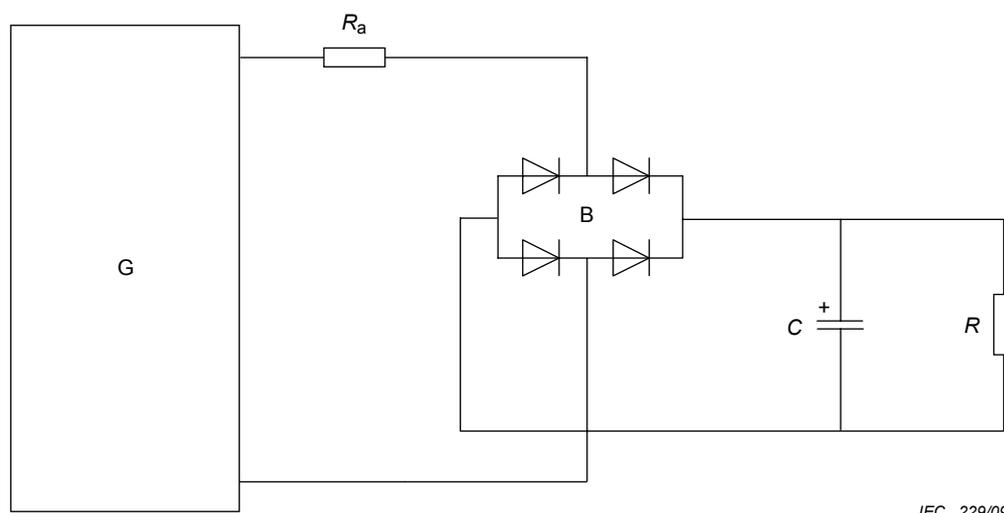
## 6.2 Vérification des caractéristiques

Compte tenu de la grande diversité des EST, des générateurs de différentes caractéristiques de sortie peuvent être utilisés en fonction des besoins.

Il doit être vérifié que le générateur d'essai répond aux caractéristiques et spécifications de performances indiquées dans le Tableau 2.

Les performances du générateur d'essai doivent être vérifiées avec une charge résistive utilisant un courant efficace au plus égal à l'intensité de sortie du générateur. Par exemple, un générateur 230V/16A doit être vérifié avec une charge de 14,3  $\Omega$ .

De plus, il doit être vérifié que l'intensité de sortie du générateur est capable de fournir un facteur de crête au moins égal à 3 lorsqu'on applique  $U_N$  à une charge monophasée utilisant un courant efficace au plus égal à l'intensité de sortie du générateur. Chaque phase du générateur doit être vérifiée à tour de rôle. Un exemple d'une charge 230 V/16 A adéquate pour la vérification est donné en Figure 4.



IEC 229/09

### Composants

- G Générateur d'essai
- B Pont redresseur
- C Condensateur électrolytique 11 000  $\mu\text{F} \pm 20 \%$
- R Résistance de 61  $\Omega \pm 1 \%$
- R<sub>a</sub> Résistance additionnelle

NOTE On doit choisir  $R_a$  pour que la somme totale des résistances (somme de la résistance additionnelle  $R_a$ , la résistance de câblage  $R_{\text{wire}}$ , la résistance interne des deux diodes conductrices  $R_{\text{diodes}}$  et la résistance interne du condensateur  $R_c$ ) soit égale à 92 m $\Omega$  ( $\pm 10 \%$ ).

**Figure 4 – Exemple d'une charge adéquate pour la vérification du générateur d'essai**

## 7 Installation d'essai

La figure 3 représente les configurations d'essai utilisées pour la simulation de l'alimentation.

On utilisera des amplificateurs de puissance et des générateurs de formes d'onde.

Les essais effectués sur les matériels testés en triphasé sont effectués au moyen de générateurs avec synchronisation entre les différentes phases.

## 8 Procédure d'essai

Avant de procéder aux essais, il est nécessaire de préparer un programme d'essai.

Il est souhaitable que le programme d'essai intègre les éléments suivants:

- la désignation du type de l'EST;
- des informations sur les connexions possibles (prises, bornes, etc.), ainsi que les câbles et les périphériques correspondants;
- les bornes d'alimentation du matériel à essayer;
- les modes de fonctionnement représentatifs de l'EST pour l'essai;
- les critères de performances utilisés et définis dans les spécifications techniques;
- la description de l'installation d'essai.

Si les sources réelles de signaux nécessaires au fonctionnement de l'EST ne sont pas disponibles, on pourra les simuler.

Pour chaque essai, on doit enregistrer toute dégradation des performances. Il convient que le système de contrôle soit capable d'afficher l'état du mode opératoire du matériel soumis aux essais et ce, pendant et après les essais. Après l'essai, une vérification fonctionnelle représentative doit être effectuée.

### 8.1 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 est telle qu'elle cause une condensation sur l'EST ou sur les matériels d'essai.

NOTE Lorsqu'il est estimé qu'il y a une évidence suffisante 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.

### 8.2 Exécution de l'essai

L'EST doit être essayé en utilisant le niveau d'essai adéquat. Chaque essai doit être effectué trois fois selon la figure 2. Tous les modes de fonctionnement représentatifs doivent être essayés.

Pour un système triphasé, les trois phases doivent être essayées simultanément. La variation de fréquence est appliquée simultanément sur les trois phases.

## 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 en accord entre le constructeur et l'acheteur du produit. La classification recommandée est comme suit:

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

La spécification du constructeur peut 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 pour les normes génériques, de produit ou 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 lorsque aucune norme générique, de produit ou de famille de produits appropriée n'existe.

## 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 de la présente norme;
- l'identification de l'EST et de tous les matériels associés, par exemple marque, type, numéro de série;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type, numéro de série;
- toutes les conditions d'environnement spéciales dans lesquelles l'essai a été réalisé, par exemple enceinte 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, 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.

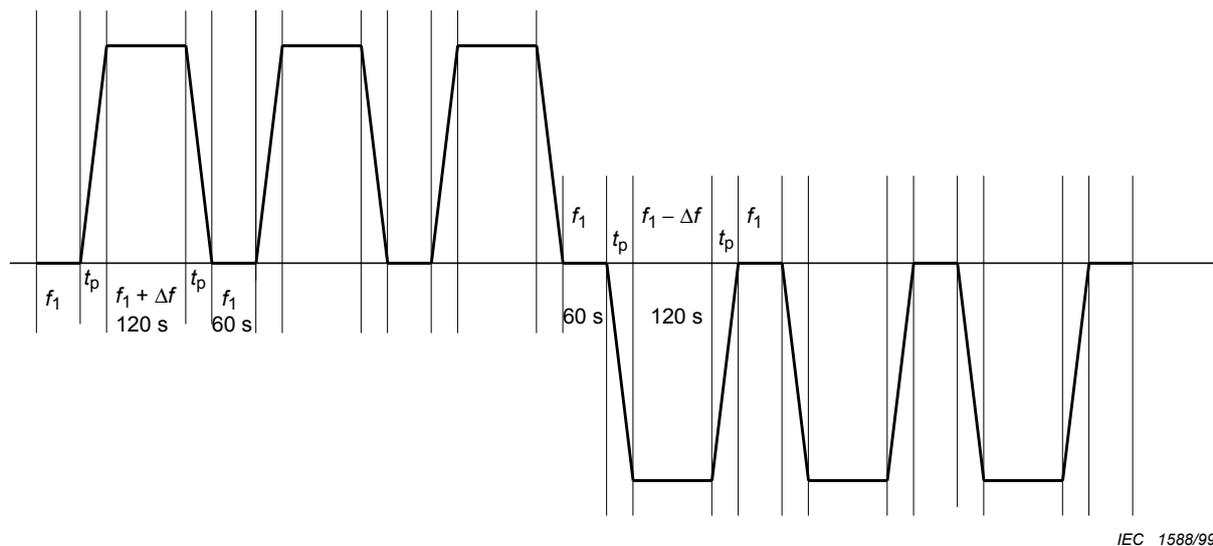


Figure 1 – Séquence de variations de fréquence

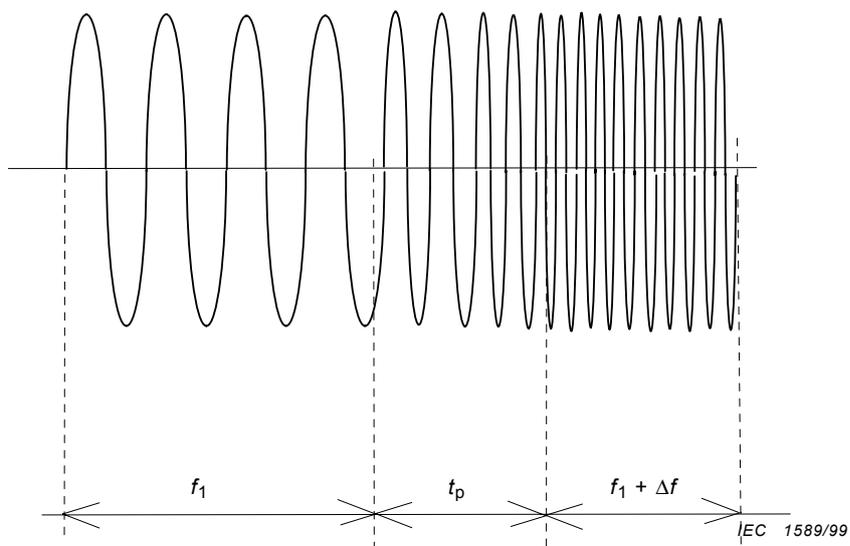
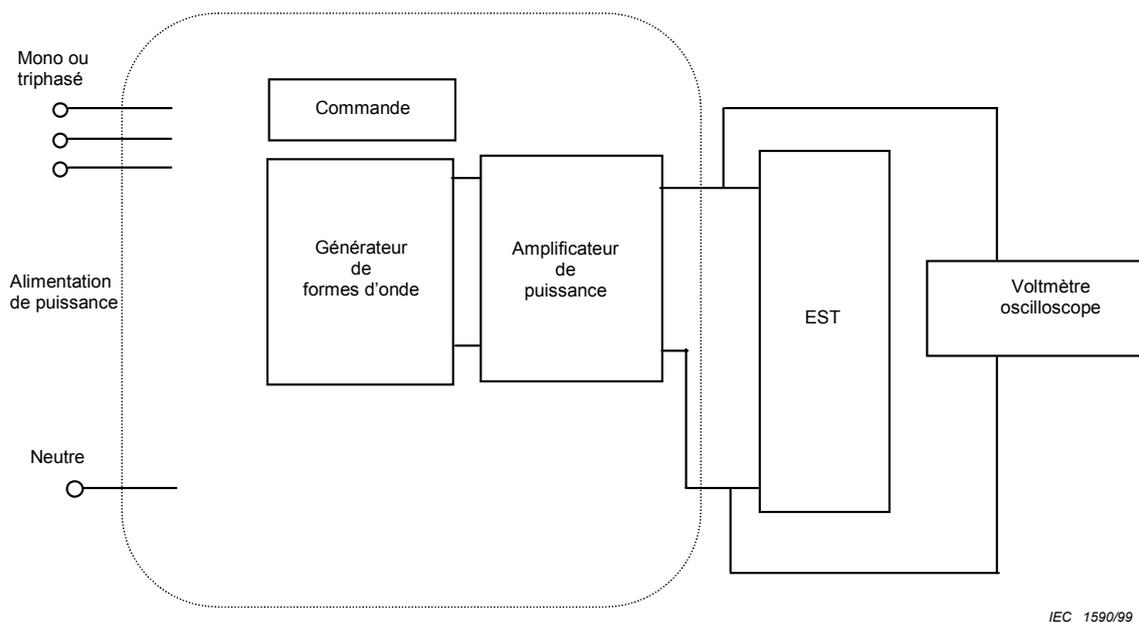


Figure 2 – Exemple de durée transitoire  $t_p$



IEC 1590/99

**Figure 3 – Schéma de l'instrumentation d'essai avec un amplificateur de puissance**

## **Annexe A** (informative)

### **Sources et effets des variations de la fréquence d'alimentation**

#### **A.1 Sources**

Dans les réseaux publics de distribution électrique, il existe normalement un excès de puissance disponible par rapport à la charge qui permet de maintenir les variations de fréquence dans l'intervalle déclaré. Toutefois, dans de rares cas de défaillance, il peut arriver qu'un important groupe de charges ou groupe de production soit déconnecté, ce qui provoque une variation de fréquence à l'extérieur de l'intervalle de tolérance normal. Des charges ou des groupes de production sont alors déconnectés automatiquement ou manuellement pour rétablir l'équilibre autant que possible.

Les charges tournantes dont la vitesse n'est pas contrôlée consomment généralement une puissance plus faible à fréquence plus faible; par suite, une perte de capacité de génération peut se trouver dans une certaine mesure compensée par une demande plus faible.

#### **A.2 Effets**

Dans le cadre des tolérances normales rencontrées, le principal effet d'une variation de la fréquence d'alimentation est la variation de la vitesse de rotation des machines tournantes. Ainsi, les horloges électriques alimentées par le secteur avanceront ou retarderont et les autres moteurs délivreront une puissance plus ou moins importante, la variation dépendant de la relation vitesse/couple de la charge. Les variations de fréquence d'alimentation peuvent entraîner une modification de l'accord des filtres harmoniques.

Tous les matériels électroniques utilisant la fréquence d'alimentation comme référence temporelle seront également affectés.

## **Annexe B** (informative)

### **Classes d'environnement électromagnétique**

Les classes d'environnement électromagnétique suivantes ont été résumées à partir de la CEI 61000-2-4.

#### **Classe 1**

Cette classe s'applique au niveau du point d'alimentation d'un appareil et est caractérisée par des niveaux de compatibilité plus faibles que ceux du réseau public. Celle-ci est en relation avec l'utilisation de matériels très sensibles aux perturbations de l'alimentation, par exemple les instruments de laboratoire, certains automatismes ou dispositifs de protections, les ordinateurs, etc.

NOTE Les environnements de la classe 1 incluent normalement des appareils qui nécessitent des protections telles que des alimentations sans interruption (ASI), des filtres, des parasurtenseurs.

#### **Classe 2**

Cette classe s'applique au point commun de couplage (PCC pour les réseaux client) et point commun de couplage interne (PCI) plus généralement dans des installations industrielles. Les niveaux de compatibilité de cette classe sont identiques à ceux des réseaux publics; ainsi, les composants utilisés pour les applications dans les réseaux publics peuvent être utilisés aussi dans cette classe d'environnement industriel.

#### **Classe 3**

Cette classe s'applique uniquement à l'environnement industriel d'un PCI. Il faut considérer un niveau de compatibilité plus élevé que celui de la classe 2 pour les phénomènes de perturbation. Par exemple, il convient que cette classe soit retenue quand au moins l'une des conditions suivantes est rencontrée:

- une part majeure de la charge est alimentée au travers de convertisseurs électroniques;
- des machines de soudage sont présentes;
- des moteurs puissants sont fréquemment démarrés;
- des charges varient rapidement.

NOTE 1 L'alimentation de charges fortement perturbatrices, telles que les fours à arc et les convertisseurs de puissance importante, qui sont généralement alimentés à partir de d'un jeu de barre séparé, est souvent caractérisée par un niveau de perturbations dépassant celui de la classe 3 (environnement sévère). Dans de telles situations particulières, il convient que les niveaux de compatibilité soient adaptés en conséquence.

NOTE 2 Il convient que la classe applicable pour de nouvelles installations et l'extension d'installations existantes soit reliée au type d'appareils et procédés utilisés.



Copyright International Electrotechnical Commission

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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)