

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and
interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency
immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse
fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis
sur le réseau électrique alternatif**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 61000-4-13

Edition 1.2 2015-12

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and
interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency
immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse
fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis
sur le réseau électrique alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-3081-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and
interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency
immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse
fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis
sur le réseau électrique alternatif**



CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION	5
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	6
3 Definitions	7
4 General	8
4.1 Description of the phenomenon.....	8
4.2 Sources.....	9
5 Test levels	10
5.1 Harmonics test levels.....	10
5.2 Test levels for interharmonics and mains signalling	12
6 Test instrumentation	13
6.1 Test generator.....	13
6.2 Verification of the characteristics of the generator.....	15
7 Test set up	15
8 Test procedures.....	16
8.1 Test procedure	16
8.2 Application of the test	16
9 Evaluation of test results.....	24
10 Test report.....	24
Annex A (informative) Impedance network between voltage source and EUT	30
Annex B (informative) Resonance point	31
Annex C (informative) Electromagnetic environment classes	32
Bibliography	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-13 : Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests

FOREWORD

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

DISCLAIMER

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

This Consolidated version of IEC 61000-4-13 bears the edition number 1.2. It consists of the first edition (2002-03) [documents 77A/368/FDIS and 77A/377/RVD], its amendment 1 (2009-05) [documents 77A/668/CDV and 77A/684/RVC] and its amendment 2 (2015-12) [documents 77A/904/FDIS and 77A/916/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 61000-4-13 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B, and C, are for information only.

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

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

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

INTRODUCTION

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

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)
Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment
Classification of the environment
Compatibility levels

Part 3: Limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques
Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines
Mitigation methods and devices

Part 6: Generic Standards

Part 9: Miscellaneous

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

This part is an EMC basic standard which gives immunity requirements and test procedures related to harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests

1 Scope and object

This part of IEC 61000 defines the immunity test methods and range of recommended basic test levels for electrical and electronic equipment with rated current up to 16 A per phase at disturbance frequencies up to and including 2 kHz (for 50 Hz mains) and 2,4 kHz (for 60 Hz mains) for harmonics and interharmonics on low voltage power networks.

It does not apply to electrical and electronic equipment connected to 16 2/3 Hz, or to 400 Hz a.c. networks. Tests for these networks will be covered by future standards.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the functional immunity of electrical and electronic equipment when subjected to harmonics and interharmonics and mains signalling frequencies. The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or 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 determining the appropriate test levels and performance criteria. TC 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.

The verification of the reliability of electrical components (for example capacitors, filters, etc.) is not in the scope of the present standard. Long term thermal effects (greater than 15 min) are not considered in this standard.

The levels proposed are more adapted for residential, commercial and light industry environments. For heavy industrial environments the product committees are responsible for the definition of a class X with the necessary levels. They have also the possibility of defining more complex waveforms for their own need. Nevertheless, the simple waveforms proposed have been mainly observed on several networks (flat curve more often for single phase system) and also on industrial networks (overswing curve more for three phase systems).

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 61000-2-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

3 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):

3.1

immunity

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

[IEV 161-01-20]

3.2

harmonic (component)

component of order greater than 1 of the Fourier series of a periodic quantity

[IEV 161-02-18]

3.3

fundamental (component)

component of order 1 of the Fourier series of a periodic quantity

[IEV 161-02-17]

3.4

flat curve waveshape

waveform that follows a time related function in which each half-wave consists of three parts:

Part 1: starts from zero and follows a pure sine function up to the specified value;

Part 2: is a constant value;

Part 3: follows a pure sine function down to zero

3.5

overswing waveshape

waveform which consists of discrete values of the fundamental harmonic, the 3rd and the 5th harmonics with the specified phase shift

3.6

f₁

fundamental frequency

3.7

mains signalling frequencies

signal frequencies between harmonics for control and communication

3.8

EUT

equipment under test

4 General

4.1 Description of the phenomenon

4.1.1 Harmonics

Harmonics are sinusoidal voltages and currents with frequencies that are integer multiples of the frequency at which the supply system operates.

Harmonic disturbances are generally caused by equipment with non-linear voltage – current characteristics or by periodic and line-synchronised switching of loads. Such equipment may be regarded as sources of harmonic currents.

The harmonic currents from the different sources produce harmonic voltage drops across the impedance of the network.

As a result of cable capacitance, line inductance and the connection of power factor correction capacitors, parallel or series resonance may occur in the network and cause a harmonic voltage amplification even at a remote point from the distorting load. The waveforms proposed are the result of the summation of different harmonic orders of one or several harmonic sources.

4.1.2 Interharmonics

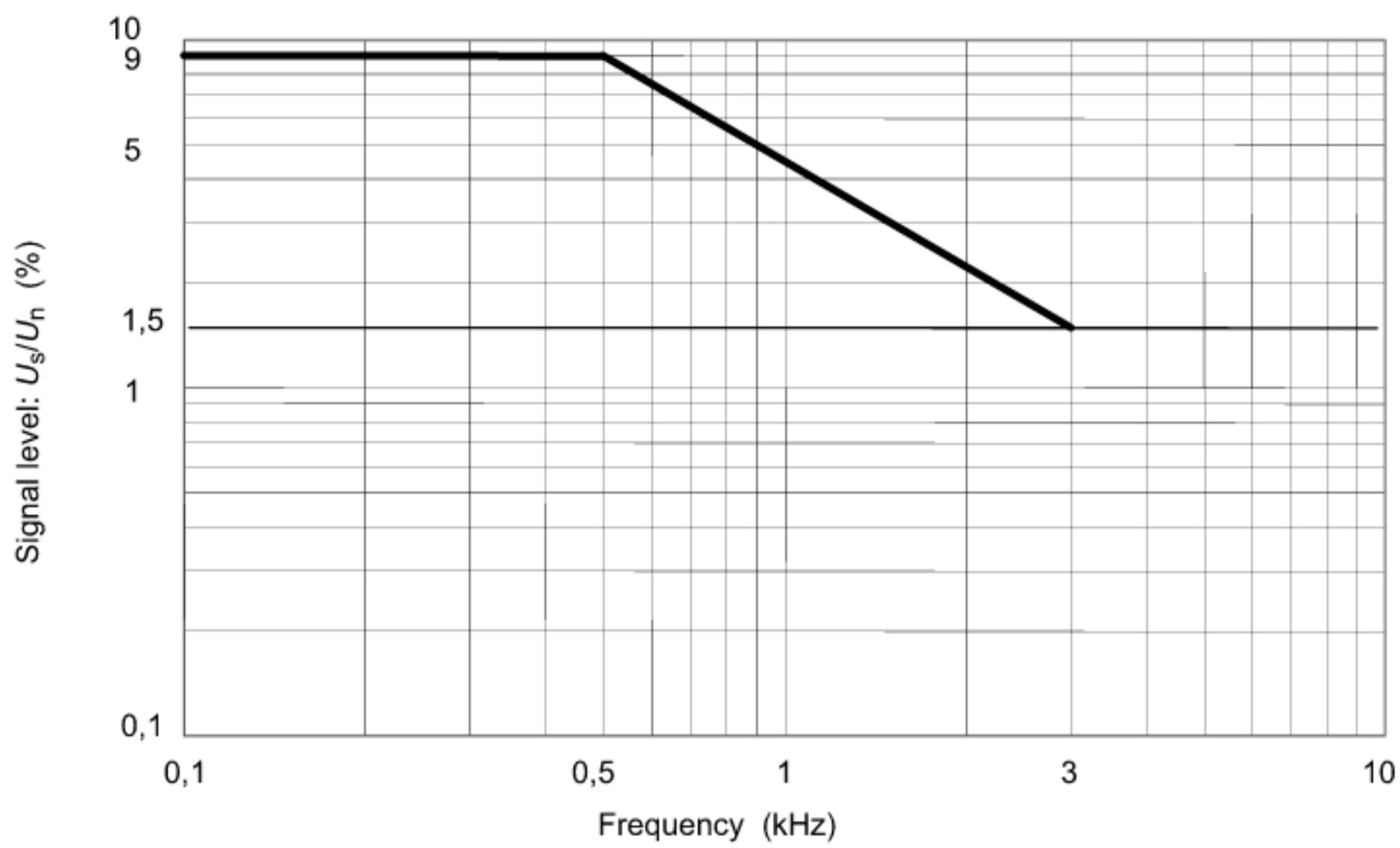
Between the harmonics of the power frequency voltage and current, further frequencies can be observed which are not an integer multiple of the fundamental. They can appear as discrete frequencies or as a wide-band spectrum. Summation of different interharmonic sources is not likely and is not taken into account in this standard.

4.1.3 Mains signalling (ripple control)

Signal frequencies ranging from ~~110~~ 100 Hz to 3 kHz used in networks or parts of them in order to transfer information from a sending point to one or more receiving points.

For the scope of this standard, the frequency range is limited to ~~2 kHz/50 Hz~~ 2,4 kHz (2,4 kHz/60 Hz).

For the Meister curve, see Figure 8.



IEC

NOTE The figure is taken from IEC 61000-2-2:2007, Figure 3.

Figure 8 – Meister curve for ripple control systems in public networks (100 Hz to 3 000 Hz)

4.2 Sources

4.2.1 Harmonics

Harmonic currents are generated to a small extent by generation, transmission and distribution equipment and to a greater extent by industrial and residential loads. Sometimes, there are only a few sources generating significant harmonic currents in a network; the individual harmonic level of the majority of the other devices is low, nevertheless these may make a relatively high contribution to the harmonic voltage distortion, at least for low order harmonics due to their summation.

Significant harmonic currents in a network can be generated by non-linear loads, for example:

- controlled and uncontrolled rectifiers, especially with capacitive smoothing (for example used in television, indirect and direct static frequency converters, and self-ballasted lamps), because these harmonics are in approximately the same phase from different sources and there is only poor compensation in the network;
- phase controlled equipment, some types of computers and UPS equipment.

Sources may produce harmonics at a constant or varying level, depending on the method of operation.

4.2.2 Interharmonics

Sources of interharmonics can be found in low-voltage networks as well as in medium-voltage and high voltage networks. The interharmonics produced in the medium-voltage/high voltage networks flow in the low-voltage networks they supply and vice versa.

The main sources are indirect and direct static frequency converters, welding machines and arc furnaces.

4.2.3 Mains signalling (ripple control)

Sources of mains signalling frequencies covered by this standard are transmitters operating mostly in the ~~110~~ ~~100~~ Hz to ~~2~~ ~~2,4~~ kHz (~~2,4 kHz~~) frequency range in order for the public supplier to control equipment in the supply network (public lighting, tariffs for meters, etc.). The transmitter energy is coupled into the system on HV, MV, or LV level. The transmitters operate with interrupted signals, and normally for a short time only. The frequencies used lie normally in between the harmonics.

5 Test levels

The test level is the harmonic voltage specified as a percentage of the fundamental voltage. The voltages given in this standard have the nominal power supply network voltage (U_1 fundamental) as a basis.

It is essential that the r.m.s. voltage of the resultant waveforms remain at the nominal value during the application of these tests by adjusting the voltage values of fundamental and harmonics according to the percentages indicated in the corresponding tables (for example 230 V r.m.s., 120 V r.m.s.).

5.1 Harmonics test levels

The preferential range of test levels for individual harmonics are given in tables 1 to 3.

Harmonic voltages at a test level of 3 % and higher, up to the 9th harmonic, shall be applied using a phase shift of both 0° and 180° with respect to the positive zero-crossing of the fundamental. Harmonic voltages at a test level of less than 3 % shall be applied using no phase-shift with respect to the positive zero-crossing of the fundamental.

For compatibility levels see IEC 61000-2-2 using factor k . Immunity levels have to be higher (for example times 1,5 additionally).

The application of the test to a multiphase EUT is given in 8.2.5.

Table 1 – Odd harmonics non-multiple of 3 harmonics

h	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
	Test levels % U_1			
5	4,5	9	12	Open
7	4,5	7,5	10	Open
11	4,5	5	7	Open
13	4	4,5	7	Open
17	3	3	6	Open
19	2	2	6	Open
23	2	2	6	Open
25	2	2	6	Open
29	1,5	1,5	5	Open
31	1,5	1,5	3	Open
35	1,5	1,5	3	Open
37	1,5	1,5	3	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems, the values shall not be lower than those of class 2.

Table 2 – Odd harmonics multiple of 3 harmonics

h	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
	Test levels % U_1			
3	4,5	8	9	Open
9	2	2,5	4	Open
15	No test	No test	3	Open
21	No test	No test	2	Open
27	No test	No test	2	Open
33	No test	No test	2	Open
39	No test	No test	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

Table 3 – Even harmonics

h	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
	Test levels % U_1			
2	3	3	5	Open
4	1,5	1,5	2	Open
6	No test	No test	1,5	Open
8	No test	No test	1,5	Open
10	No test	No test	1,5	Open
12-40	No test	No test	1,5	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

5.2 Test levels for interharmonics ~~and mains signalling~~

The preferential ranges of test levels are given in tables 4a and 4b.

Table 4 – Frequencies between harmonic frequencies**Table 4a – Frequencies between harmonic frequencies (for 50 Hz mains)**

Frequency range	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
Hz	Test levels % U_1			
16 – 100	no test	2,5	4	Open
100 – 500	no test	5	9	Open
500 – 750	no test	3,5	5	Open
750 – 1 000	no test	2	3	Open
1 000 – 2 000	no test	1,5	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels for class X are open. These levels shall be defined by the product committees.

Table 4b – Frequencies between harmonic frequencies (for 60 Hz mains)

Frequency range	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
Hz	Test levels % U_1			
20 – 120	no test	2,5	4	Open
120 – 600	no test	5	7,5	Open
600 – 900	no test	3,5	5	Open
900 – 1200	no test	2	3	Open
1200 – 2400	no test	1,5	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees.

Immunity test levels for interharmonics above 100 Hz are ~~covered by~~ based on the mains signalling levels ~~and optionally by~~ or the Meister curve levels defined in 8.2.4 depending on the class of equipment being tested. ~~Mains signalling levels are in the range of 2 % to 6 % of U_1 .~~ Discrete interharmonic frequencies have a level of about 0,5 % of the fundamental frequency voltage U_1 (in absence of resonance). In class 3 for industrial networks, these levels can be considerably higher.

6 Test instrumentation

6.1 Test generator

The test generator shall have the ability to generate a signal with a 50 Hz or 60 Hz fundamental frequency and to superimpose the required frequencies (harmonics and frequencies between the harmonics).

The test generator shall have sufficient filtering such that the harmonic and interharmonic disturbances do not influence any auxiliary equipment which may be used to perform the test.

The test levels according to tables 1 to 4 shall be applied at the terminals of the EUT connected as in normal conditions (single or three phase) and operating as specified in the relevant product standard.

The test generator shall have the following specifications:

Table 5 – Characteristics of the test generator

Output current per phase at rated voltage	Necessary to fulfil the requirements at the operating EUT (see note 1)
Fundamental voltage:	
- Magnitude U_1	Nominal mains voltage $\pm 2\%$ single phase
	Nominal mains voltage $\pm 2\%$ three phase
- Frequency	$50\text{ Hz} \pm 0,5\%$ or $60\text{ Hz} \pm 0,5\%$
- Angle between phases	$120^\circ \pm 1,5^\circ$ (star connection)
Preselectable individual harmonics:	See note 2
- Order	2 to 40
- Magnitude U_h	
• Range	$0\% \text{ to } 14\% U_1$
• Accuracy	The larger of $\pm 5,0\% U_h$ or $0,1\% U_1$
- Phase angle ϕ_h	
• $h = 2 \text{ to } 9$	$0^\circ; 180^\circ$ (see also note 6)
• Accuracy of zero phase crossing displacement with respect to fundamental	$\pm 2^\circ$ of the fundamental
Combination of harmonics:	See note 3
Frequencies between the harmonics:	See note 2
- Magnitude	
• Range	$0\% \text{ to } 10\% U_1$
• Accuracy	The larger of $\pm 5,0\% U_h$ or $0,1\% U_1$
- Frequency	
• Range	$0,33 \times f_1 \text{ to } 40 \times f_1$
• Steps for adjusting	$= 0,1 \times f_1$
$f = (0,33 \text{ to } 2) \times f_1$	$= 0,2 \times f_1$
$f = (2 \text{ to } 20) \times f_1$	$= 0,5 \times f_1$
$f > 20 \times f_1$	$\pm 0,5\% f$
• Maximum error of adjusted value	
Output impedance	See note 4
External impedance network	See note 5
NOTE 1 The generator equipment shall provide an output which is sufficient to test the EUT or to a maximum rated input current of 16 A r.m.s. per phase. Other values may be given by the product standard or product specification.	
NOTE 2 The generator shall provide control inputs for selection of magnitude, frequency, phase-angle, and sequence type of the superimposed voltage.	
NOTE 3 The generator equipment shall provide the option to superimpose more than one voltage in each phase.	
NOTE 4 No output impedance is defined since the internal voltage source has to be controlled so that the voltage drop across the internal impedance is compensated and the set values are met at the terminals of the EUT. The connections shall be as short as possible.	
NOTE 5 An external series impedance network may be used, but only to find possible resonance excited by harmonics. The IEC 60725 impedance network is suggested. Annex A is included in this standard for guidance.	
NOTE 6 ϕ_h is the phase difference between the positive zero crossing of the fundamental voltage and the positive zero crossing of the harmonics voltage expressed in degrees of the harmonics frequency.	

6.2 Verification of the characteristics of the generator

The generator output characteristics shall be verified at the terminals of the source prior to the test. For this purpose, the terminal voltage shall be monitored by a harmonic analyser according to IEC 61000-4-7, accuracy class A, and the superimposed values shall be stored and/or printed. An oscilloscope may be used in addition for a rough overview.

The maximum harmonic voltage distortion of the generator shall be in accordance with IEC 61000-3-2 (when no harmonic/inter-harmonic is selected). The maximum distortion limits while delivering power to the EUT are given in table 6.

Table 6 – Maximum harmonic voltage distortion

Harmonic number	% of U_1
3	0,9
5	0,4
7	0,3
9	0,2
2 to 10 (even harmonics)	0,2
11-40	0,1

The peak value of the test voltage shall be within 1,40 and 1,42 times its rms value and shall be reached within 87° to 93° after the zero crossing. The maximum output voltage change between no load and rated current of an EUT shall be ±2 % of the nominal voltage.

The characteristics of the generator specified in 6.1 lead to generators with low internal impedance. To simplify the procedure, the verification of the characteristics of the generator in accordance with 6.2 shall be performed in the absence of an external impedance network.

7 Test set up

In addition to the test generator, the following test equipment may be needed for the immunity test:

- analyser for harmonics and interharmonics according to IEC 61000-4-7 for the verification of the test voltage at the terminals of the EUT;
- control unit to provide the sequence of the selected superimposed voltages during a test;
- printer or plotter for the documentation of the test voltage sequence;
- oscilloscope for monitoring the supply voltage on the EUT.

Some of these items may be combined in one unit.

Examples of test arrangements are given:

- in figure 2 for a single phase EUT;
- in figure 3 for a three phase EUT.

8 Test procedures

8.1 Test procedure

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 Test plan

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

It is recommended that the test plan comprises of the following items:

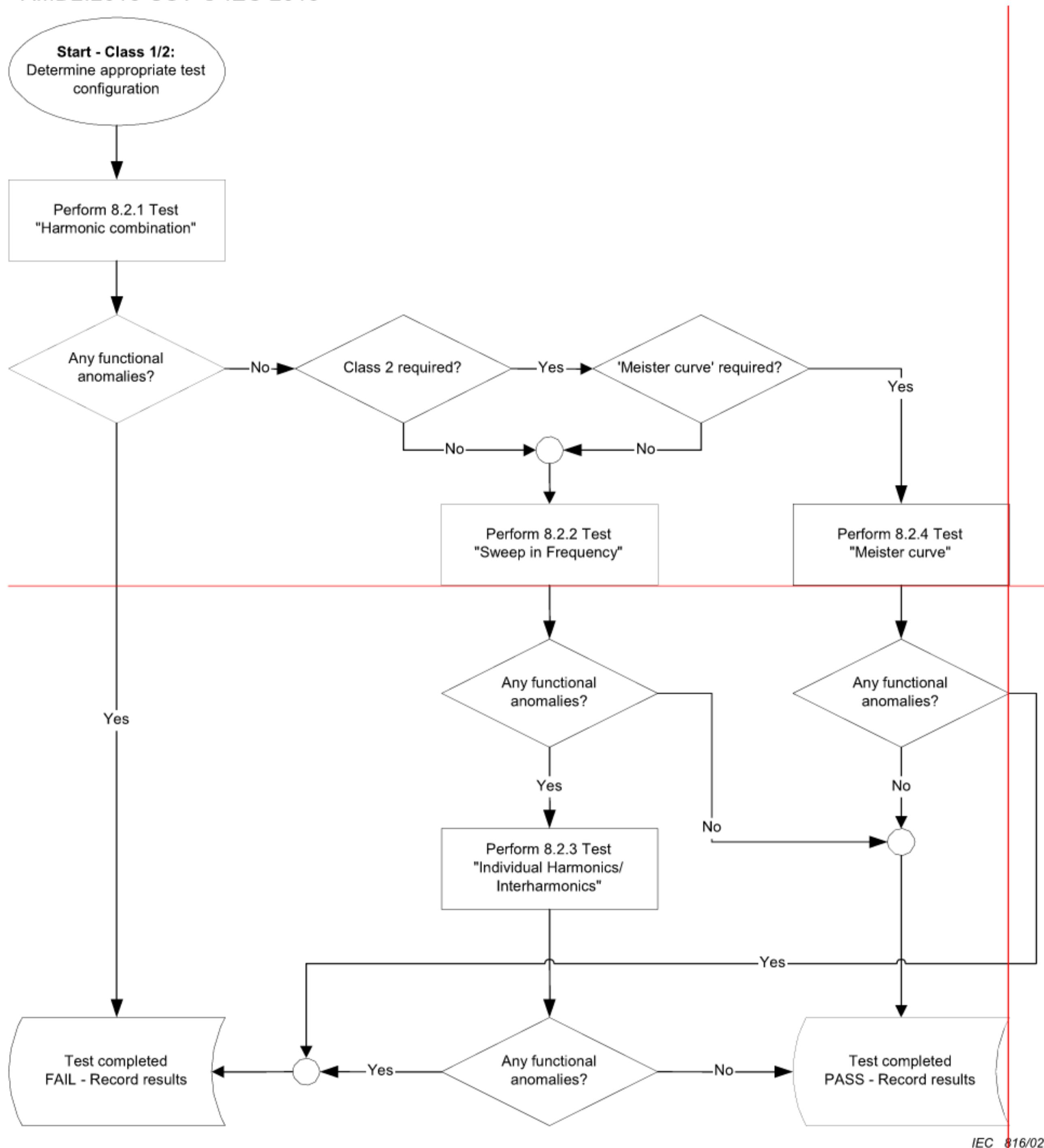
- the description of the EUT;
- information on possible connections (plugs, terminals, etc.) corresponding cables and peripherals;
- input power port of equipment to be tested;
- representative operational modes of the EUT for the test;
- type of tests/test levels;
- performance criteria under test conditions as specified by the standard or manufacturer;
- description of the test set up.

If the auxiliary equipment is not available for the EUT, it may be simulated.

For each test, any degradation of performance must 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 relevant check will be performed.

8.2 Application of the test

Figures 1a and 1b have been added to give guidance on how to optimise test time with a high confidence of test performance. The test levels in the «harmonic combinations» test and the «sweep in frequencies» test exceed the test levels of the «individual harmonics» test. **For class 1 and 2, where the Meister curve is not applied, the immunity test for inter-harmonics is applicable.**



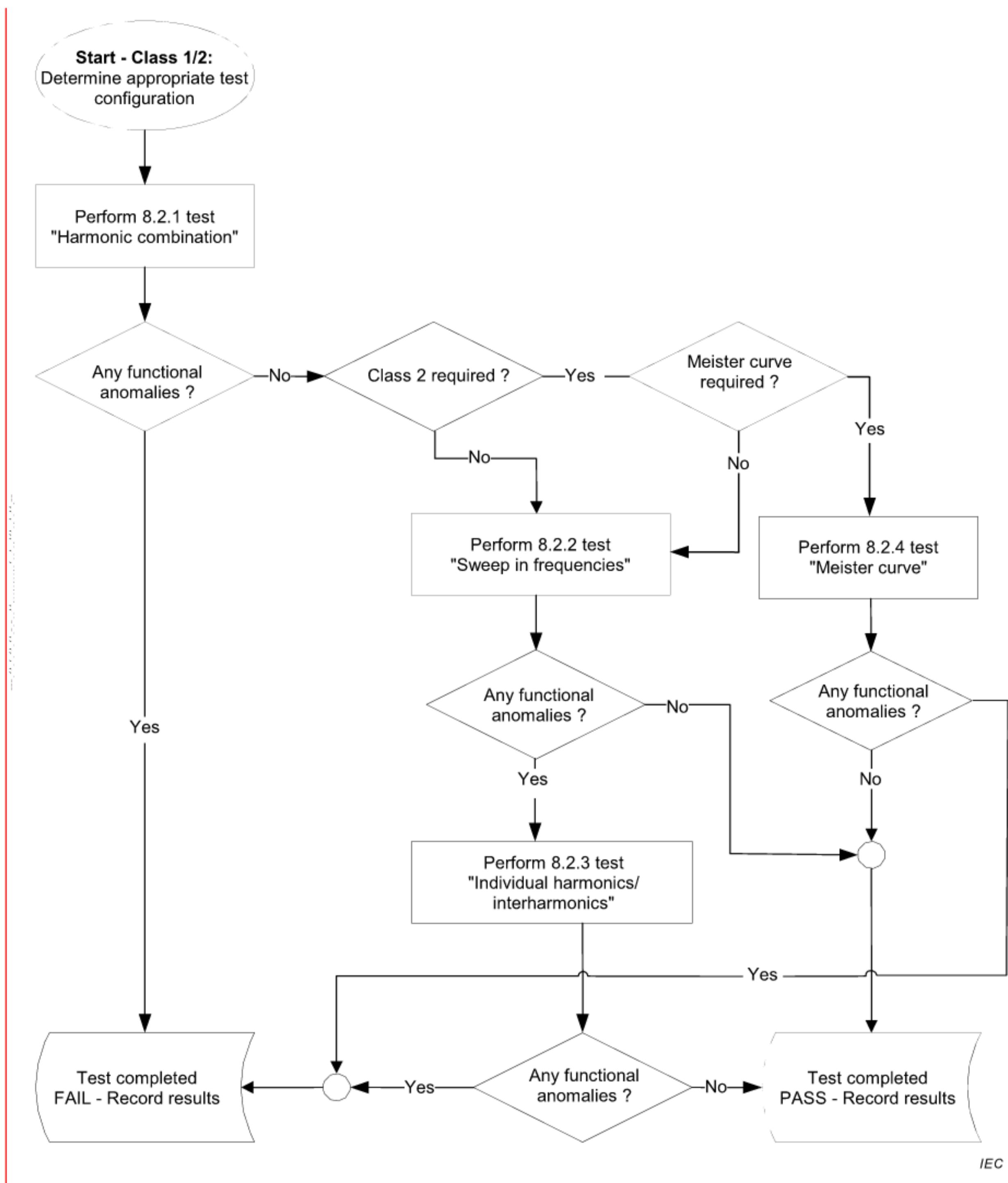
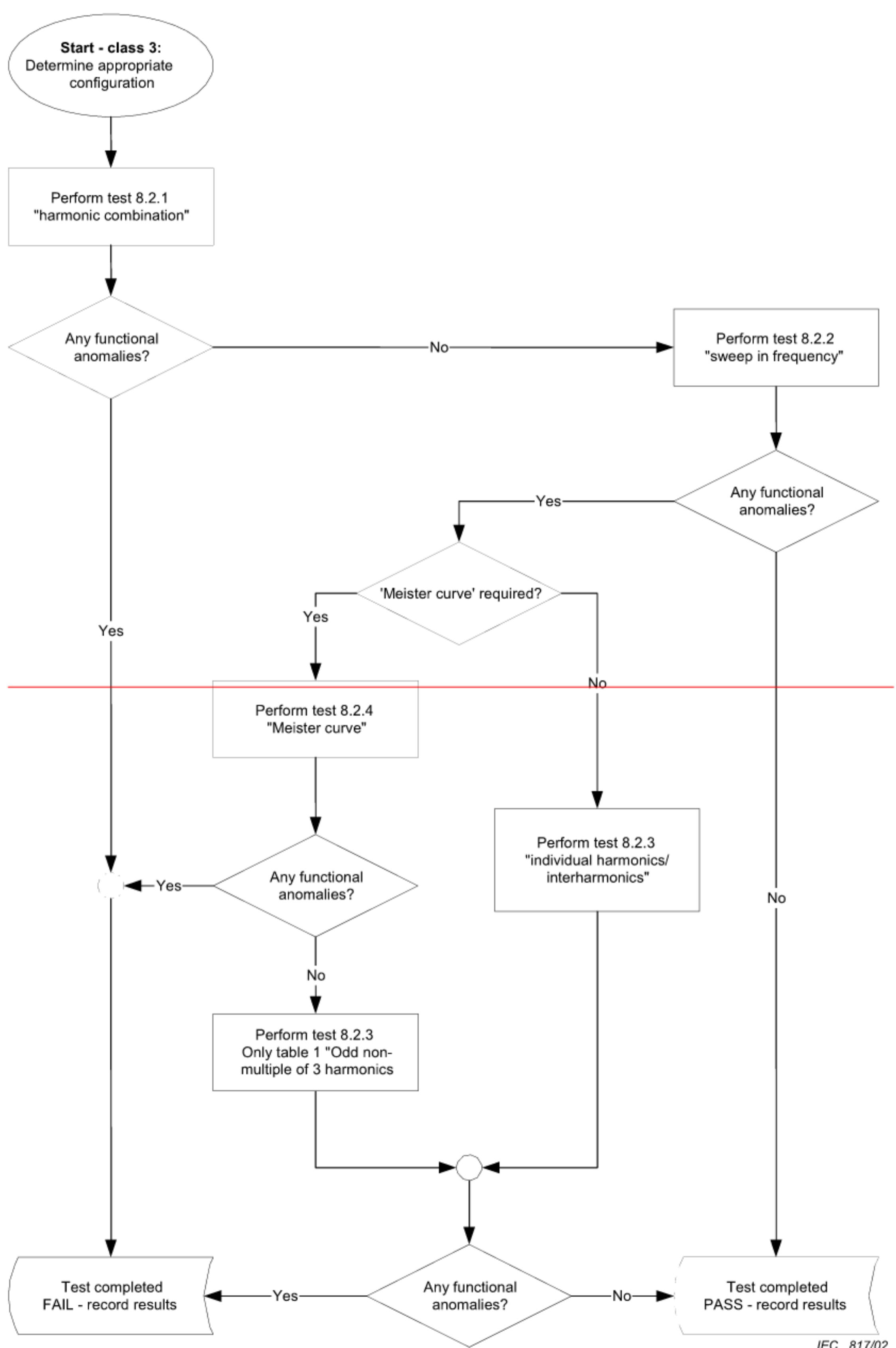
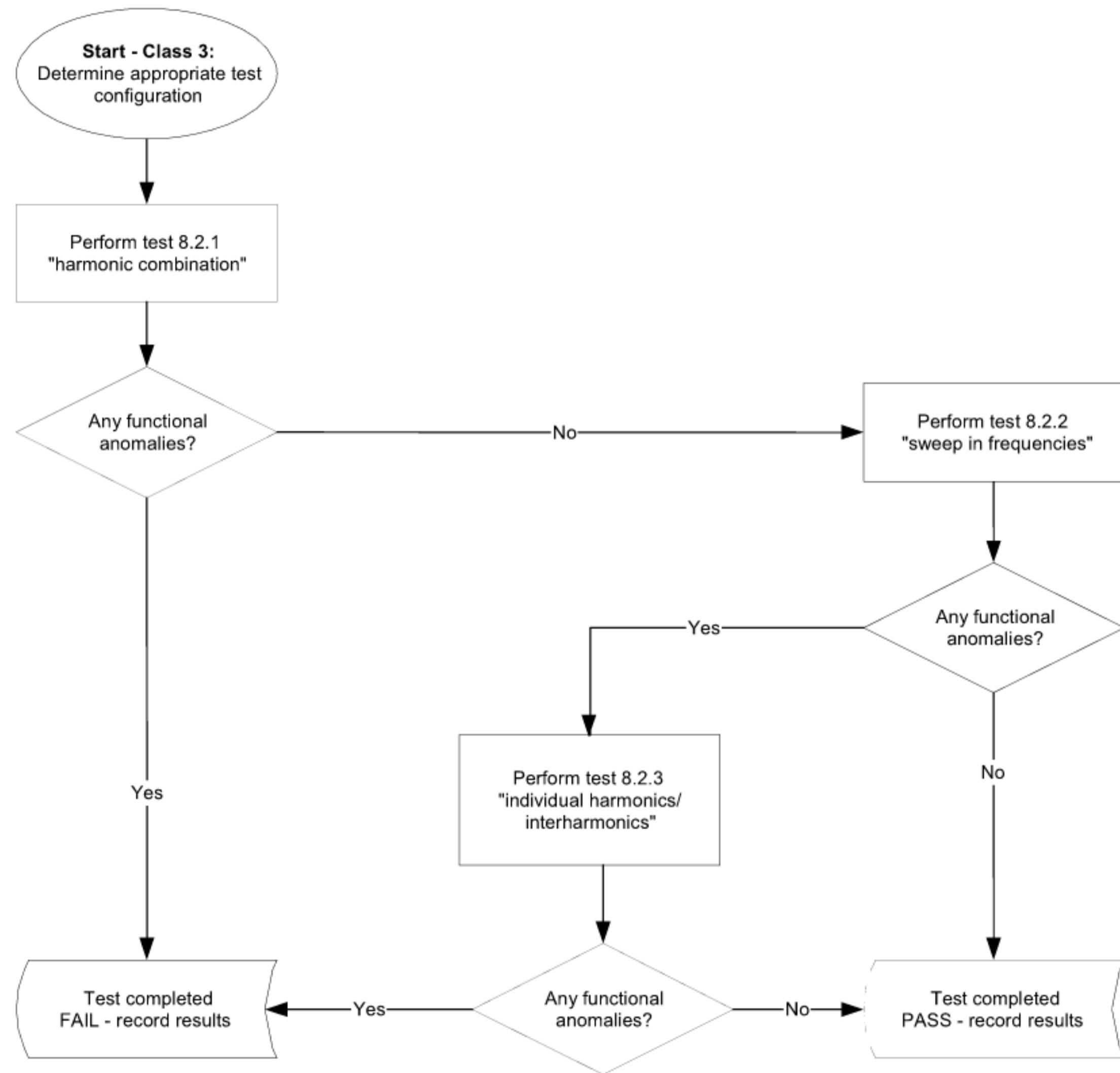


Figure 1a – Test flowchart class 1 and class 2

IEC





IEC 669/09

Figure 1b – Test flowchart class 3**Figure 1 – Test flowcharts**

8.2.1 Harmonic combination test flat curve and over swing

The two harmonic combination tests to be carried out are flat curve and over swing. The EUT shall be tested for each harmonic combination, according to Tables 7 and 8 for 2 min. The time-domain waveforms are shown in Figures 6 and 7 for the flat curve and over swing tests respectively.

Flat curve: the voltage follows a time related function in which each half-wave consists of three parts. See Figure 6.

- Part 1 starts from zero, it follows a pure sine function up to 95% of the peak value for Class 1, 90 % of the peak value for Class 2 and up to 80 % for Class 3.
- Part 2 is a constant voltage.
- Part 3 is equivalent to Part 1 (following a pure sine function).

The rms value of the resultant waveform shall be maintained at nominal voltage during the application of this test. This means that the sinusoidal part of the waveform has to be increased in amplitude by the factor K_y shown in Table 7.

Table 7 – Time related function, "flat curve"

Function (parts 1 and 3)	Voltage Ratio K_y	Voltage (parts 1 and 3)	Function (part 2)	Voltage (part 2)	Class
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,95$	1,013 3	$u = U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,95 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2}$	1
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,9$	1,037 9	$u = U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,9 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2}$	2
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,8$	1,111 7	$u = U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,8 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2}$	3
$0 \leq \sin(\omega t) \leq X$	X	$u = U_1 \times K_x \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$X \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm X \times U_1 \times K_x \times \sqrt{2}$	X

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in Annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall must be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems the values shall must not be lower than those of class 2.

NOTE 3 Maximum deviation : $\Delta u = \pm(0,01 \times U_1 \times \sqrt{2} + 0,005 \times u)$.

Over swing: Over swing is generated by adding a discrete value of the 3rd harmonic and also of the 5th harmonic both with a corresponding phase relationship.

Table 8 – Harmonic combination, "over swing"

h	3	5	Class
% of U_1	4 % / 180°	3 % / 0°	1
% of U_1	6 % / 180°	4 % / 0°	2
% of U_1	8 % / 180°	5 % / 0°	3
% of U_1	X / 180°	X / 0°	X

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in Annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall has to be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems, the values shall must not be lower than those of class 2.

8.2.2 Test method "Sweep in frequencies"

The equipment set-up for sweep frequency tests are shown in Figures 2 and 3. The amplitude of the sweep frequencies depends on the frequency range (see Table 9 and Figure 5). The sweep (analogue) or step rate (digital) should be such that the time taken per decade is no less than 5 min, as shown in Figure 5. The frequency sweep will dwell at frequencies where performance anomalies are detected ~~as well as at all resonant frequencies~~. At each dwell point, the test time should be at least 120 s. ~~A resonance frequency shall be selected with an oscilloscope or another comparable method for example a spectrum analyser.~~

~~For the purpose of this standard, a resonance frequency shall have the following characteristics:~~

~~If the harmonic or interharmonic current at a constant harmonic voltage amplitude has reached a maximum value at a frequency f , and the current decreases by at least 3 dB in the frequency range f_{res} to $1.5 \times f_{res}$, the frequency f shall be denoted as a resonant frequency f_{res} . If the maximum value of the current is attained and a change of the amplitude has resulted in the frequency range f_{res} to $1.5 \times f_{res}$, then a search for the resonant frequency must be repeated with a lower but constant amplitude. Determination of resonant frequencies shall be made at the completion of the sweep in frequencies test.~~

~~The selection of resonant frequencies is further detailed in Annex B.~~

NOTE Anomalies can also be caused by resonances. Further details are described in Annex B.

Table 9 – Sweep in frequency test levels

Frequency range	Frequency step	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
f	Δf	Test levels % U_1			
$0,33 \times f_1$ to $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	2	3	4,5	Open
$2 \times f_1$ to $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	5	9	14	Open
$10 \times f_1$ to $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	4	4,5	9	Open
$20 \times f_1$ to $30 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	6	Open
$30 \times f_1$ to $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	4	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

8.2.3 Individual harmonics and interharmonics with a specified test level sequence

In the frequency range $2 \times f_1$ to $40 \times f_1$, single sinusoidal voltages with magnitude according to tables 1 to 3 shall be superimposed on the fundamental voltage U_1 . Each frequency shall be applied for 5 s with a one second interval to the next one (see figure 4) whereas the r.m.s. value of the resultant voltage shall be kept constant during the duration of the whole test.

For the interharmonics test, in the frequency ranges shown in tables 4a and 4b, the frequency step sizes are dictated in table 10. Each step point shall be applied for 5 s with a one second interval to the next one whereas the r.m.s. value of the resultant waveform shall be kept constant during the duration of the whole test.

Table 10 – Frequency step sizes for interharmonics and Meister curve

Frequency range	Frequency step
f	Δf
$0,33 \times f_1$ to $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$
$2 \times f_1$ to $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$10 \times f_1$ to $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$20 \times f_1$ to $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$

8.2.4 Application of the Meister curve test

If the EUT is used in countries where mains signalling and/or ripple control is applied, the «Meister curve» test has to be performed.

The Meister curve test is applied to Class 2 products. During this test, the frequency may be swept (analogue) or stepped (digital) at a rate of no less than 5 min per decade (see Figure 5) the sweep (analog) or step rate (digital) should be such that the time taken per decade is no less than 5 min, as shown in Figure 5.

NOTE 2,4 kHz is the upper frequency for 60 Hz systems; the upper frequency for 50 Hz systems is 2 kHz.

In both cases, the amplitude of the applied interharmonic levels has to follow the values given in table 11.

Table 11 – Meister curve test levels

Frequency range	Frequency step	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
$f F$ [Hz]	Δf [Hz]	Test levels % U_1			
$0,33 \times f_1$ to $2 \times f_1$ 16,5 to 100	$0,1 \times f_1$ 5	No test	3	4	Open
$2 \times f_1$ to $10 \times f_1$ 100 to 500	$0,2 \times f_1$ 10	No test	9	10	Open
$10 \times f_1$ to $20 \times f_1$ 500 to 1 000	$0,2 \times f_1$ 10	No test	4 500/f	4 500/f	Open
$20 \times f_1$ to $40 \times f_1$ 1 000 to 2 400	$0,5 \times f_1$ 25	No test	4 500/f	4 500/f	Open

If the Meister curve is applied in class 3, the «Frequencies between harmonic frequencies» test (interharmonics, table 4) is replaced by this test.

In class 2, the «Sweep in frequency» test (table 4) is replaced by this test (see figure 1a flowchart).

8.2.5 Application of the test in a multi-phase EUT

See figure 3.

The harmonic or interharmonic distortion shall be applied simultaneously to all line-neutral phases, and the harmonics in each line-neutral voltage shall have the same phase relation to the fundamental of the corresponding wave form. This means, that apart from a 120° shift, the multiple wave forms are equal as it is most often observed in low voltage networks.

A consequence of this approach is that the test generator should have a neutral on its output, and cannot have a multiple phase output transformer which will not transfer the homopolar triple harmonics.

For multi-phase equipment without neutral connection, this does not apply, and testing with tripled harmonics is not required.

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 upon 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.

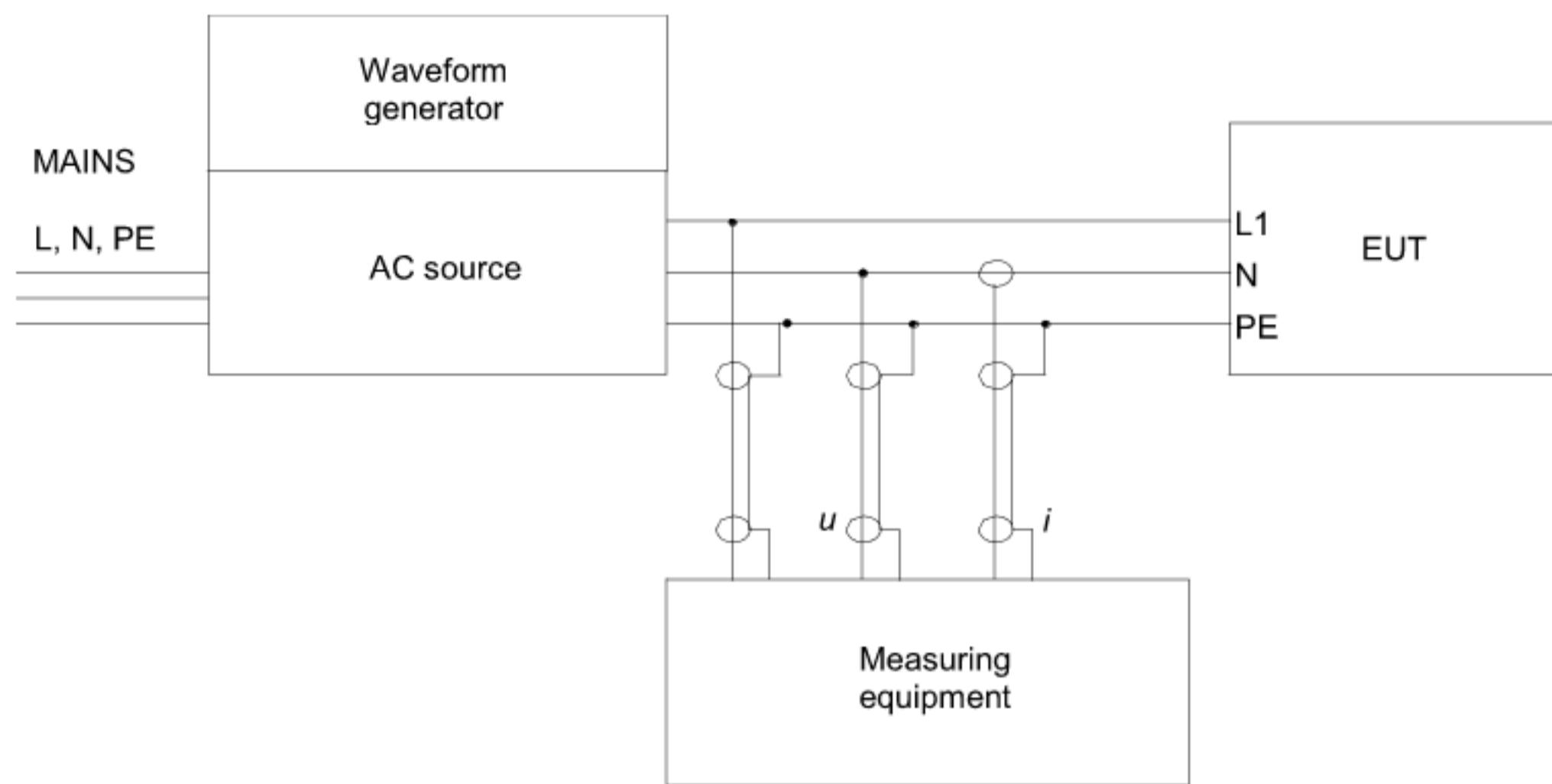
The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

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

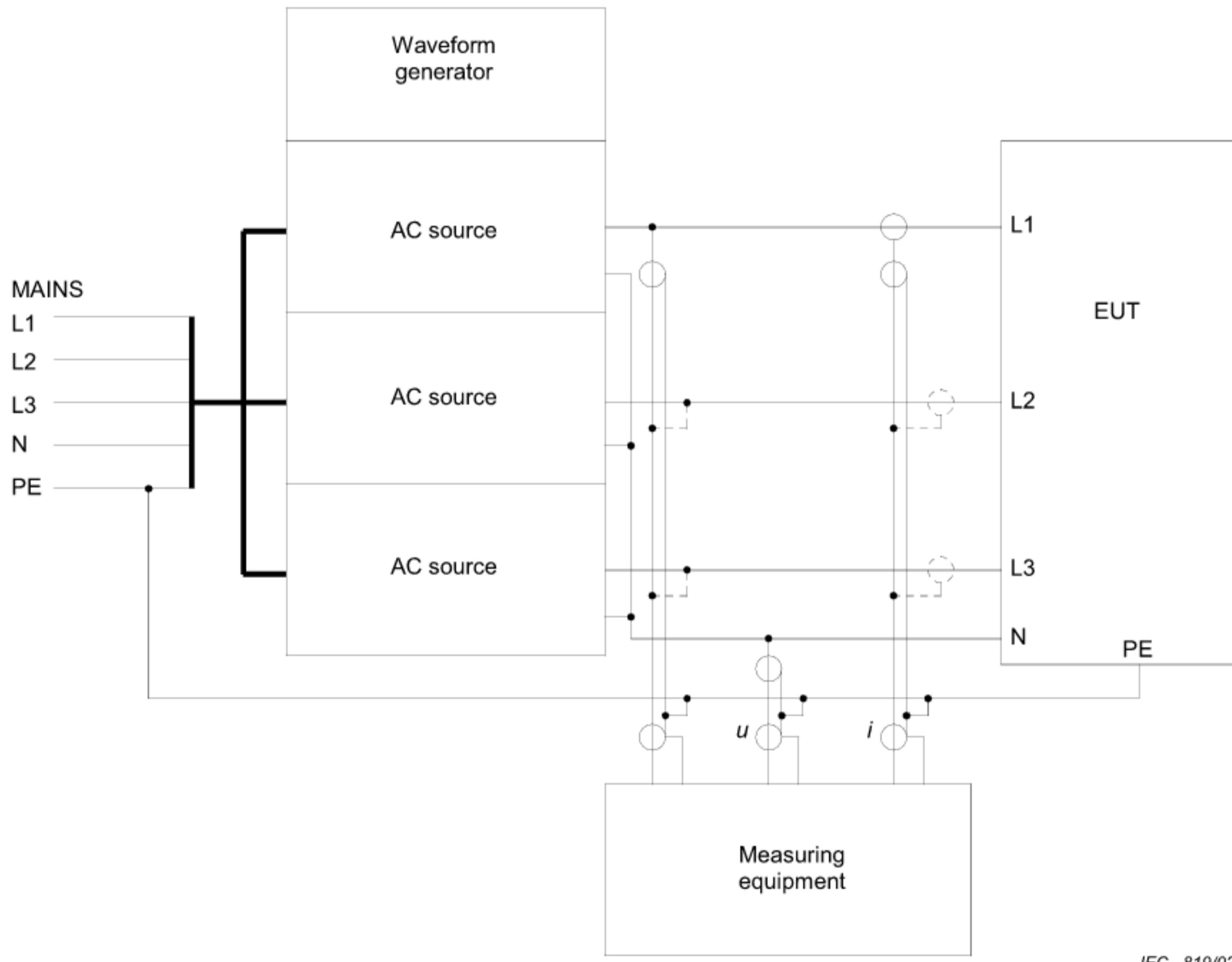
The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- 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 upon 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.



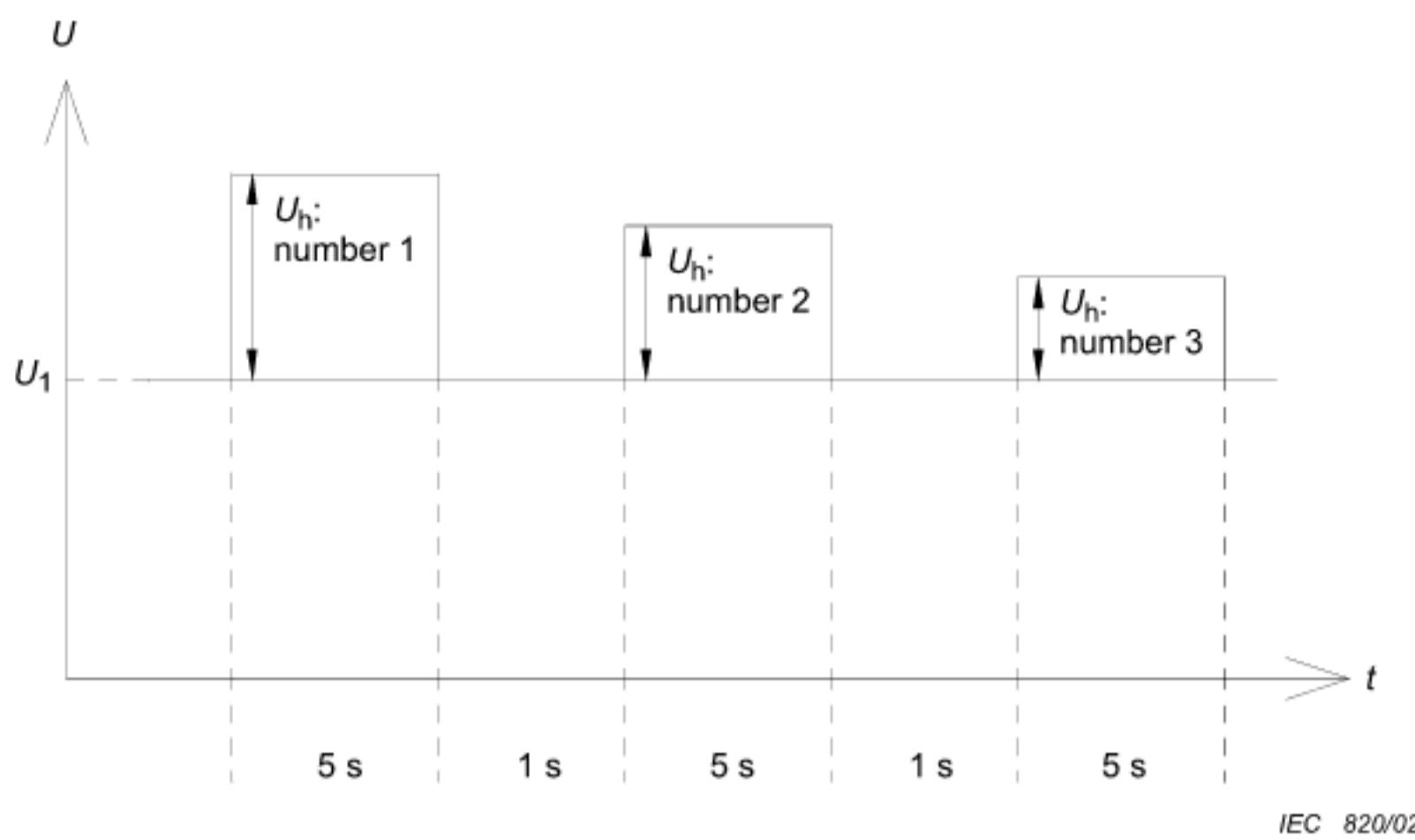
IEC 818/02

Figure 2 – An example of a test set-up for single phase



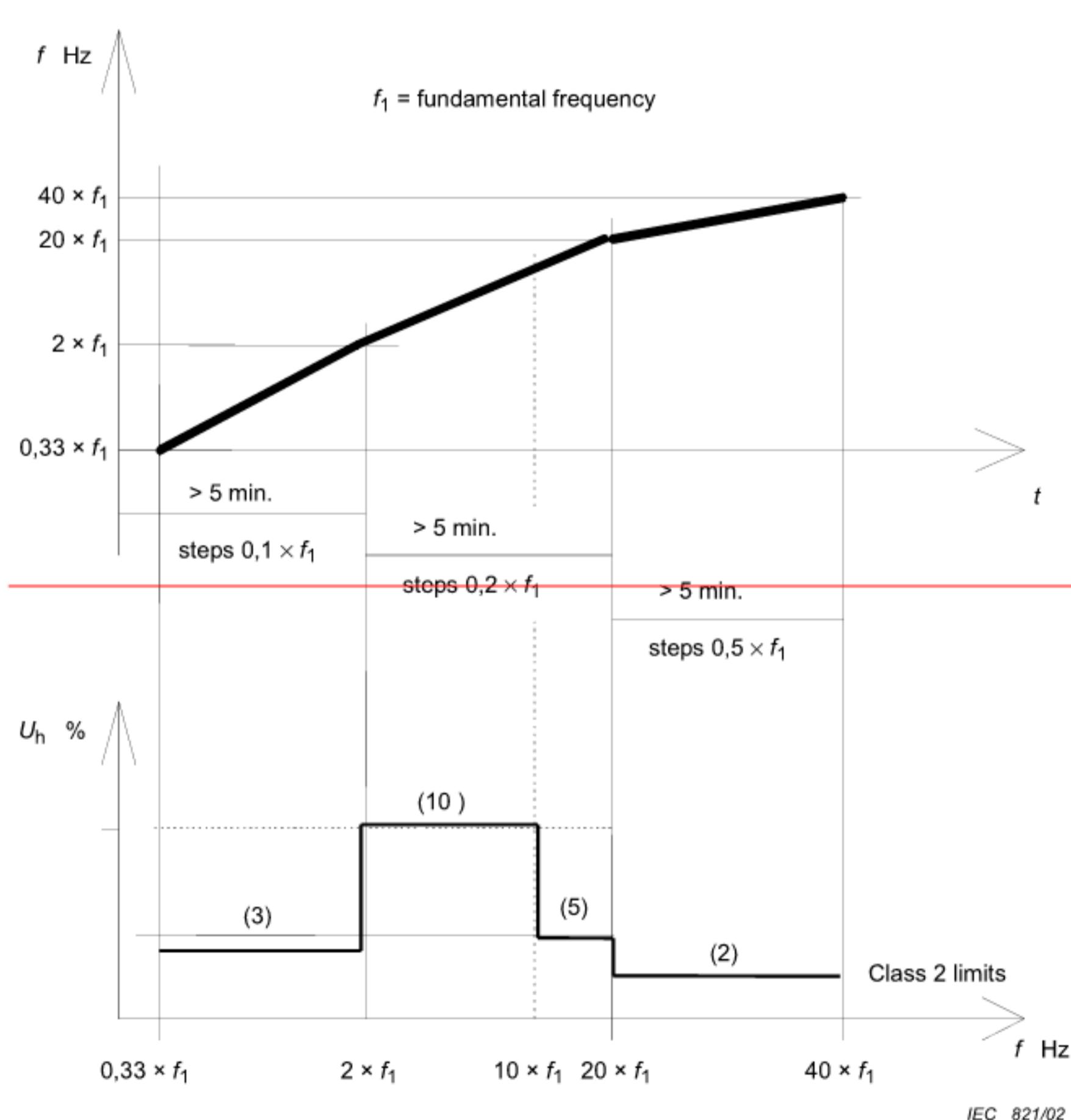
IEC 819/02

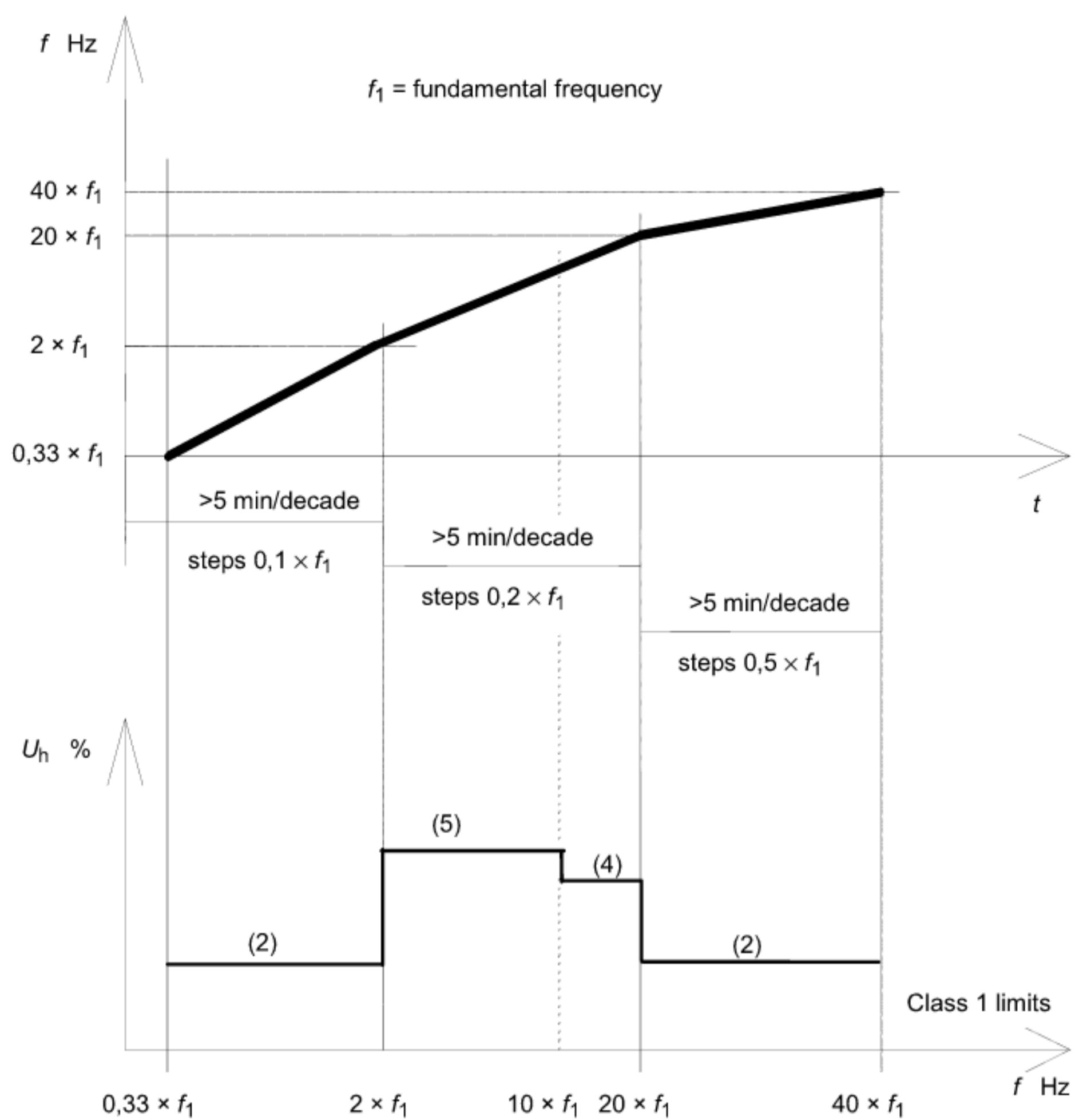
Figure 3 – An example of a test set-up for three phases



NOTE The r.m.s. voltage remains constant during all harmonics tests.

Figure 4 – Test sequences for individual harmonics

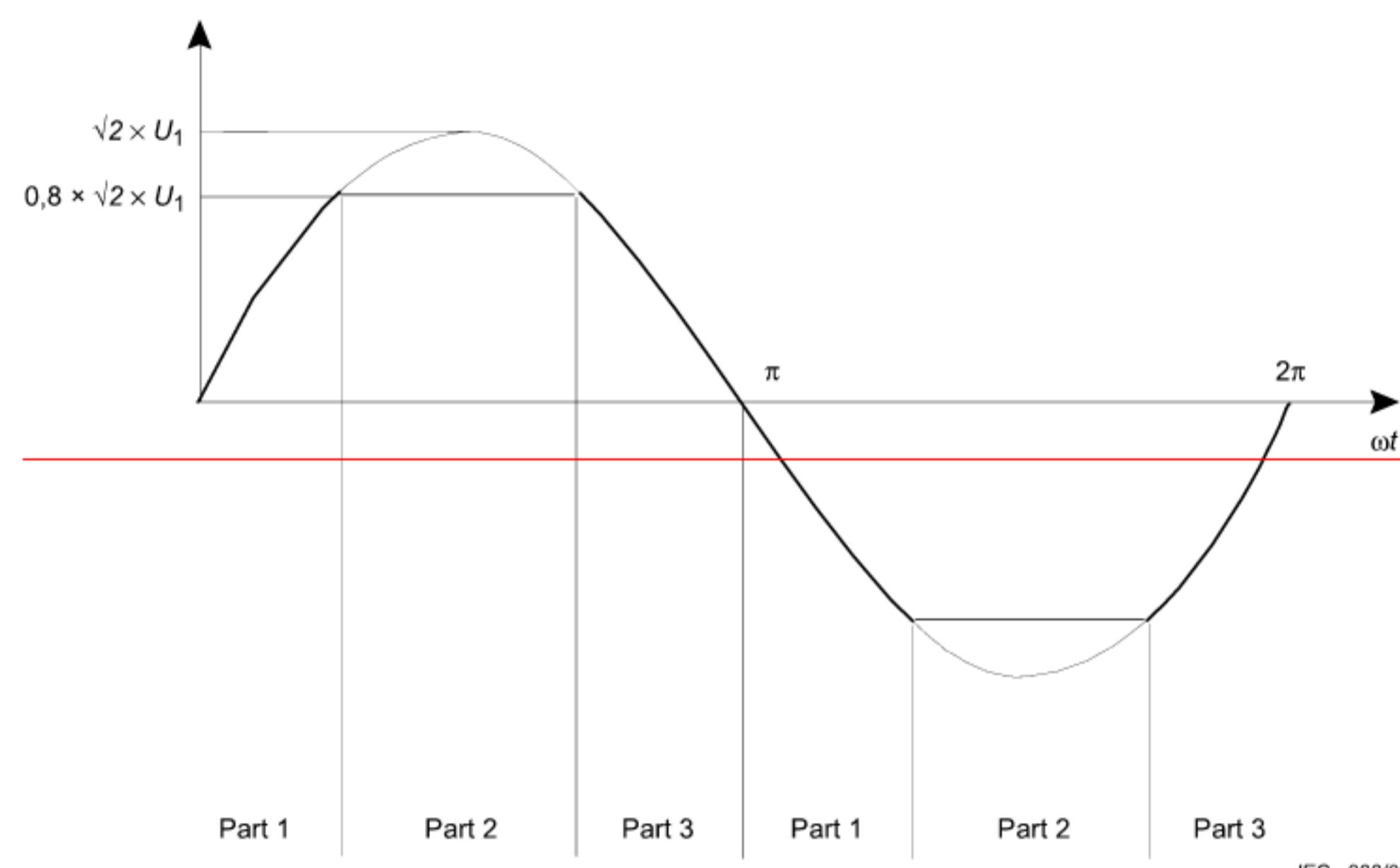




IEC 670/09

NOTE U_h = value of superimposed harmonics in %.

**Figure 5 – An example of the sweep in frequency test
(for example class-2 1 equipment from Table 9)**



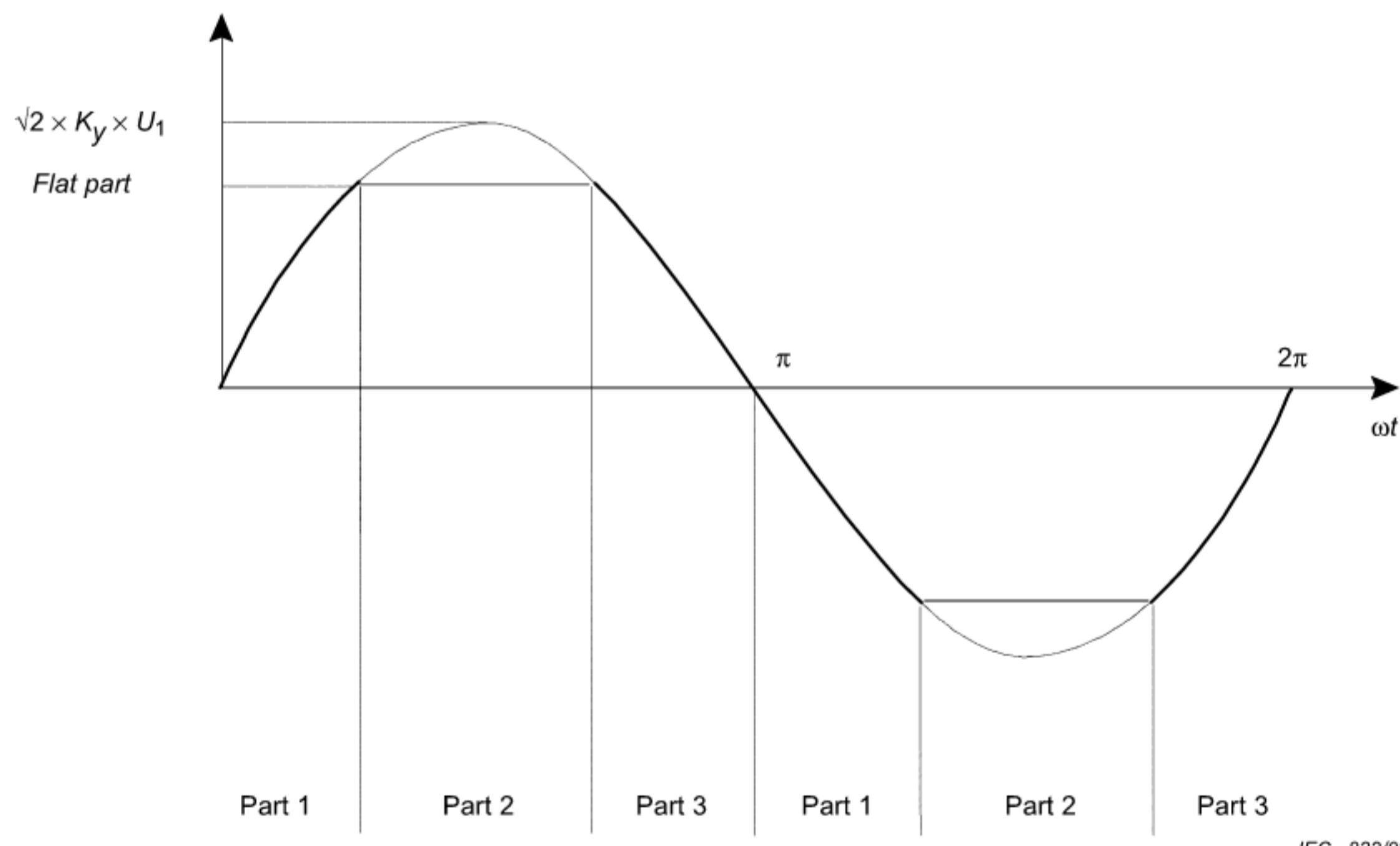
Example for class 3:

~~$U_1 = 255,7 \text{ V}$ (fundamental voltage)~~

~~$\sqrt{2} \times U_1 = 361,6 \text{ V}$ (U_1 -peak voltage)~~

~~$0,8 \times \sqrt{2} \times U_1 = 289,3 \text{ V}$ (max. voltage of flat curve)~~

~~$U_{\text{r.m.s.}} = 230 \text{ V}$ (resultant rms voltage)~~



Examples with $U_1 = 230 \text{ V}$:

For class 1: $K_1 = 1,013 \ 3$

Peak voltage: $U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 329,6 \text{ V}$

Voltage of flat part: $0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 313,1 \text{ V}$

For class 2: $K_2 = 1,037 \ 9$

Peak voltage: $U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 337,6 \text{ V}$

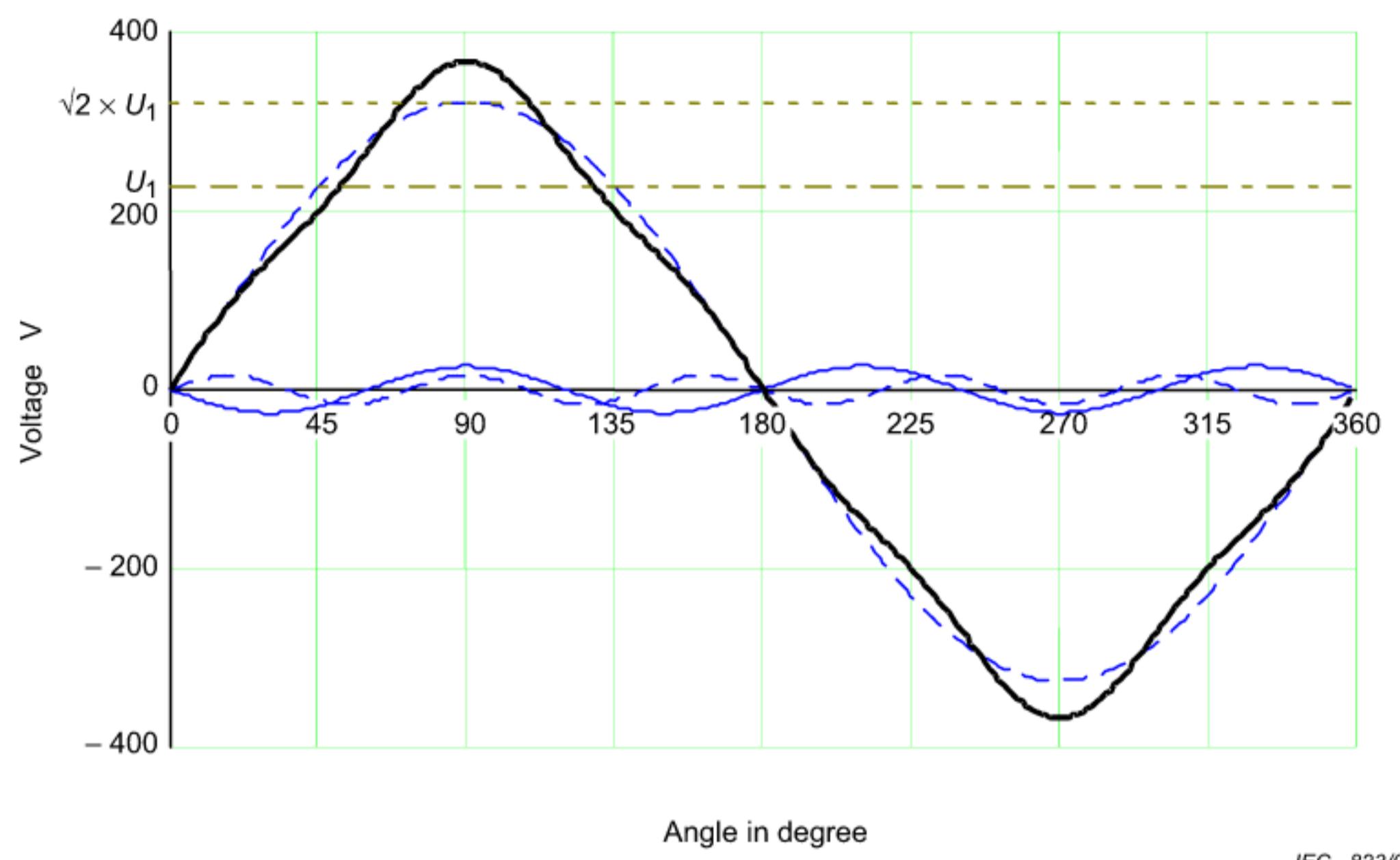
Voltage of flat part: $0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 303,8 \text{ V}$

For class 3: $K_3 = 1,111 \ 7$

Peak voltage: $U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 361,6 \text{ V}$

Voltage of flat part: $0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 289,3 \text{ V}$

Figure 6 – Flat curve waveshape



IEC 823/02

Example for class 3:

$$U_{\text{r.m.s.}} = 230 \text{ V} \text{ (resultant voltage)}$$

$$U_1 = 229 \text{ V} \text{ (fundamental voltage)}$$

$$h = 3: 8 \% \text{ of } U_1 / 180^\circ$$

$$h = 5: 5 \% \text{ of } U_1 / 0^\circ$$

Figure 7 – Over swing waveshape

Annex A
(informative)**Impedance network between voltage source and EUT**

Most test generators have an extremely low, near zero, impedance which does not present a problem for testing. However, if it can be determined by a product committee that an impedance network is desired to find possible resonance between line and the EUT that could be excited by harmonics, the IEC 60725 impedance network is suggested.

As a result of LC resonant circuits formed by network line impedance and capacitor(s) inside an EUT, resonant phenomena excited by harmonic voltage sources can appear. These resonant phenomena can affect the proper operation of an EUT.

This leads to the necessity to place an impedance between the voltage fundamental and harmonics source and the EUT. Mains disturbance effects are likely to occur for high-level lower frequency harmonics when they excite these resonant circuits.

The IEC 60725 impedance network (phase $Z = 0,24 + j 0,15 \Omega$, neutral $Z = 0,16 + j 0,10 \Omega$ at 50 Hz) is specified to be inserted in the test set-up between the source and EUT to detect possible damaging resonant phenomena excited by harmonics.

The representative impedance for 60 Hz networks is suggested as follows:

- for 120 / 208 V (phase $Z = 0,10 + j 0,04 \Omega$, neutral $Z = 0,10 + j 0,03 \Omega$)
- for 347 / 600 V (phase $Z = 0,29 + j 0,07 \Omega$, neutral $Z = 0,30 + j 0,04 \Omega$)

Product committees are free to realise additional tests with other impedance values considered to be of significant interest with regard to interactions with the EUT.

Annex B
(informative)

Resonance point

The definition of a resonant frequency, in 8.2.2, was selected because an increasing current with an increase in the frequency is not enough to determine the start of the resonant frequency, for example a capacitor alone causes an increasing current while increasing the frequency, even without a resonance. A decreasing current demonstrates that there is a resonance.

A resonance point for example may be assumed, if the harmonic or interharmonic current at a constant harmonic voltage amplitude reaches a maximum value at a frequency f_{res} , and the current decreases by 3 dB in the frequency range f_{res} to $1.5 f_{\text{res}}$. A resonance frequency can cause significant thermal disturbances. Thermal effects are not considered in this standard.

In practice, resonances appear especially at higher frequencies.

Example:

A transformer is loaded by a capacitor. The capacitor causes a rising transformer current by increasing the frequency. If the leakage inductance of the transformer and the capacitor cause a resonance, a peak in the amplitude of current can occur. If the frequency is further increased, the transformer current decreases.

The harmonic and interharmonic currents can cause additional dissipation in the transformer. This interaction can cause a degradation of the performance of an EUT. The heating effects due to this increased dissipation are not considered in this standard.

Annex C
(informative)**Electromagnetic environment classes**

The following classes of electromagnetic environment 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 1 Class 1 environments normally contain equipment which requires protection by such apparatus as uninterruptible power supplies (UPS) or filters.

NOTE 2 If UPS with high distortion level is used, class 2 may be recommended.

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.

Bibliography

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

IEC 60725: *Considerations on reference impedances for use in determining the disturbance characteristics of household appliances and similar electrical equipment*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	35
INTRODUCTION.....	37
1 Domaine d'application et objet	38
2 Références normatives	38
3 Définitions	39
4 Généralités.....	40
4.1 Description du phénomène	40
4.2 Sources.....	41
5 Niveaux d'essai	42
5.1 Niveaux d'essai harmonique	42
5.2 Niveaux d'essai pour inter-harmoniques et transmission de signaux	44
6 Instruments d'essai.....	45
6.1 Générateur d'essai	45
6.2 Contrôle des caractéristiques du générateur	47
7 Montage d'essai.....	47
8 Procédures d'essai	48
8.1 Procédure d'essai.....	48
8.2 Exécution de l'essai.....	48
9 Evaluation des résultats d'essai	56
10 Rapport d'essai.....	56
Annexe A (informative) Réseau d'impédance entre source de tension et EST	62
Annexe B (informative) Point de résonance	63
Annexe C (informative) Classes d'environnement électromagnétique	64
Bibliographie	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif

AVANT-PROPOS

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

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

Cette version consolidée de l'IEC 61000-4-13 porte le numéro d'édition 1.2. Elle comprend la première édition (2002-03) [documents 77A/368/FDIS et 77A/377/RVD], son amendement 1 (2009-05) [documents 77A/668/CDV et 77A/684/RVC] et son amendement 2 (2015-12) [documents 77A/904/FDIS et 77A/916/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 61000-4-13 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Cette norme a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au guide107 de l'IEC.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 3.

Les annexes A, B et C 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 stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties séparées, 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 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

- Guides 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).

La présente partie constitue une publication fondamentale en CEM traitant des prescriptions d'immunité aux harmoniques et inter-harmoniques et les procédures d'essai y relatives, y compris les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 61000 définit les méthodes d'essai d'immunité ainsi que la gamme des niveaux d'essais fondamentaux recommandés pour les matériels électriques et électroniques dont le courant assigné d'entrée est inférieur à 16 A par phase, à des fréquences de perturbation allant jusqu'à et y compris 2 kHz (pour réseau 50 Hz) et 2,4 kHz (pour réseau 60 Hz) pour des harmoniques et inter-harmoniques sur réseaux d'alimentation basse tension.

Elle ne s'applique pas aux matériels électriques et électroniques connectés aux réseaux électriques alternatifs de fréquence 16 2/3 Hz ou 400 Hz. Les essais pour ces réseaux seront traités dans des normes 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 aux harmoniques et inter-harmoniques et aux fréquences des signaux transmis sur le réseau. La méthode d'essai décrite dans cette partie de l'IEC 61000 décrit une méthode robuste pour estimer l'immunité d'un matériel ou d'un système à un phénomène prédéfini. Comme décrit dans le Guide 107 de l'IEC, ce document est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produit de l'IEC. Comme également mentionné dans le Guide 107, les comités de produit sont responsables du choix d'utilisation ou non de cette norme d'essai d'immunité; et si utilisées, ils sont responsables de la définition des niveaux d'essai appropriés et des critères de performance. Le TC 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produit pour l'évaluation de la pertinence des tests particuliers d'immunité pour leurs produits.

Le contrôle de fiabilité des composants électriques (comme les condensateurs, les filtres, etc.) ne rentre pas dans le cadre de la présente norme. Les effets thermiques longue durée (supérieurs à 15 min) ne sont pas traités dans la présente norme.

Les niveaux proposés correspondent généralement aux environnements résidentiels, commerciaux, et de l'industrie légère. Pour des environnements propres à l'industrie lourde, il est de la responsabilité des comités de produits de définir les niveaux requis via la classe X. Ils ont également la possibilité de définir des formes d'ondes plus complexes pour leurs propres besoins. Toutefois, il est à noter que les formes d'ondes simples proposées ont été principalement observées sur plusieurs réseaux (en général courbe plate pour les systèmes monophasés) et également sur les réseaux industriels (en général courbe d'oscillation pour systèmes triphasés).

2 Références normatives

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

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

IEC 61000-2-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-2: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation à basse tension*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils $\leq 16\text{ A}$ par phase)*

IEC 61000-4-7, *Compatibilité Électromagnétique (CEM) – Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'inter-harmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'IEC 61000, les définitions de l'IEC 60050(161) ainsi que les suivantes s'appliquent:

3.1

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]

3.2

composante harmonique; harmonique

composante d'un rang supérieur à 1 du développement en série de Fourier d'une grandeur périodique

[VEI 161-02-18]

3.3

composante fondamentale; fondamental

composante de rang 1 du développement en série de Fourier d'une grandeur périodique

[VEI 161-02-17]

3.4

forme d'onde courbe plate

forme d'onde suivant une fonction temporelle dans laquelle chaque demi-onde se compose de trois parties:

partie 1: démarre à zéro en suivant une fonction purement sinusoïdale jusqu'à la valeur spécifiée;

partie 2: est une valeur constante;

partie 3: suit une fonction purement sinusoïdale jusqu'à la valeur zéro

3.5

forme d'onde d'oscillation

forme d'onde composée de valeurs discrètes de l'harmonique fondamentale, les 3ème et 5ème harmoniques avec déphasage spécifié

3.6

f_1

fréquence fondamentale

3.7

fréquence de transmission de signaux

fréquences d'un signal entre les harmoniques pour le contrôle et la communication

3.8**EST**

équipement soumis aux essais (équipement sous test)

4 Généralités

4.1 Description du phénomène

4.1.1 Harmoniques

Les harmoniques sont des tensions et courants sinusoïdaux dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence à laquelle le système d'alimentation fonctionne.

Les perturbations harmoniques sont généralement provoquées par des matériels à caractéristique de tension – courant non linéaire ou par commutation périodique et synchronisée de charges. De tels matériels peuvent être considérés comme des sources de courants harmoniques.

Les courants harmoniques provenant des diverses sources provoquent des chutes de tension harmoniques au travers de l'impédance du réseau.

Une capacité de câble, une inductance de ligne et la connexion de condensateurs de correction de facteur de puissance peuvent entraîner une résonance parallèle ou série dans le réseau et provoquer une amplification de la tension harmonique même en un point éloigné de la charge perturbante. Les formes d'ondes proposées sont le résultat de l'addition de différents rangs d'harmoniques d'une ou plusieurs sources d'harmoniques.

4.1.2 Inter-harmoniques

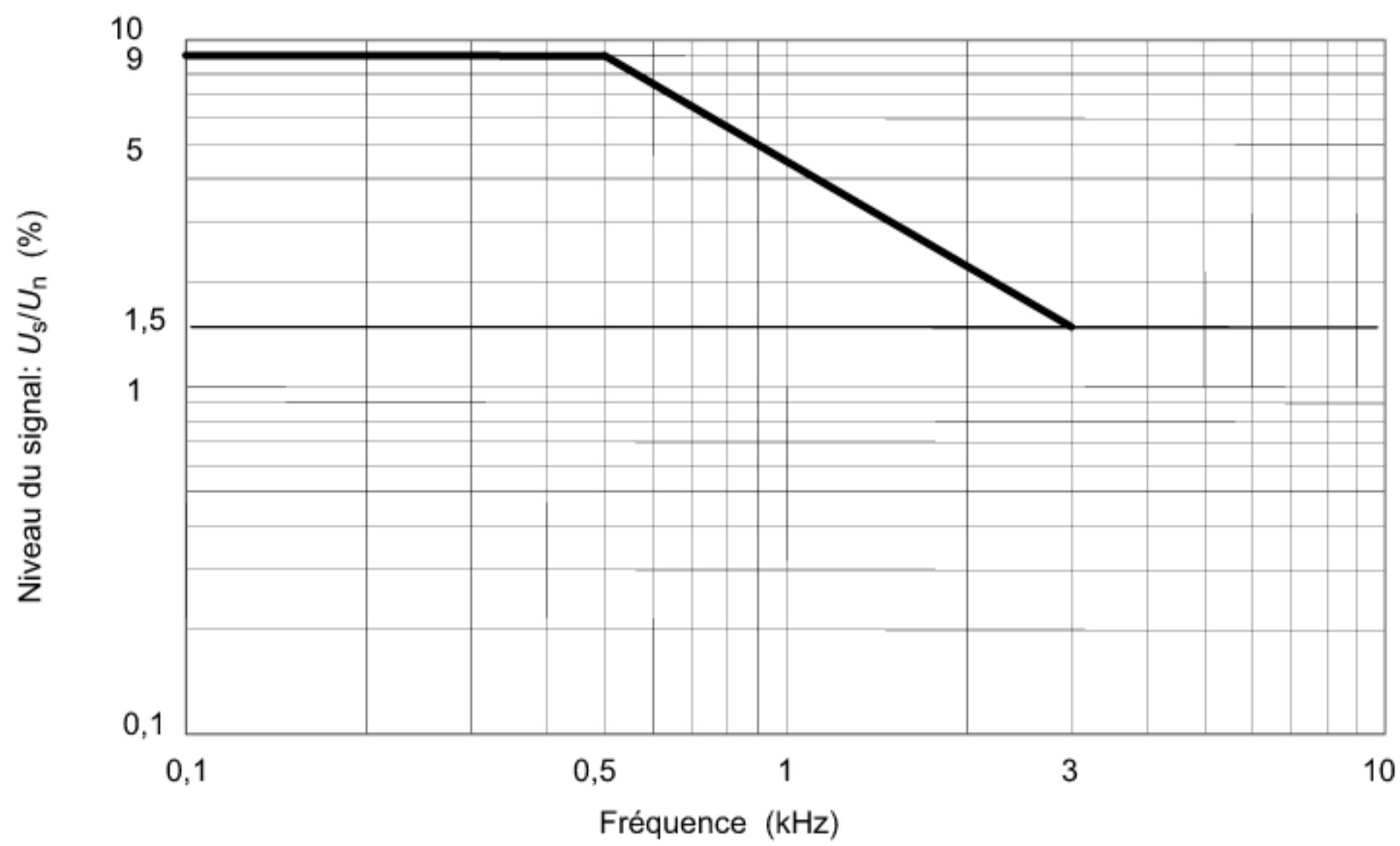
Entre les tensions et courants harmoniques à la fréquence du réseau, on peut observer d'autres fréquences qui ne sont pas des multiples entiers du fondamental. Elles peuvent se présenter comme des fréquences discrètes ou comme un spectre à large bande. L'addition des diverses sources d'inter-harmoniques est peu probable et n'est prise pas en compte dans cette norme.

4.1.3 Transmission de signaux (télécommande centralisée)

Fréquences d'un signal allant de ~~110~~ 100 Hz à 3 kHz utilisées dans les réseaux ou dans des parties de ceux-ci pour véhiculer des informations d'un point d'émission vers un ou plusieurs points de réception.

Dans le cadre de cette norme, la gamme de fréquences est limitée à ~~2 kHz/50 Hz~~ 2,4 kHz (2,4 kHz/60 Hz).

Pour la courbe de Meister, voir la Figure 8.



IEC

NOTE La figure est tirée de l'IEC 61000-2-2:2007, Figure 3.

Figure 8 – Courbe de Meister pour les systèmes de télécommande centralisée dans les réseaux publics (100 Hz à 3 000 Hz)

4.2 Sources

4.2.1 Harmoniques

Les courants harmoniques sont générés, dans une faible mesure, par des matériels de production, de transmission et de distribution, et dans une large mesure par des charges industrielles et résidentielles. Parfois, seules quelques sources génèrent des courants harmoniques importants dans un réseau ; le niveau harmonique individuel de la majorité des autres matériels est bas, cependant ceux-ci peuvent représenter une contribution relativement élevée à la distorsion harmonique en tension, au moins pour les rangs harmoniques bas du fait de leur addition.

Des courants harmoniques importants dans un réseau peuvent être générés par des charges non linéaires, par exemple:

- les redresseurs commandés ou non commandés, notamment avec lissage capacitif (comme ceux utilisés en télévision, les convertisseurs statiques directs ou indirects et les lampes à ballast intégré), car ces harmoniques sont approximativement en phase tout en provenant de diverses sources et il n'y a qu'une faible compensation dans le réseau;
- matériels avec réglage de phase, certains types d'ordinateurs et matériels à alimentation sans interruption.

Les sources peuvent produire des harmoniques à un niveau constant ou variable suivant la méthode de fonctionnement.

4.2.2 Inter-harmoniques

Les sources d'inter-harmoniques peuvent être trouvées dans les réseaux basse tension ainsi que dans les réseaux moyenne et haute tension. Les inter-harmoniques produites dans les réseaux moyenne/haute tension se transmettent aux réseaux basse tension qu'ils alimentent, et réciproquement.

Les sources principales sont les convertisseurs statiques directs et indirects, les machines de soudage et les fours à arc.

4.2.3 Transmission de signaux (télécommande centralisée)

Les sources des fréquences de transmission de signaux couvertes par cette norme sont les émetteurs fonctionnant principalement dans la gamme de fréquences allant de ~~110~~ ¹⁰⁰ Hz à ~~2~~ ² kHz ~~(2,4 kHz)~~ et permettant au gestionnaire du réseau de contrôler les matériels sur le réseau d'alimentation (éclairage public, tarifs pour les compteurs, etc.). L'énergie de l'émetteur est couplée au réseau en haute, moyenne ou basse tension. Les émetteurs fonctionnent avec des signaux en tout ou rien et en général pour une courte période uniquement. Les fréquences utilisées se trouvent généralement entre deux harmoniques.

5 Niveaux d'essai

Le niveau d'essai est la tension harmonique spécifiée en tant que pourcentage de la tension fondamentale. Les tensions données dans cette norme ont comme base la tension nominale du réseau d'alimentation (U_1 fondamentale).

Il est essentiel que la tension efficace des formes d'onde résultantes reste à la valeur nominale pendant l'exécution de ces essais en réglant les valeurs de tensions du fondamental et des harmoniques conformément aux pourcentages indiqués dans les tableaux correspondants (par exemple 230 V efficace, 120 V efficace).

5.1 Niveaux d'essai harmonique

La gamme préférentielle de niveaux d'essai pour harmoniques individuelles est indiquée dans les tableaux 1 à 3.

Les tensions harmoniques à un niveau d'essai de 3 % et plus, jusqu'à la 9ème harmonique, doivent être appliquées avec un déphasage de 0° et de 180° par rapport au passage par le zéro positif du fondamental. Les tensions harmoniques à un niveau d'essai inférieur à 3 % doivent être appliquées sans déphasage par rapport au passage par le zéro positif du fondamental.

Pour les niveaux de compatibilité, se référer à l'IEC 61000-2-2 utilisant un facteur k . Les niveaux d'immunité doivent être supérieurs (par exemple 1,5 fois additionnellement).

Voir 8.2.5 pour l'application de l'essai à un EST polyphasé.

Tableau 1 – Harmoniques impairs non multiples de 3

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
5	4,5	9	12	Ouvert
7	4,5	7,5	10	Ouvert
11	4,5	5	7	Ouvert
13	4	4,5	7	Ouvert
17	3	3	6	Ouvert
19	2	2	6	Ouvert
23	2	2	6	Ouvert
25	2	2	6	Ouvert
29	1,5	1,5	5	Ouvert
31	1,5	1,5	3	Ouvert
35	1,5	1,5	3	Ouvert
37	1,5	1,5	3	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

Tableau 2 – Harmoniques impairs multiples de 3

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
3	4,5	8	9	Ouvert
9	2	2,5	4	Ouvert
15	Aucun essai	Aucun essai	3	Ouvert
21	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
27	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
33	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
39	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux donnés pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

Tableau 3 – Harmoniques pairs

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
2	3	3	5	Ouvert
4	1,5	1,5	2	Ouvert
6	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
8	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
10	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
12-40	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

5.2 Niveaux d'essai pour inter-harmoniques ~~et transmission de signaux~~

Les gammes préférentielles de niveaux d'essai sont indiquées aux tableaux 4a et 4b.

Tableau 4 – Fréquences entre fréquences harmoniques**Tableau 4a – Fréquences entre fréquences harmoniques (pour réseaux 50 Hz)**

Gamme de fréquences	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
Hz	Niveaux d'essai % U_1			
16 – 100	Aucun essai	2,5	4	Ouvert
100 – 500	Aucun essai	5	9	Ouvert
500 – 750	Aucun essai	3,5	5	Ouvert
750 – 1 000	Aucun essai	2	3	Ouvert
1 000 – 2 000	Aucun essai	1,5	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits.

Tableau 4b – Fréquences entre fréquences harmoniques (pour réseaux 60 Hz)

Gamme de fréquence Hz	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
20 – 120	Aucun essai	2,5	4	Ouvert
120 – 600	Aucun essai	5	7,5	Ouvert
600 – 900	Aucun essai	3,5	5	Ouvert
900 – 1 200	Aucun essai	2	3	Ouvert
1 200 – 2 400	Aucun essai	1,5	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits.

Les niveaux d'essai d'immunité pour inter-harmoniques au-dessus de 100 Hz sont ~~couverts par fondés sur~~ les niveaux de transmission de signaux ~~sur les réseaux et en option par~~ ou sur les niveaux de la courbe de Meister définis en 8.2.4 ~~en fonction de la classe de matériel soumis à l'essai. Les niveaux de transmission de signaux se situent dans la gamme comprise entre 2 % à 6 % de U_1 .~~ Les fréquences inter-harmoniques discrètes ont un niveau d'environ 0,5 % de la tension de fréquence fondamentale U_1 (en l'absence de résonance). En classe 3 pour les réseaux industriels, ces niveaux peuvent être largement supérieurs.

6 Instruments d'essai

6.1 Générateur d'essai

Le générateur d'essai doit être capable de générer un signal d'une fréquence fondamentale de 50 Hz ou 60 Hz et de superposer les fréquences requises (harmoniques et fréquences entre harmoniques).

Le générateur d'essai doit être suffisamment filtré de manière que les perturbations harmoniques et inter-harmoniques n'aient aucun effet sur tout matériel auxiliaire qui pourrait être utilisé pour exécuter l'essai.

Les niveaux d'essai définis aux tableaux 1 à 4 doivent être appliqués aux bornes de l'EST connecté sous des conditions normales (monophasé ou triphasé) et fonctionnant comme indiqué dans la norme de produits correspondante.

Les caractéristiques du générateur d'essai doivent être les suivantes:

Tableau 5 – Caractéristiques du générateur d'essai

Courant de sortie par phase à la tension assignée	Doit répondre aux exigences pour un EST en fonctionnement (voir note 1)
Tension fondamentale:	
- Amplitude U_1	Tension nominale du réseau $\pm 2\%$ en monophasé
- Fréquence	Tension nominale du réseau $\pm 2\%$ en triphasé
- Angle entre phases	50 Hz $\pm 0,5\%$ ou 60 Hz $\pm 0,5\%$ 120° $\pm 1,5^\circ$ (connexion en étoile)
Harmoniques individuelles présélectionnables:	Voir note 2
- Rang	2 à 40
- Amplitude U_h	
• Gamme	0 % à 14 % U_1
• Précision	La plus grande valeur de $\pm 5,0\% U_h$ ou 0,1 % U_1
- Angle de phase ϕ_h	
• $h = 2$ à 9	0°; 180° (voir également note 6)
• Précision du déplacement de phase au passage par zéro par rapport au fondamental	$\pm 2^\circ$ du fondamental
Combinaison d'harmoniques:	Voir note 3
Fréquences entre harmoniques:	Voir note 2
- Amplitude	
• Gamme	0 % à 10 % U_1
• Précision	Au plus près de $\pm 5,0\% U_h$ ou 0,1 % U_1
- Fréquence	
• Gamme	$0,33 \times f_1$ à $40 \times f_1$
• Pas de réglage	$= 0,1 \times f_1$
$f = (0,33 \text{ à } 2) \times f_1$	$= 0,2 \times f_1$
$f = (2 \text{ à } 20) \times f_1$	$= 0,5 \times f_1$
$f > 20 \times f_1$	$\pm 0,5\% f$
• Erreur maximale de la valeur réglée	
Impédance de sortie	Voir note 4
Réseau d'impédance extérieur	Voir note 5
NOTE 1 Le générateur doit avoir un courant de sortie suffisant pour tester l'EST ou pour un courant d'entrée assigné maximal de 16 A efficace par phase. Les autres valeurs peuvent être indiquées dans la norme de produits ou la spécification de produits.	
NOTE 2 Le générateur doit fournir des possibilités de contrôle pour la sélection de l'amplitude, de la fréquence, de l'angle de phase et du type de séquence de la tension superposée.	
NOTE 3 L'option permettant de superposer plus d'une tension dans chaque phase doit être disponible sur le générateur.	
NOTE 4 Aucune impédance de sortie n'est définie car la source de tension interne doit être contrôlée de manière que la chute de tension à travers l'impédance interne soit compensée et que les valeurs de consigne soient respectées aux bornes de l'EST. Les connexions doivent être les plus courtes possibles.	
NOTE 5 Un réseau d'impédance en série extérieur peut être utilisé, mais uniquement pour rechercher la résonance possible excitée par les harmoniques. Il est conseillé d'utiliser le réseau d'impédance de l'IEC 60725. Voir l'annexe A de cette norme pour information.	
NOTE 6 ϕ_h est la différence de phase entre le passage par le zéro positif de la tension fondamentale et le passage par le zéro positif de la tension harmonique exprimée en degrés de la fréquence harmonique.	

6.2 Contrôle des caractéristiques du générateur

Les caractéristiques de sortie du générateur doivent être contrôlées à ses bornes avant l'essai. A cette fin, la tension aux bornes doit être contrôlée par un analyseur d'harmoniques conformément à l'IEC 61000-4-7, classe de précision A, et les valeurs superposées doivent être stockées et/ou imprimées. Pour une vue d'ensemble, un oscillateur peut également être utilisé.

La distorsion de tension harmonique maximale du générateur doit être conforme à l'IEC 61000-3-2 (lorsqu'aucun rang harmonique/inter-harmonique n'est sélectionné). Les tolérances de distorsion maximales pour l'alimentation de l'EST sont indiquées dans le tableau 6.

Tableau 6 – Distorsion de tension harmonique maximale

Rang de l'harmonique	% de U_1
3	0,9
5	0,4
7	0,3
9	0,2
2 à 10 (harmoniques paires)	0,2
11-40	0,1

La valeur crête de la tension d'essai doit être comprise entre 1,40 fois et 1,42 fois sa valeur efficace et doit être atteinte entre 87° et 93° après le passage par zéro. Le changement de tension de sortie maximal entre l'absence de charge et le courant assigné de l'EST doit être de ±2 % de la tension nominale.

Les caractéristiques du générateur spécifiées en 6.1 indiquent des générateurs à basse impédance interne. Pour simplifier la procédure, le contrôle des caractéristiques du générateur conforme à 6.2 doit être effectué en l'absence de réseau extérieur d'impédance.

7 Montage d'essai

Les matériels d'essai suivants peuvent être utilisés en plus du générateur d'essai pour l'essai d'immunité:

- analyseur pour harmoniques et inter-harmoniques conformément à l'IEC 61000-4-7 pour le contrôle de la tension d'essai aux bornes de l'EST;
- unité de contrôle fournissant la séquence des tensions superposées sélectionnées pendant un essai;
- imprimante ou traceur pour la documentation de la séquence de tension d'essai;
- oscilloscope pour le contrôle de la tension d'alimentation sur l'EST.

Certains de ces appareils peuvent être combinés en une seule unité.

Des exemples de montages d'essais sont donnés:

- à la figure 2 pour un EST monophasé;
- à la figure 3 pour un EST triphasé.

8 Procédures d'essai

8.1 Procédure d'essai

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 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.

8.1.2 Plan d'essai

Un plan d'essai doit être préparé avant de démarrer tout essai sur un matériel donné.

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

- description de l'EST;
- informations sur les connexions possibles (prises, bornes, etc.), les câbles correspondants et les périphériques;
- prise d'alimentation du matériel à tester;
- modes de fonctionnement représentatifs de l'EST pour l'essai;
- type d'essais/niveaux d'essai;
- critères de performances sous les conditions d'essai tels qu'ils sont spécifiés par la norme ou le constructeur;
- description du montage d'essai.

Si le matériel auxiliaire n'est pas disponible pour l'essai, il peut être simulé.

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 approprié sera effectué après chaque groupe d'essais.

8.2 Exécution de l'essai

Les figures 1a et 1b ont été ajoutées pour indiquer comment optimiser le temps d'essai sans compromettre sa fiabilité. Les niveaux d'essai de l'essai de « combinaisons d'harmoniques » et de l'essai de « balayage de fréquences » dépassent les niveaux d'essai de l'essai « d'harmoniques individuelles ». Pour la classe 1 et la classe 2, lorsque la courbe de Meister n'est pas appliquée, l'essai d'immunité pour les inter-harmoniques est applicable.

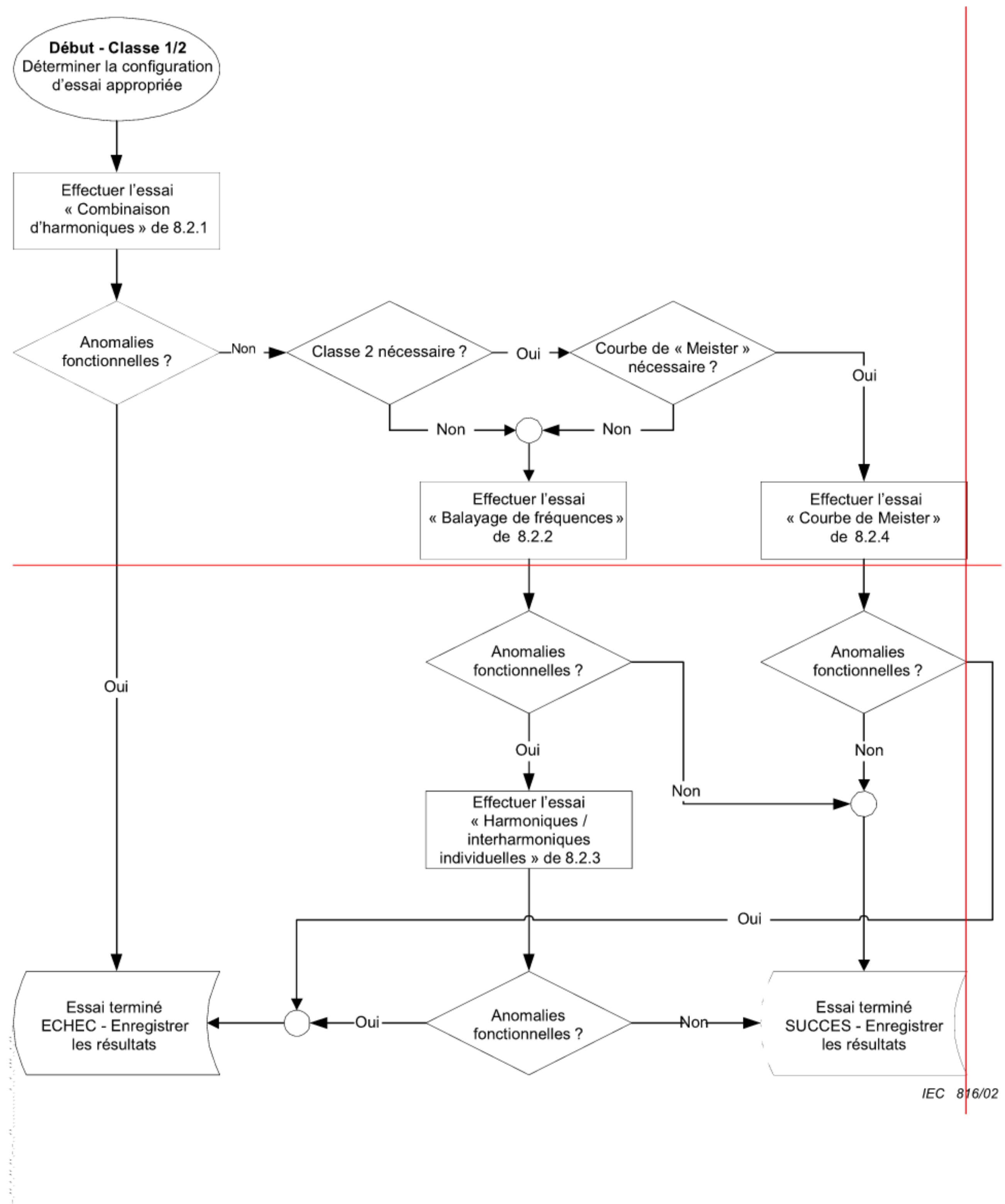
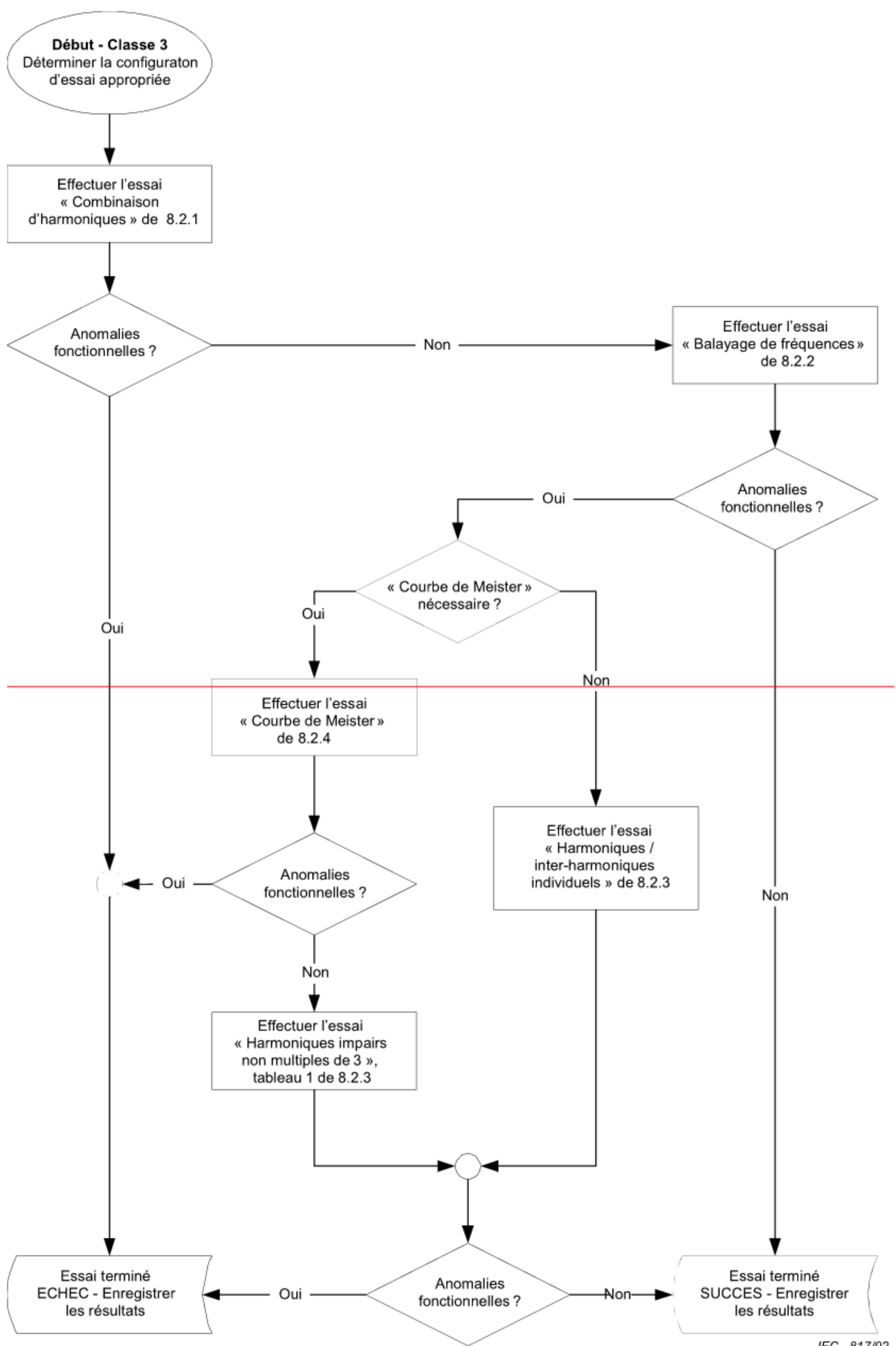
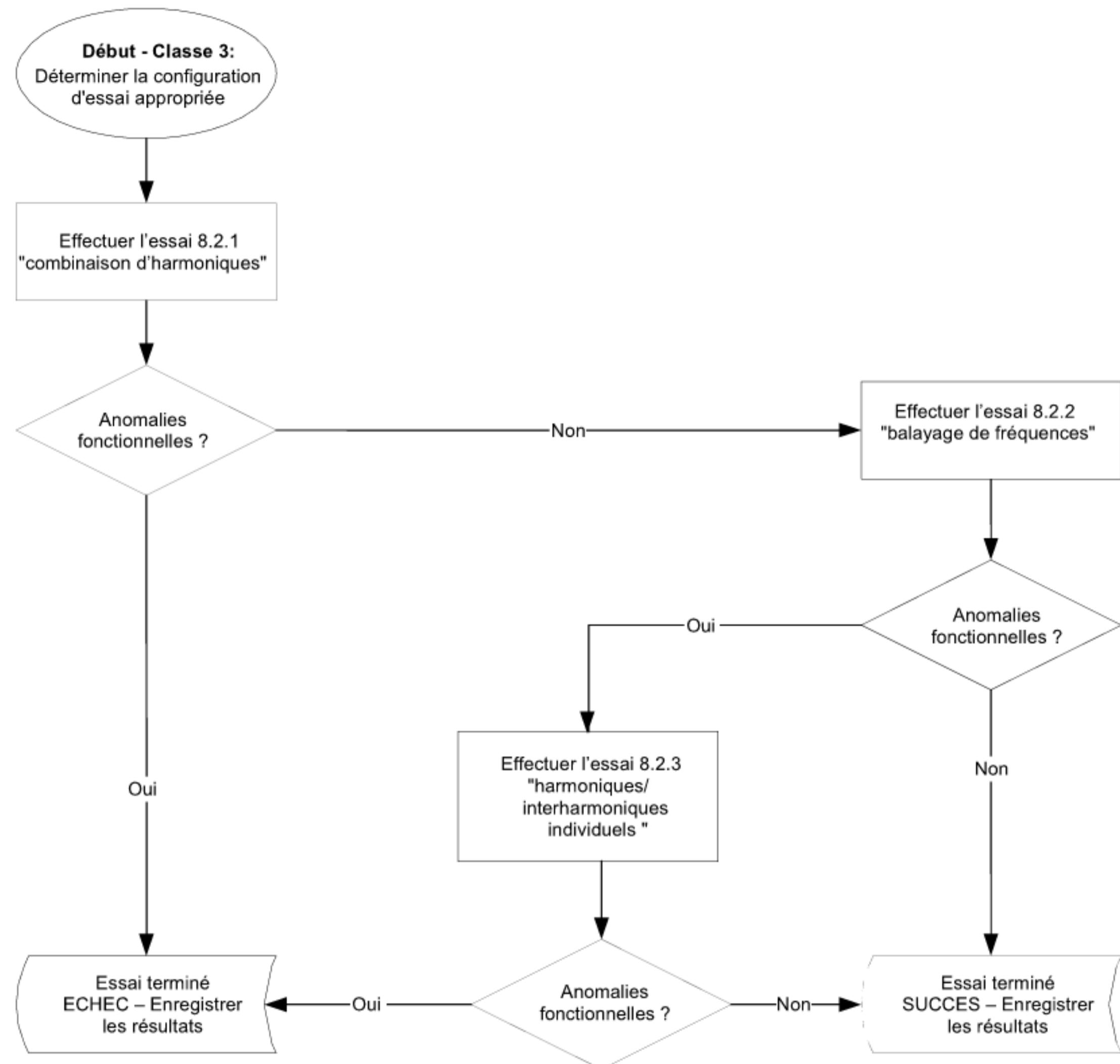




Figure 1a – Synoptique d'essai pour la classe 1 et pour la classe 2





IEC 669/09

Figure 1b – Synoptique d'essai pour la classe 3**Figure 1 – Synoptiques d'essai**

8.2.1 Essai de combinaison d'harmoniques courbe plate et courbe d'oscillation

Les deux essais de combinaisons d'harmoniques à effectuer sont la courbe plate et la courbe d'oscillation. L'EST doit être soumis à l'essai pendant 2 min pour chaque combinaison d'harmoniques conformément aux Tableaux 7 et 8. Les formes d'onde temporelle sont illustrées à la Figure 6 et à la Figure 7 pour les essais courbe plate et pour les essais courbe d'oscillation.

Courbe plate: la tension suit une fonction temporelle dans laquelle chaque demi-onde se compose de trois parties. Voir la Figure 6.

- La Partie 1 commence à zéro et suit une fonction purement sinusoïdale jusqu'à 95 % de la valeur de crête pour la classe 1, 90 % de la valeur crête pour la classe 2 et jusqu'à 80 % pour la classe 3.
- La Partie 2 est une tension constante.
- La Partie 3 est équivalente à la Partie 1 (et suit une fonction purement sinusoïdale).

La valeur efficace de la forme d'onde résultante doit être maintenue à la tension nominale durant l'application de cet essai. Cela signifie que la partie sinusoïdale de la forme d'onde doit être augmentée en amplitude par le facteur K_y indiqué dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Fonction temporelle, "courbe plate"

Fonction (Parties 1 et 3)	Rapport de tension K_y	Tension (Parties 1 et 3)	Fonction (Partie 2)	Tension (Partie 2)	Classe
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,95$	1,0133	$u = U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,95 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2}$	1
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,9$	1,0379	$u = U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,9 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2}$	2
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,8$	1,1117	$u = U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,8 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2}$	3
$0 \leq \sin(\omega t) \leq X$	X	$u = U_1 \times K_x \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$X \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm X \times U_1 \times K_x \times \sqrt{2}$	X

NOTE 1 Les classes 1, 2, et 3 sont définies à l'Annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces Il faut que le niveau x doivent être soit définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur des réseaux publics d'alimentation, il faut que les valeurs doivent être ne soient pas inférieures à celles de la classe 2.

NOTE 3 Écart maximal: $\Delta u = \pm(0,01 \times U_1 \times \sqrt{2} + 0,005 \times u)$.

Courbe d'oscillation: la courbe d'oscillation est générée en ajoutant une valeur discrète de la 3ème harmonique et également de la 5ème harmonique, chacune avec la relation de phase correspondante.

Tableau 8 – Combinaison d'harmoniques, "courbe d'oscillation"

h	3	5	Classe
% de U_1	4 % / 180°	3 % / 0°	1
% de U_1	6 % / 180°	4 % / 0°	2
% de U_1	8 % / 180°	5 % / 0°	3
% de U_1	X / 180°	X / 0°	X

NOTE 1 Les classes 1, 2, et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces Il faut que le niveau x doivent être soit définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur des réseaux publics d'alimentation, il faut que les valeurs doivent être ne soient pas inférieures à celles de la classe 2.

8.2.2 Méthode d'essai de « balayage de fréquences »

Le montage des matériels pour les essais de balayage de fréquences est indiqué aux Figures 2 et 3. L'amplitude des fréquences de balayage dépend de la gamme de fréquences (voir Tableau 9 et Figure 5). Il convient que le balayage (analogique) ou la vitesse d'échelon (numérique) ~~devrait être~~ soit tel que le temps mis par décade ne soit pas inférieur à 5 min, comme indiqué à la Figure 5. Le balayage de fréquences s'arrêtera sur les fréquences où des anomalies de performances sont détectées ~~ainsi qu'à toutes les fréquences de résonance~~. Il convient que la durée d'essai à chaque ~~point de séjour devrait être~~ palier soit d'au moins 120 s. ~~La fréquence de résonance doit être sélectionnée à l'aide d'un oscilloscope ou tout autre méthode équivalente, comme par exemple un analyseur de spectre.~~

~~Pour les besoins de cette norme, la fréquence de résonance doit avoir les caractéristiques suivantes:~~

~~Si le courant harmonique ou inter-harmonique, à une amplitude constante de tension harmonique, a atteint une valeur maximale à une fréquence f , et que le courant diminue d'au moins 3 dB dans la gamme de fréquences f_{res} à $1,5 \times f_{res}$, la fréquence f doit être identifiée comme une fréquence de résonance f_{res} . Lorsque la valeur maximale du courant est atteinte et qu'un changement dans l'amplitude a permis d'obtenir la gamme de fréquence f_{res} à $1,5 \times f_{res}$, une nouvelle recherche du point résonant doit être effectuée à une amplitude inférieure mais constante. Les fréquences de résonance doivent être définies une fois l'essai de balayage de fréquence terminé.~~

~~Se reporter à l'annexe B pour le choix des fréquences de résonance.~~

NOTE Les anomalies peuvent également être provoquées par des résonances. Des précisions supplémentaires figurent à l'Annexe B.

Tableau 9 – Niveaux d'essai en balayage de fréquences

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
f	Δf	Niveaux d'essai % U_1			
$0,33 \times f_1$ à $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	2	3	4,5	Ouvert
$2 \times f_1$ à $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	5	9	14	Ouvert
$10 \times f_1$ à $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	4	4,5	9	Ouvert
$20 \times f_1$ à $30 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	6	Ouvert
$30 \times f_1$ à $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	4	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur les réseaux publics d'alimentation, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

8.2.3 Harmoniques et inter-harmoniques individuels avec séquence de niveaux d'essai définie

Dans la gamme de fréquences $2 \times f_1$ à $40 \times f_1$, les tensions sinusoïdales individuelles d'une amplitude définie par rapport aux tableaux 1 et 3 doivent être superposées à la tension fondamentale U_1 . Chaque fréquence doit être appliquée pendant 5 s avec un intervalle d'une seconde entre les fréquences (voir figure 4) tandis que la valeur efficace de la tension résultante doit être maintenue constante pendant la durée totale de l'essai.

Pour l'essai des inter-harmoniques, les échelons de fréquence sont indiqués au tableau 10 pour les gammes de fréquences figurant aux tableaux 4a et 4b. Chaque point d'échelon doit être appliqué pendant 5 s avec un intervalle d'une seconde entre chaque point tandis que la

valeur efficace de la forme d'onde résultante doit être maintenue constante pendant la durée totale de l'essai.

Tableau 10 – Echelons de fréquence pour inter-harmoniques et courbe de Meister

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence
f	Δf
$0,33 \times f_1$ à $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$
$2 \times f_1$ à $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$10 \times f_1$ à $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$20 \times f_1$ à $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$

8.2.4 Application Essai de la courbe de Meister

L'essai par courbe de Meister doit être effectué si l'EST est utilisé dans des pays où la transmission de signaux et/ou la télécommande centralisée sont appliqués.

L'essai par courbe de Meister est appliqué aux produits de la Classe 2. Pendant cet essai, la fréquence peut être balayée (analogique) ou échelonnée (numérique) à une vitesse supérieure à 5 min par décade (voir figure 5) il convient que le balayage (analogique) ou la vitesse d'échelon (numérique) soit tel que le temps mis par décade ne soit pas inférieur à 5 min, comme indiqué à la Figure 5.

NOTE 2,4 kHz est la fréquence supérieure pour les systèmes fonctionnant en 60 Hz; la fréquence supérieure pour les systèmes fonctionnant en 50 Hz est 2 kHz.

Dans les deux cas, l'amplitude des niveaux d'inter-harmoniques appliqués doit être conforme aux valeurs indiquées au tableau 11.

Tableau 11 – Niveaux d'essai courbe de Meister

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
f F [Hz]	Δf [Hz]	Niveaux d'essai % U_1			
$0,33 \times f_1$ à $2 \times f_1$ 16,5 à 100	$0,1 \times f_1$ 5	Aucun essai	3	4	Ouvert
$2 \times f_1$ à $10 \times f_1$ 100 à 500	$0,2 \times f_1$ 10	Aucun essai	9	10	Ouvert
$10 \times f_1$ à $20 \times f_1$ 500 à 1 000	$0,2 \times f_1$ 10	Aucun essai	$4 500/f$	$4 500/f$	Ouvert
$20 \times f_1$ à $40 \times f_1$ 1 000 to 2 400	$0,5 \times f_1$ 25	Aucun essai	$4 500/f$	$4 500/f$	Ouvert

Si la courbe de Meister est appliquée en classe 3, l'essai de « fréquences entre fréquences harmoniques » (inter-harmoniques, tableau 4) est remplacé par cet essai.

En classe 2, l'essai de « balayage de fréquence » (tableau 4) est remplacé par cet essai (voir synoptique de la figure 1a).

8.2.5 Exécution de l'essai sur un EST multiphasé

Voir figure 3.

La distorsion harmonique ou inter-harmonique doit être appliquée à toutes les phases simultanément phase-neutre et les harmoniques de chaque tension phase-neutre doivent avoir la même relation de phase au fondamental de la forme d'onde correspondante. Cela signifie qu'à l'exception d'un déphasage de 120°, les formes d'onde multiples sont égales, comme on l'observe généralement sur les réseaux basse tension.

A cet effet, il convient que le générateur d'essai dispose d'un neutre sur sa sortie et non d'un transformateur de sortie à phases multiples qui ne transmettrait pas les harmoniques triples homopolaires.

Cela ne s'applique pas aux matériels polyphasés non reliés au neutre, et l'essai avec des harmoniques triples n'est donc pas nécessaire.

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) comportement 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 comportement cessant après la disparition de la perturbation ; le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- c) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement 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 des normes génériques, de produits et de famille de produits, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et l'acheteur, par exemple 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 enveloppe blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;

- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation, 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.

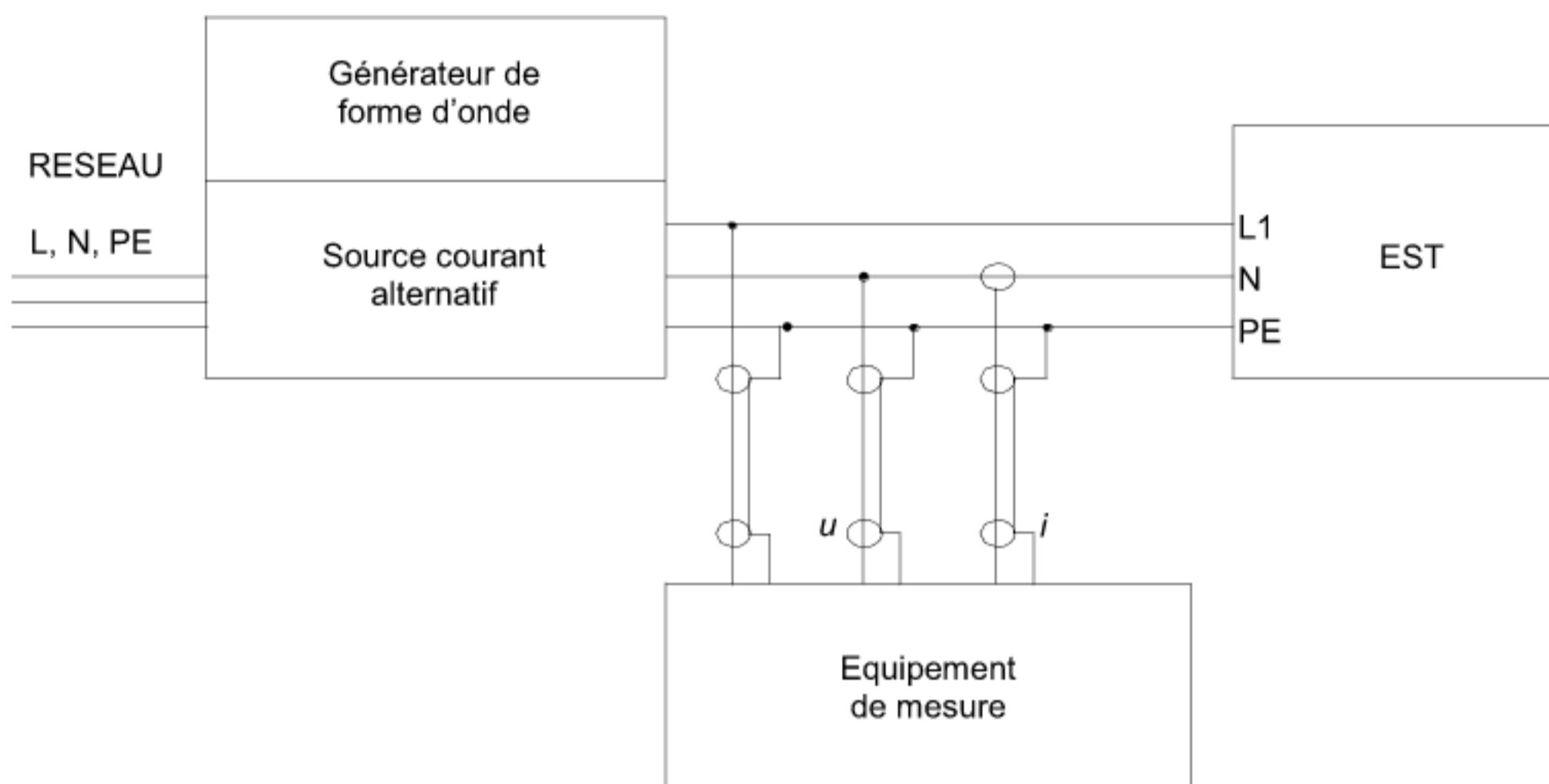


Figure 2 – Exemple de montage d'essai pour monophasé

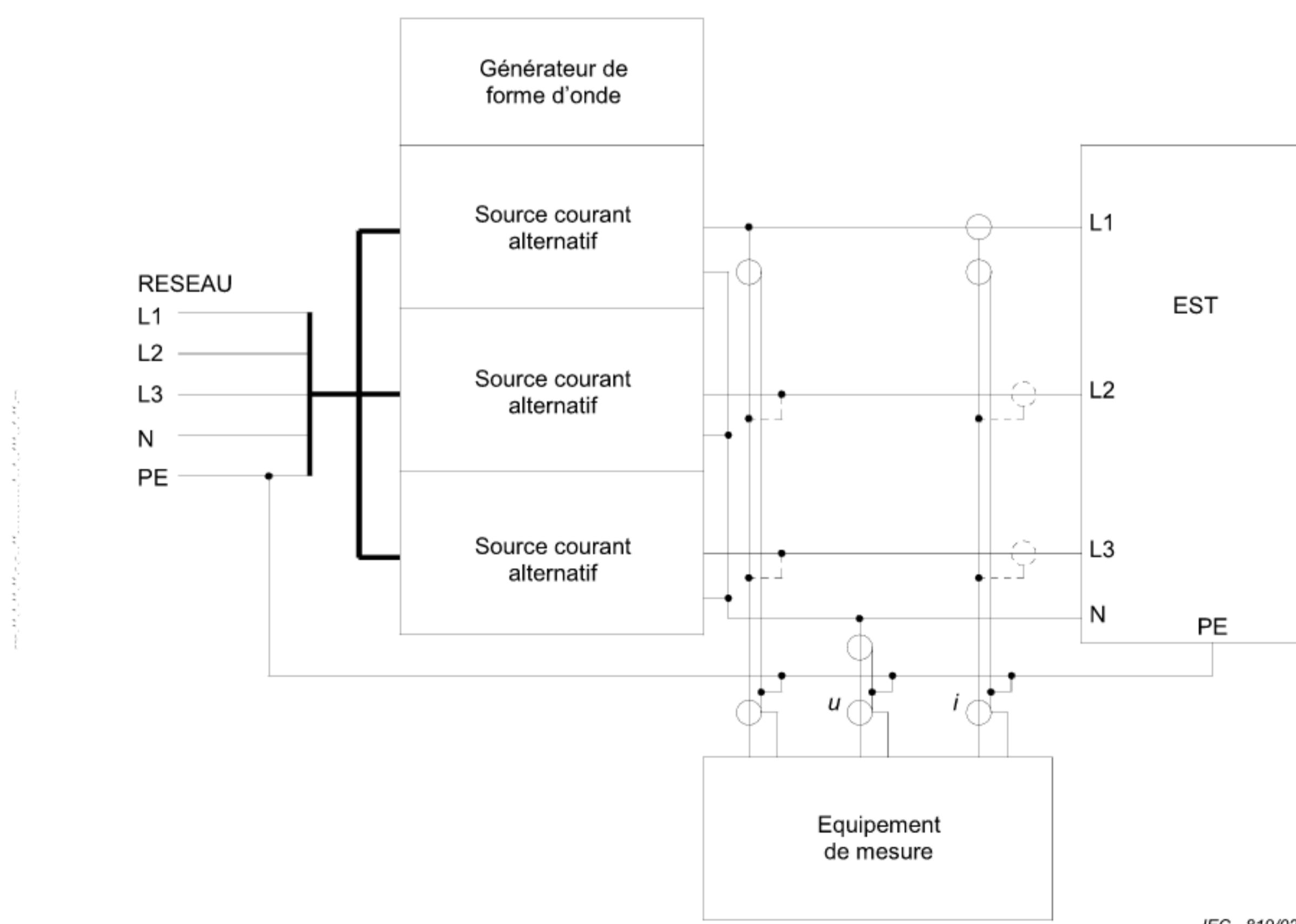
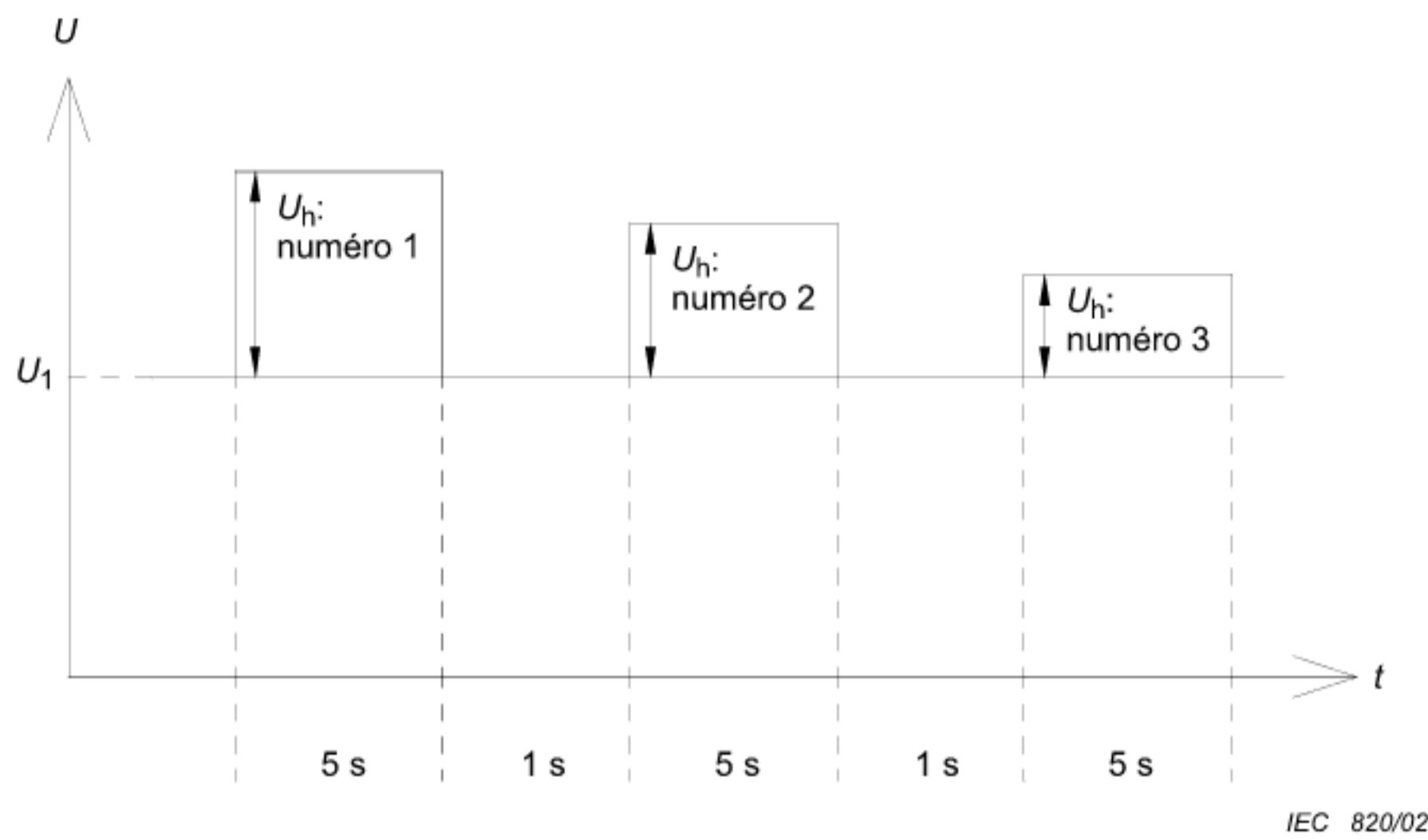
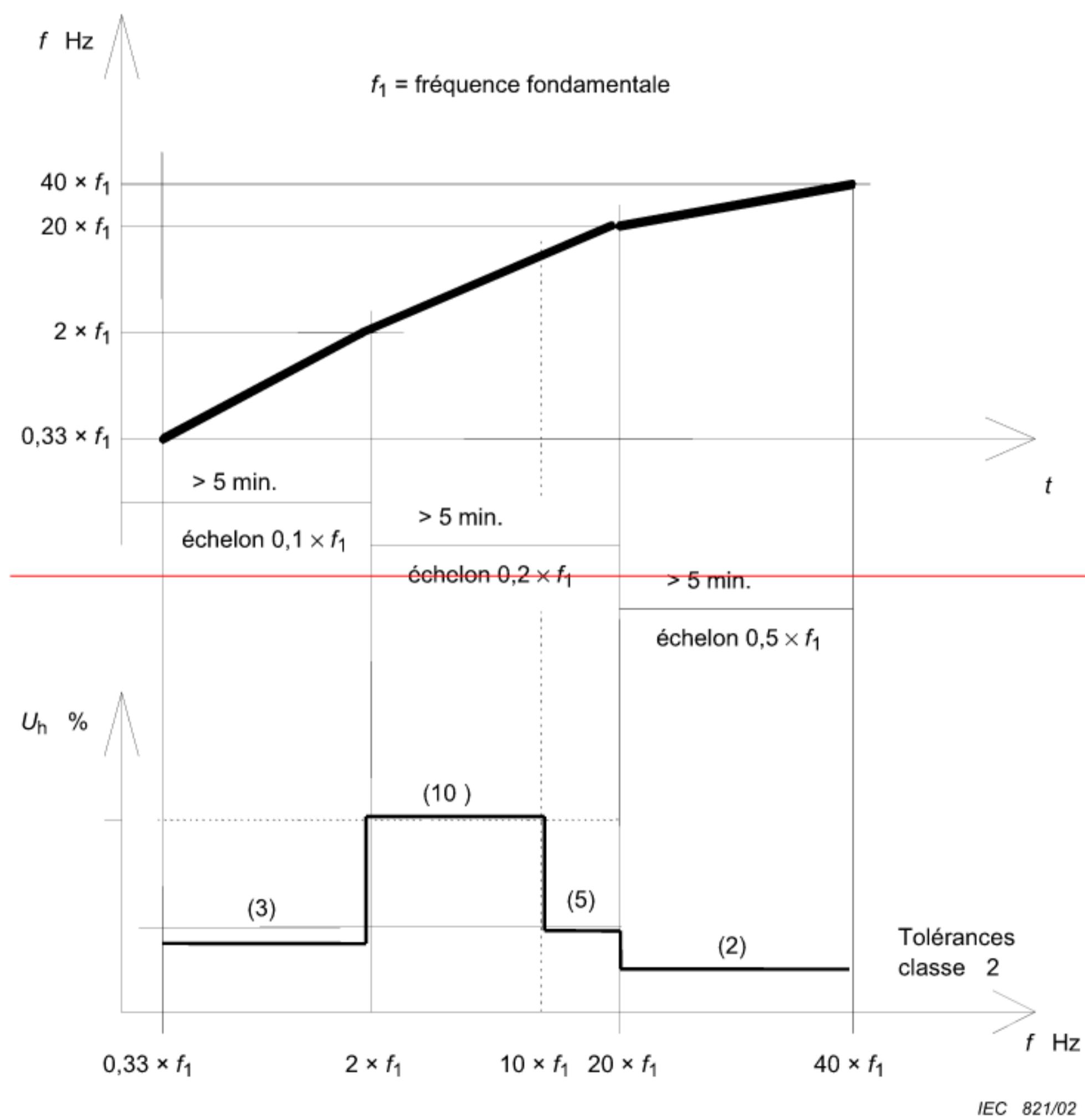


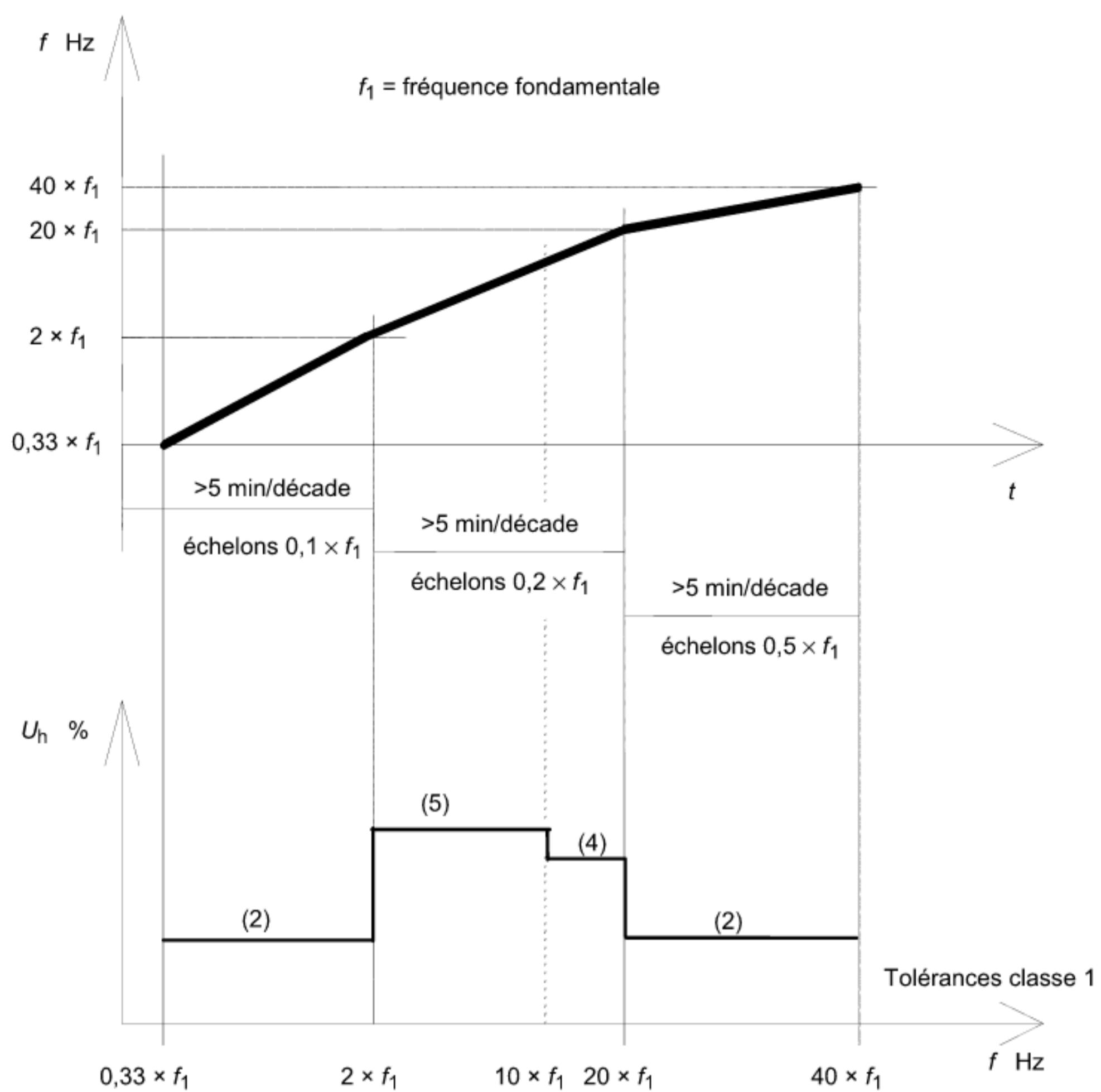
Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour triphasé



NOTE La tension efficace reste constante pendant tous les essais harmoniques.

Figure 4 – Séquences d'essai pour harmoniques individuelles

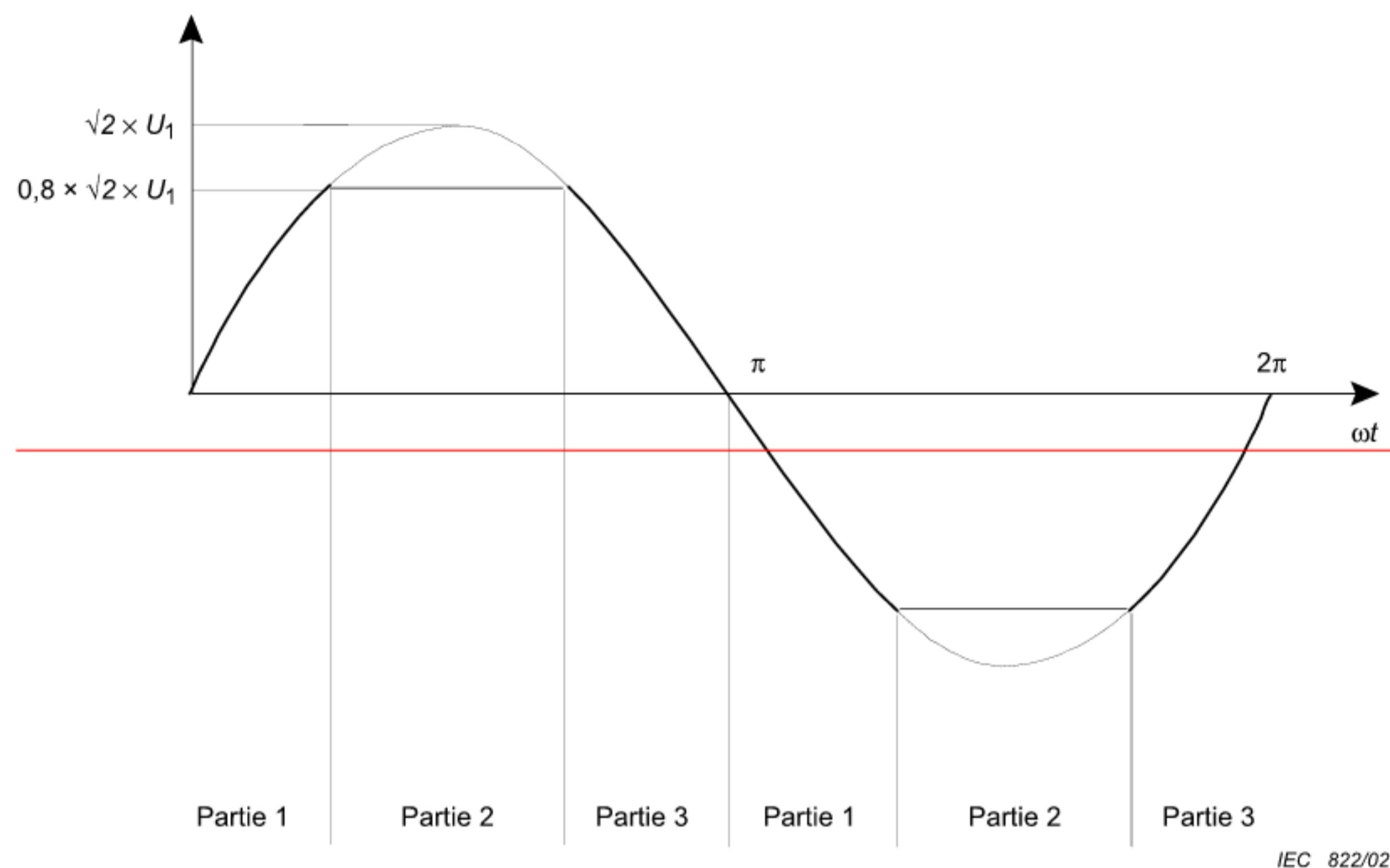




IEC 670/09

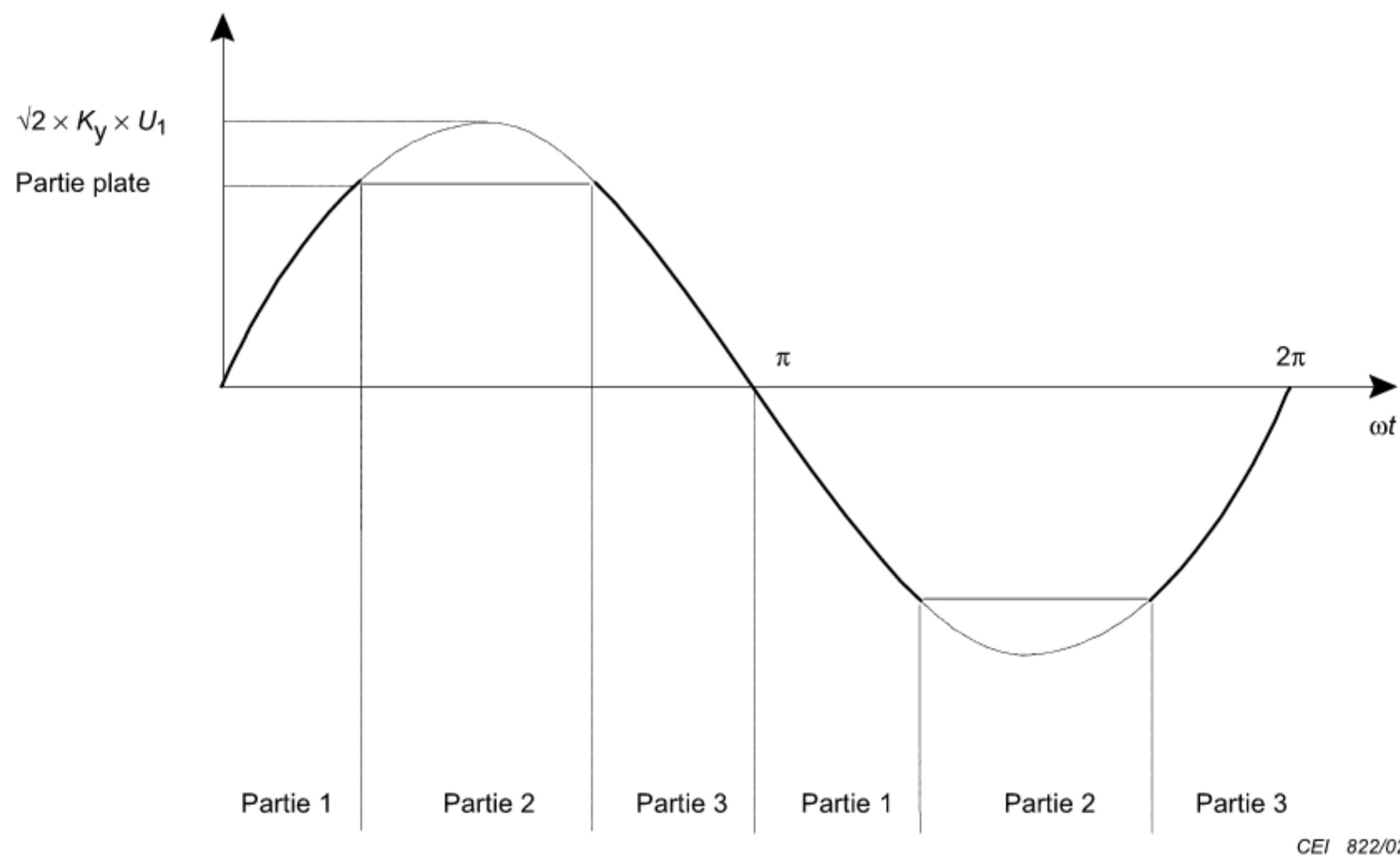
NOTE U_h = est la valeur des harmoniques superposées en %.

**Figure 5 – Exemple d'essai de balayage de fréquence
(matériel de classe 2 1 du Tableau 9, par exemple)**



Exemple pour la classe 3:

$$\begin{array}{ll} U_1 = 255,7 \text{ V (tension nominale)} & \sqrt{2} \times U_1 = 361,6 \text{ V (} U_1 \text{ tension crête)} \\ 0,8 \times \sqrt{2} \times U_1 = 289,3 \text{ V (tension maximale de la courbe plate)} & U_{\text{rms}} = 230 \text{ V (tension efficace résultante)} \end{array}$$



Exemples avec $U_1 = 230 \text{ V}$:

Pour la classe 1: $K_1 = 1,013 \ 3$

$$\text{Tension de crête } U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 329,6 \text{ V}$$

Pour la classe 2: $K_2 = 1,037 \ 9$

$$\text{Tension de crête } U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 337,6 \text{ V}$$

Pour la classe 3: $K_3 = 1,111 \ 7$

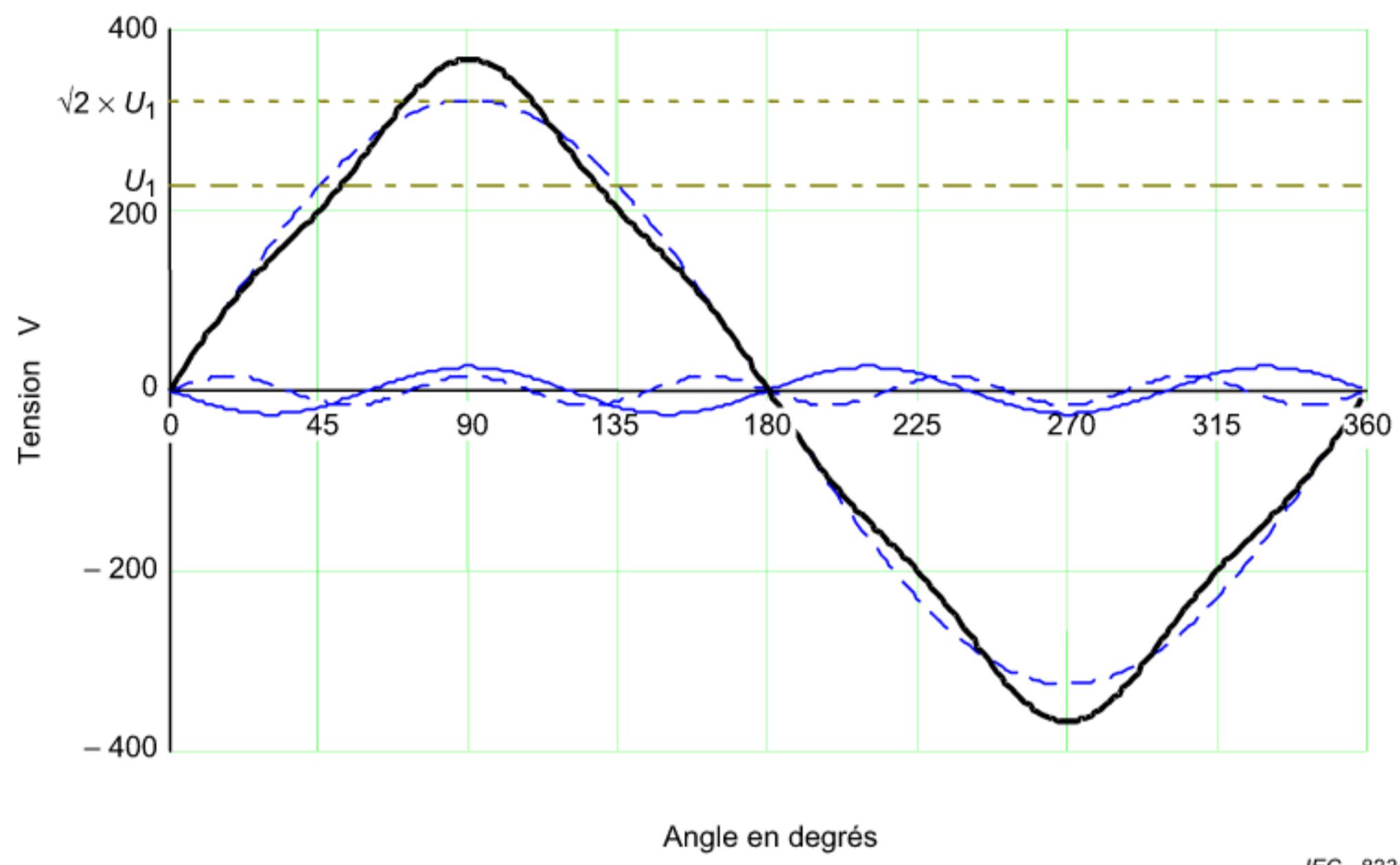
$$\text{Tension de crête } U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 361,6 \text{ V}$$

$$\text{Tension de la partie plate: } 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 313,1 \text{ V}$$

$$\text{Tension de la partie plate: } 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 303,8 \text{ V}$$

$$\text{Tension de la partie plate: } 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 289,3 \text{ V}$$

Figure 6 – Forme d'onde courbe plate



IEC 823/02

Exemple pour la classe 3 :

$$U_{\text{rms}} = 230 \text{ V} \text{ (tension résultante)}$$

$$U_1 = 229 \text{ V} \text{ (tension fondamentale)}$$

$$h = 3: 8 \% \text{ de } U_1 / 180^\circ$$

$$h = 5: 5 \% \text{ de } U_1 / 0^\circ$$

Figure 7 – Forme d'onde courbe d'oscillation

Annexe A
(informative)**Réseau d'impédance entre source de tension et EST**

La plupart des générateurs d'essai ont une impédance extrêmement basse, voisine de zéro, qui ne présente aucun problème pour les essais. Cependant, si il peut être décidé par un comité de produits qu'un réseau d'impédance est nécessaire pour trouver la résonance possible entre la ligne et l'EST pouvant être excité par des harmoniques, le réseau d'impédance de l'IEC 60725 est recommandé.

Des phénomènes résonants excités par des sources de tension harmonique peuvent apparaître du fait de la présence de circuits LC résonants formés par l'impédance de ligne du réseau et les condensateurs à l'intérieur d'un EST. Ces phénomènes résonants peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement correct d'un EST.

Cela conduit à la nécessité de placer une impédance entre la tension fondamentale et la source des harmoniques et l'EST. Des effets de perturbation du réseau peuvent se produire pour des harmoniques de rang bas de fortes amplitudes lorsqu'elles excitent ces circuits résonants.

Le réseau d'impédance de l'IEC 60725 (phase $Z = 0,24 + j 0,15 \Omega$, neutre $Z = 0,16 + j 0,10 \Omega$ à 50 Hz) est spécifié pour être placé dans le montage d'essai entre la source et l'EST pour détecter les phénomènes résonants excités par des harmoniques susceptibles de provoquer des dommages.

L'impédance considérée comme représentative pour les réseaux 60 Hz est la suivante:

- pour 120 / 208 V (phase $Z = 0,10 + j 0,04 \Omega$, neutre $Z = 0,10 + j 0,03 \Omega$)
- pour 347 / 600 V (phase $Z = 0,29 + j 0,07 \Omega$, neutre $Z = 0,30 + j 0,04 \Omega$)

Les comités de produits sont libres d'effectuer des essais supplémentaires en utilisant d'autres valeurs d'impédance considérées comme significatives en ce qui concerne leurs interactions avec l'EST.

Annexe B
(informative)

Point de résonance

~~Il a été choisi de définir une fréquence de résonance en 8.2.2 car il ne suffit pas que le courant augmente quand on augmente la fréquence pour déterminer le début d'une fréquence de résonance. En effet, l'utilisation par exemple d'un condensateur seul entraîne une augmentation du courant quand la fréquence augmente, même sans résonance. Une diminution du courant démontre la présence d'une résonance.~~

Un point de résonance, par exemple, peut être pris comme hypothèse si le courant harmonique ou interharmonique pour une amplitude constante de tension harmonique atteint une valeur maximale à une fréquence f_{res} , et si le courant diminue de 3 dB dans la plage de fréquences f_{res} à 1,5 f_{res} . Une fréquence de résonance peut provoquer des perturbations thermiques significatives. Les effets thermiques ne sont pas traités dans la présente norme.

En pratique, des résonances se manifestent généralement lorsque les fréquences sont élevées.

Exemple:

Un transformateur est chargé par un condensateur. Le condensateur provoque une augmentation du courant du transformateur quand on augmente la fréquence. Si l'inductance de fuite du transformateur et du condensateur provoque une résonance, il peut survenir un pic dans l'amplitude du courant. Le courant du transformateur diminue en cas de nouvelle augmentation de la fréquence.

Les courants harmoniques et inter-harmoniques peuvent provoquer une dissipation supplémentaire dans le transformateur. Cette interaction peut entraîner une dégradation des performances d'un EST. Les effets thermiques causés par l'augmentation de cette dissipation ne sont pas traités dans cette norme.

Annexe C
(informative)**Classes d'environnement électromagnétique**

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

Classe 1

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

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

NOTE 2 Si une ASI avec un fort taux de distorsion est utilisée, la classe 2 peut être recommandée.

Classe 2

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

Classe 3

Cette classe s'applique uniquement aux IPC en environnements industriels. Ses niveaux de compatibilité sont supérieurs à ceux de la classe 2 pour certains phénomènes de perturbation. Cette classe peut par exemple être utilisée dans l'une des conditions suivantes:

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

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

NOTE 2 Il convient que la classe applicable aux nouvelles centrales ou aux extensions de centrales existantes soit déterminée en fonction du type de matériel et de procédé envisagé.

Bibliographie

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

IEC 60725, *Considérations sur les impédances de référence à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et les équipements analogues*

IEC 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*

FINAL VERSION

VERSION FINALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and
interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency
immunity tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse
fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis
sur le réseau électrique alternatif**



CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION	5
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	6
3 Definitions	7
4 General	8
4.1 Description of the phenomenon.....	8
4.2 Sources.....	9
5 Test levels	10
5.1 Harmonics test levels.....	10
5.2 Test levels for interharmonics	11
6 Test instrumentation	12
6.1 Test generator.....	12
6.2 Verification of the characteristics of the generator	14
7 Test set up	14
8 Test procedures.....	15
8.1 Test procedure	15
8.2 Application of the test	15
9 Evaluation of test results.....	20
10 Test report.....	21
Annex A (informative) Impedance network between voltage source and EUT	26
Annex B (informative) Resonance point	27
Annex C (informative) Electromagnetic environment classes	28
Bibliography	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-13 : Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests

FOREWORD

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

DISCLAIMER

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

This Consolidated version of IEC 61000-4-13 bears the edition number 1.2. It consists of the first edition (2002-03) [documents 77A/368/FDIS and 77A/377/RVD], its amendment 1 (2009-05) [documents 77A/668/CDV and 77A/684/RVC] and its amendment 2 (2015-12) [documents 77A/904/FDIS and 77A/916/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 61000-4-13 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B, and C, are for information only.

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

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

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

INTRODUCTION

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

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)
Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment
Classification of the environment
Compatibility levels

Part 3: Limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques
Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines
Mitigation methods and devices

Part 6: Generic Standards

Part 9: Miscellaneous

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

This part is an EMC basic standard which gives immunity requirements and test procedures related to harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests

1 Scope and object

This part of IEC 61000 defines the immunity test methods and range of recommended basic test levels for electrical and electronic equipment with rated current up to 16 A per phase at disturbance frequencies up to and including 2 kHz (for 50 Hz mains) and 2,4 kHz (for 60 Hz mains) for harmonics and interharmonics on low voltage power networks.

It does not apply to electrical and electronic equipment connected to 16 2/3 Hz, or to 400 Hz a.c. networks. Tests for these networks will be covered by future standards.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the functional immunity of electrical and electronic equipment when subjected to harmonics and interharmonics and mains signalling frequencies. The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or 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 determining the appropriate test levels and performance criteria. TC 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.

The verification of the reliability of electrical components (for example capacitors, filters, etc.) is not in the scope of the present standard. Long term thermal effects (greater than 15 min) are not considered in this standard.

The levels proposed are more adapted for residential, commercial and light industry environments. For heavy industrial environments the product committees are responsible for the definition of a class X with the necessary levels. They have also the possibility of defining more complex waveforms for their own need. Nevertheless, the simple waveforms proposed have been mainly observed on several networks (flat curve more often for single phase system) and also on industrial networks (overswing curve more for three phase systems).

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 61000-2-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

3 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):

3.1

immunity

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

[IEV 161-01-20]

3.2

harmonic (component)

component of order greater than 1 of the Fourier series of a periodic quantity

[IEV 161-02-18]

3.3

fundamental (component)

component of order 1 of the Fourier series of a periodic quantity

[IEV 161-02-17]

3.4

flat curve waveshape

waveform that follows a time related function in which each half-wave consists of three parts:

Part 1: starts from zero and follows a pure sine function up to the specified value;

Part 2: is a constant value;

Part 3: follows a pure sine function down to zero

3.5

overswing waveshape

waveform which consists of discrete values of the fundamental harmonic, the 3rd and the 5th harmonics with the specified phase shift

3.6

f₁

fundamental frequency

3.7

mains signalling frequencies

signal frequencies between harmonics for control and communication

3.8

EUT

equipment under test

4 General

4.1 Description of the phenomenon

4.1.1 Harmonics

Harmonics are sinusoidal voltages and currents with frequencies that are integer multiples of the frequency at which the supply system operates.

Harmonic disturbances are generally caused by equipment with non-linear voltage – current characteristics or by periodic and line-synchronised switching of loads. Such equipment may be regarded as sources of harmonic currents.

The harmonic currents from the different sources produce harmonic voltage drops across the impedance of the network.

As a result of cable capacitance, line inductance and the connection of power factor correction capacitors, parallel or series resonance may occur in the network and cause a harmonic voltage amplification even at a remote point from the distorting load. The waveforms proposed are the result of the summation of different harmonic orders of one or several harmonic sources.

4.1.2 Interharmonics

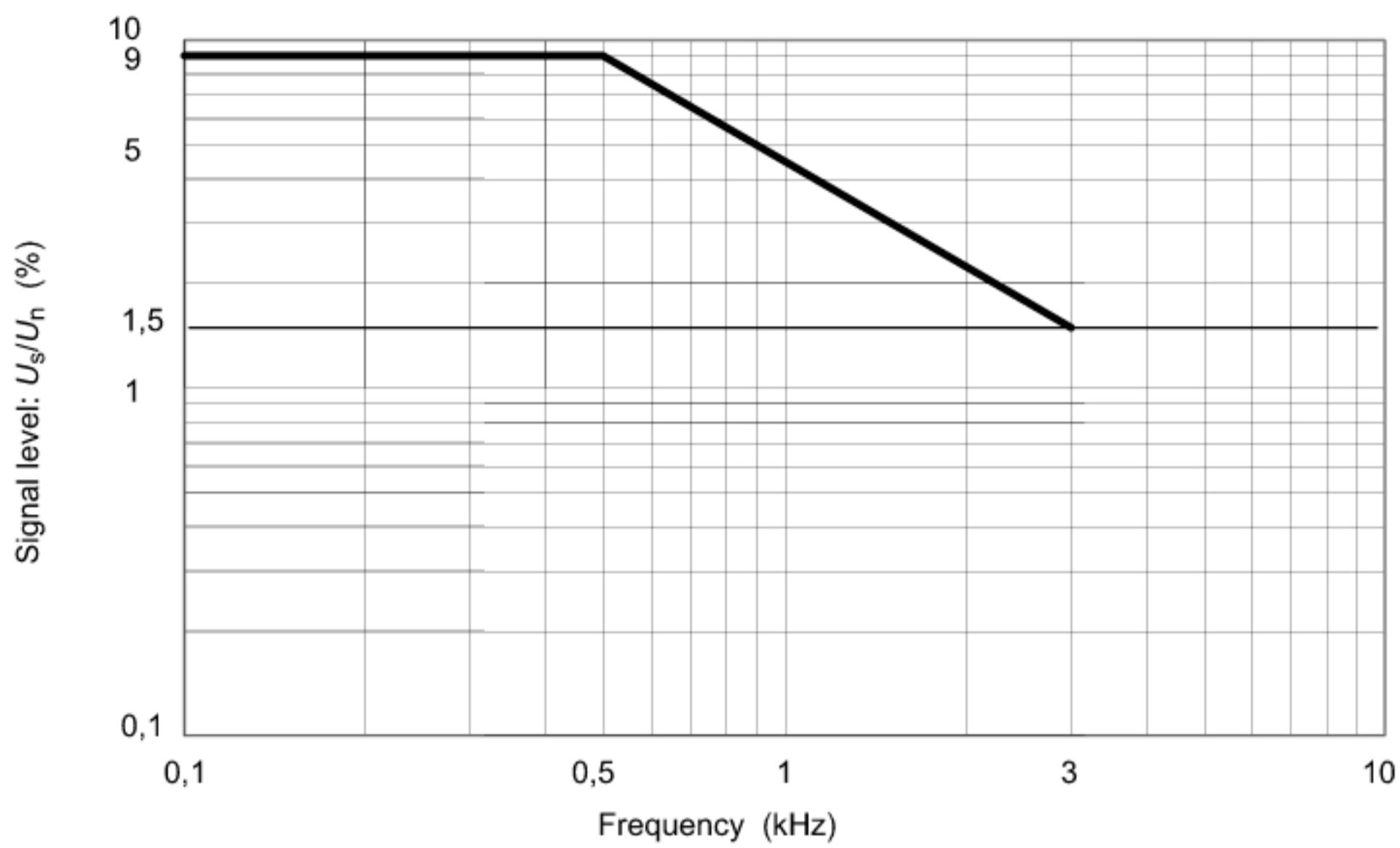
Between the harmonics of the power frequency voltage and current, further frequencies can be observed which are not an integer multiple of the fundamental. They can appear as discrete frequencies or as a wide-band spectrum. Summation of different interharmonic sources is not likely and is not taken into account in this standard.

4.1.3 Mains signalling (ripple control)

Signal frequencies ranging from 100 Hz to 3 kHz used in networks or parts of them in order to transfer information from a sending point to one or more receiving points.

For the scope of this standard, the frequency range is limited to 2,4 kHz (2,4 kHz/60 Hz).

For the Meister curve, see Figure 8.



IEC

NOTE The figure is taken from IEC 61000-2-2:2007, Figure 3.

Figure 8 – Meister curve for ripple control systems in public networks (100 Hz to 3 000 Hz)

4.2 Sources

4.2.1 Harmonics

Harmonic currents are generated to a small extent by generation, transmission and distribution equipment and to a greater extent by industrial and residential loads. Sometimes, there are only a few sources generating significant harmonic currents in a network; the individual harmonic level of the majority of the other devices is low, nevertheless these may make a relatively high contribution to the harmonic voltage distortion, at least for low order harmonics due to their summation.

Significant harmonic currents in a network can be generated by non-linear loads, for example:

- controlled and uncontrolled rectifiers, especially with capacitive smoothing (for example used in television, indirect and direct static frequency converters, and self-ballasted lamps), because these harmonics are in approximately the same phase from different sources and there is only poor compensation in the network;
- phase controlled equipment, some types of computers and UPS equipment.

Sources may produce harmonics at a constant or varying level, depending on the method of operation.

4.2.2 Interharmonics

Sources of interharmonics can be found in low-voltage networks as well as in medium-voltage and high voltage networks. The interharmonics produced in the medium-voltage/high voltage networks flow in the low-voltage networks they supply and vice versa.

The main sources are indirect and direct static frequency converters, welding machines and arc furnaces.

4.2.3 Mains signalling (ripple control)

Sources of mains signalling frequencies covered by this standard are transmitters operating mostly in the 100 Hz to 2,4 kHz frequency range in order for the public supplier to control equipment in the supply network (public lighting, tariffs for meters, etc.). The transmitter energy is coupled into the system on HV, MV, or LV level. The transmitters operate with interrupted signals, and normally for a short time only. The frequencies used lie normally in between the harmonics.

5 Test levels

The test level is the harmonic voltage specified as a percentage of the fundamental voltage. The voltages given in this standard have the nominal power supply network voltage (U_1 fundamental) as a basis.

It is essential that the r.m.s. voltage of the resultant waveforms remain at the nominal value during the application of these tests by adjusting the voltage values of fundamental and harmonics according to the percentages indicated in the corresponding tables (for example 230 V r.m.s., 120 V r.m.s.).

5.1 Harmonics test levels

The preferential range of test levels for individual harmonics are given in tables 1 to 3.

Harmonic voltages at a test level of 3 % and higher, up to the 9th harmonic, shall be applied using a phase shift of both 0° and 180° with respect to the positive zero-crossing of the fundamental. Harmonic voltages at a test level of less than 3 % shall be applied using no phase-shift with respect to the positive zero-crossing of the fundamental.

For compatibility levels see IEC 61000-2-2 using factor k . Immunity levels have to be higher (for example times 1,5 additionally).

The application of the test to a multiphase EUT is given in 8.2.5.

Table 1 – Odd harmonics non-multiple of 3 harmonics

h	Class 1		Class 2		Class 3		Class X	
	Test levels % U_1		Test levels % U_1		Test levels % U_1		Test levels % U_1	
5	4,5		9		12		Open	
7	4,5		7,5		10		Open	
11	4,5		5		7		Open	
13	4		4,5		7		Open	
17	3		3		6		Open	
19	2		2		6		Open	
23	2		2		6		Open	
25	2		2		6		Open	
29	1,5		1,5		5		Open	
31	1,5		1,5		3		Open	
35	1,5		1,5		3		Open	
37	1,5		1,5		3		Open	

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems, the values shall not be lower than those of class 2.

Table 2 – Odd harmonics multiple of 3 harmonics

h	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
	Test levels % U_1			
3	4,5	8	9	Open
9	2	2,5	4	Open
15	No test	No test	3	Open
21	No test	No test	2	Open
27	No test	No test	2	Open
33	No test	No test	2	Open
39	No test	No test	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

Table 3 – Even harmonics

h	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
	Test levels % U_1			
2	3	3	5	Open
4	1,5	1,5	2	Open
6	No test	No test	1,5	Open
8	No test	No test	1,5	Open
10	No test	No test	1,5	Open
12-40	No test	No test	1,5	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment supplied by low voltage public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

5.2 Test levels for interharmonics

The preferential ranges of test levels are given in tables 4a and 4b.

Table 4 – Frequencies between harmonic frequencies

Table 4a – Frequencies between harmonic frequencies (for 50 Hz mains)

Frequency range	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
Hz	Test levels % U_1			
16 – 100	no test	2,5	4	Open
100 – 500	no test	5	9	Open
500 – 750	no test	3,5	5	Open
750 – 1 000	no test	2	3	Open
1 000 – 2 000	no test	1,5	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels for class X are open. These levels shall be defined by the product committees.

Table 4b – Frequencies between harmonic frequencies (for 60 Hz mains)

Frequency range	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
Hz	Test levels % U_1			
20 – 120	no test	2,5	4	Open
120 – 600	no test	5	7,5	Open
600 – 900	no test	3,5	5	Open
900 – 1200	no test	2	3	Open
1200 – 2400	no test	1,5	2	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees.

Immunity test levels for interharmonics above 100 Hz are based on the mains signalling levels or the Meister curve levels defined in 8.2.4 depending on the class of equipment being tested. Discrete interharmonic frequencies have a level of about 0,5 % of the fundamental frequency voltage U_1 (in absence of resonance). In class 3 for industrial networks, these levels can be considerably higher.

6 Test instrumentation

6.1 Test generator

The test generator shall have the ability to generate a signal with a 50 Hz or 60 Hz fundamental frequency and to superimpose the required frequencies (harmonics and frequencies between the harmonics).

The test generator shall have sufficient filtering such that the harmonic and interharmonic disturbances do not influence any auxiliary equipment which may be used to perform the test.

The test levels according to tables 1 to 4 shall be applied at the terminals of the EUT connected as in normal conditions (single or three phase) and operating as specified in the relevant product standard.

The test generator shall have the following specifications:

Table 5 – Characteristics of the test generator

Output current per phase at rated voltage	Necessary to fulfil the requirements at the operating EUT (see note 1)
Fundamental voltage:	
- Magnitude U_1	Nominal mains voltage $\pm 2\%$ single phase
- Frequency	Nominal mains voltage $\pm 2\%$ three phase
- Angle between phases	$50\text{ Hz} \pm 0,5\%$ or $60\text{ Hz} \pm 0,5\%$
	$120^\circ \pm 1,5^\circ$ (star connection)
Preselectable individual harmonics:	See note 2
- Order	2 to 40
- Magnitude U_h	<ul style="list-style-type: none"> • Range $0\% \text{ to } 14\% U_1$ • Accuracy The larger of $\pm 5,0\% U_h$ or $0,1\% U_1$
- Phase angle ϕ_h	<ul style="list-style-type: none"> • $h = 2 \text{ to } 9$ $0^\circ; 180^\circ$ (see also note 6) • Accuracy of zero phase crossing displacement with respect to fundamental $\pm 2^\circ$ of the fundamental
Combination of harmonics:	See note 3
Frequencies between the harmonics:	See note 2
- Magnitude	<ul style="list-style-type: none"> • Range $0\% \text{ to } 10\% U_1$ • Accuracy The larger of $\pm 5,0\% U_h$ or $0,1\% U_1$
- Frequency	<ul style="list-style-type: none"> • Range $0,33 \times f_1 \text{ to } 40 \times f_1$ • Steps for adjusting $f = (0,33 \text{ to } 2) \times f_1$ $= 0,1 \times f_1$ • $f = (2 \text{ to } 20) \times f_1$ $= 0,2 \times f_1$ • $f > 20 \times f_1$ $= 0,5 \times f_1$ • Maximum error of adjusted value $\pm 0,5\% f$
Output impedance	See note 4
External impedance network	See note 5
<p>NOTE 1 The generator equipment shall provide an output which is sufficient to test the EUT or to a maximum rated input current of 16 A r.m.s. per phase. Other values may be given by the product standard or product specification.</p>	
<p>NOTE 2 The generator shall provide control inputs for selection of magnitude, frequency, phase-angle, and sequence type of the superimposed voltage.</p>	
<p>NOTE 3 The generator equipment shall provide the option to superimpose more than one voltage in each phase.</p>	
<p>NOTE 4 No output impedance is defined since the internal voltage source has to be controlled so that the voltage drop across the internal impedance is compensated and the set values are met at the terminals of the EUT. The connections shall be as short as possible.</p>	
<p>NOTE 5 An external series impedance network may be used, but only to find possible resonance excited by harmonics. The IEC 60725 impedance network is suggested. Annex A is included in this standard for guidance.</p>	
<p>NOTE 6 ϕ_h is the phase difference between the positive zero crossing of the fundamental voltage and the positive zero crossing of the harmonics voltage expressed in degrees of the harmonics frequency.</p>	

6.2 Verification of the characteristics of the generator

The generator output characteristics shall be verified at the terminals of the source prior to the test. For this purpose, the terminal voltage shall be monitored by a harmonic analyser according to IEC 61000-4-7, accuracy class A, and the superimposed values shall be stored and/or printed. An oscilloscope may be used in addition for a rough overview.

The maximum harmonic voltage distortion of the generator shall be in accordance with IEC 61000-3-2 (when no harmonic/inter-harmonic is selected). The maximum distortion limits while delivering power to the EUT are given in table 6.

Table 6 – Maximum harmonic voltage distortion

Harmonic number	% of U_1
3	0,9
5	0,4
7	0,3
9	0,2
2 to 10 (even harmonics)	0,2
11-40	0,1

The peak value of the test voltage shall be within 1,40 and 1,42 times its rms value and shall be reached within 87° to 93° after the zero crossing. The maximum output voltage change between no load and rated current of an EUT shall be ±2 % of the nominal voltage.

The characteristics of the generator specified in 6.1 lead to generators with low internal impedance. To simplify the procedure, the verification of the characteristics of the generator in accordance with 6.2 shall be performed in the absence of an external impedance network.

7 Test set up

In addition to the test generator, the following test equipment may be needed for the immunity test:

- analyser for harmonics and interharmonics according to IEC 61000-4-7 for the verification of the test voltage at the terminals of the EUT;
- control unit to provide the sequence of the selected superimposed voltages during a test;
- printer or plotter for the documentation of the test voltage sequence;
- oscilloscope for monitoring the supply voltage on the EUT.

Some of these items may be combined in one unit.

Examples of test arrangements are given:

- in figure 2 for a single phase EUT;
- in figure 3 for a three phase EUT.

8 Test procedures

8.1 Test procedure

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 Test plan

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

It is recommended that the test plan comprises of the following items:

- the description of the EUT;
- information on possible connections (plugs, terminals, etc.) corresponding cables and peripherals;
- input power port of equipment to be tested;
- representative operational modes of the EUT for the test;
- type of tests/test levels;
- performance criteria under test conditions as specified by the standard or manufacturer;
- description of the test set up.

If the auxiliary equipment is not available for the EUT, it may be simulated.

For each test, any degradation of performance must 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 relevant check will be performed.

8.2 Application of the test

Figures 1a and 1b have been added to give guidance on how to optimise test time with a high confidence of test performance. The test levels in the «harmonic combinations» test and the «sweep in frequencies» test exceed the test levels of the «individual harmonics» test. For class 1 and 2, where the Meister curve is not applied, the immunity test for inter-harmonics is applicable.

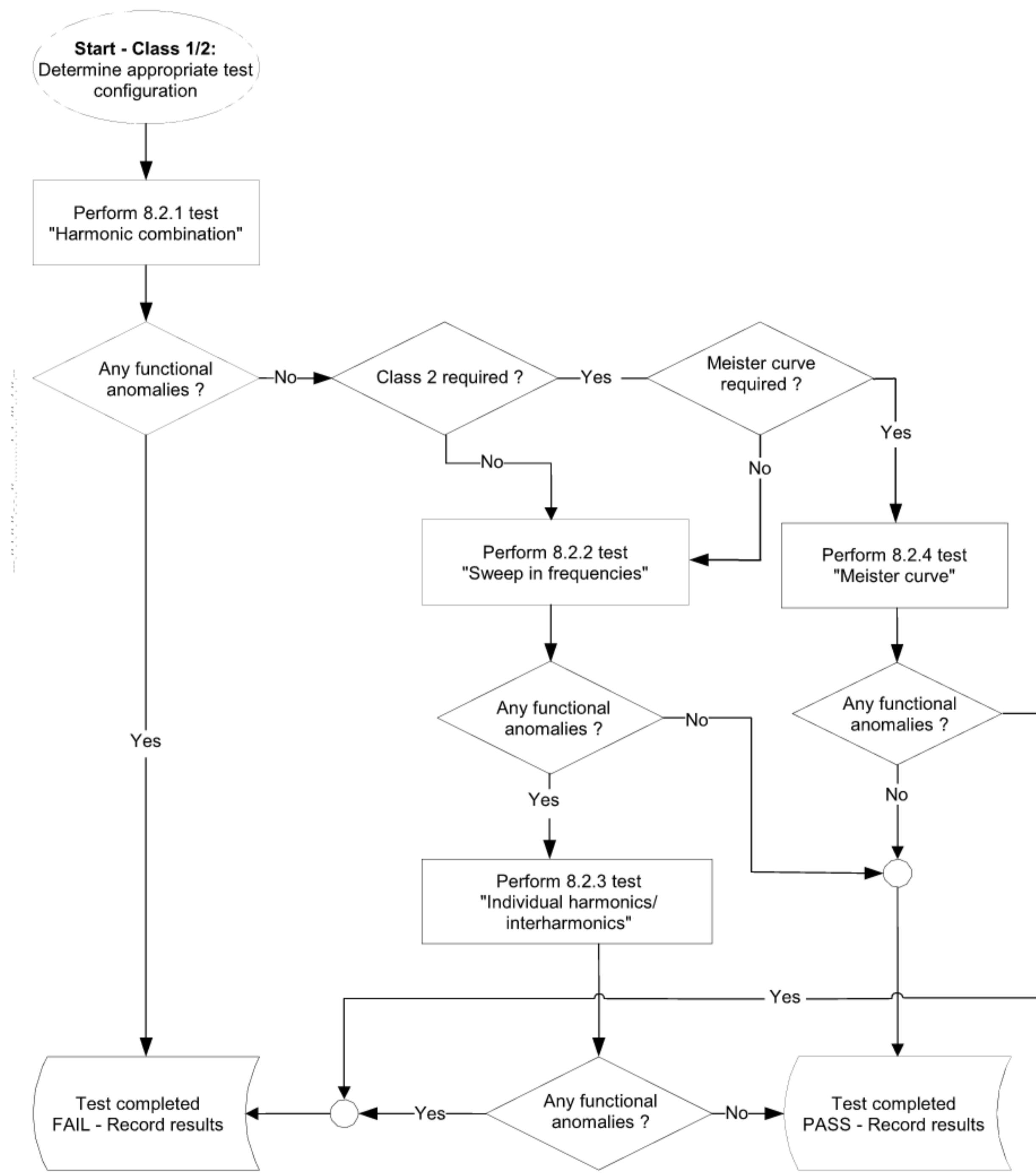
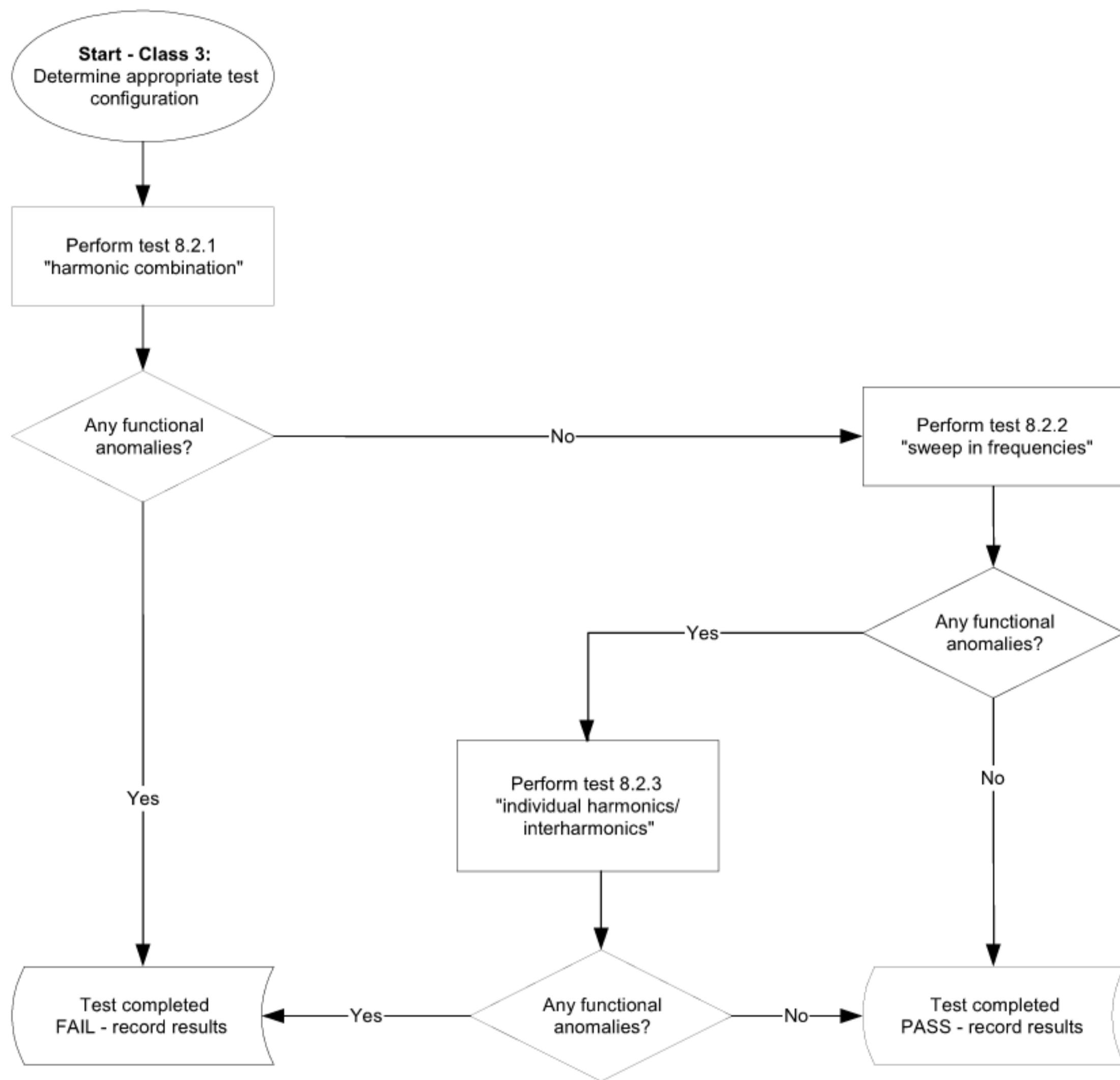


Figure 1a – Test flowchart class 1 and class 2

IEC



IEC 669/09

Figure 1b – Test flowchart class 3

Figure 1 – Test flowcharts

8.2.1 Harmonic combination test flat curve and over swing

The two harmonic combination tests to be carried out are flat curve and over swing. The EUT shall be tested for each harmonic combination, according to Tables 7 and 8 for 2 min. The time-domain waveforms are shown in Figures 6 and 7 for the flat curve and over swing tests respectively.

Flat curve: the voltage follows a time related function in which each half-wave consists of three parts. See Figure 6.

- Part 1 starts from zero, it follows a pure sine function up to 95% of the peak value for Class 1, 90 % of the peak value for Class 2 and up to 80 % for Class 3.
- Part 2 is a constant voltage.
- Part 3 is equivalent to Part 1 (following a pure sine function).

The rms value of the resultant waveform shall be maintained at nominal voltage during the application of this test. This means that the sinusoidal part of the waveform has to be increased in amplitude by the factor K_y shown in Table 7.

Table 7 – Time related function, "flat curve"

Function (parts 1 and 3)	Voltage Ratio K_y	Voltage (parts 1 and 3)	Function (part 2)	Voltage (part 2)	Class
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,95$	1,013 3	$u = U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,95 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2}$	1
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,9$	1,037 9	$u = U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,9 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2}$	2
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,8$	1,111 7	$u = U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,8 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2}$	3
$0 \leq \sin(\omega t) \leq X$	X	$u = U_1 \times K_x \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$X \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm X \times U_1 \times K_x \times \sqrt{2}$	X

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in Annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. The level must be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems the values must not be lower than those of class 2.

NOTE 3 Maximum deviation : $\Delta u = \pm(0,01 \times U_1 \times \sqrt{2} + 0,005 \times u)$.

Over swing: Over swing is generated by adding a discrete value of the 3rd harmonic and also of the 5th harmonic both with a corresponding phase relationship.

Table 8 – Harmonic combination, "over swing"

h	3	5	Class
% of U_1	4 % / 180°	3 % / 0°	1
% of U_1	6 % / 180°	4 % / 0°	2
% of U_1	8 % / 180°	5 % / 0°	3
% of U_1	X / 180°	X / 0°	X

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in Annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. The level has to be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems, the values must not be lower than those of class 2.

8.2.2 Test method "Sweep in frequencies"

The equipment set-up for sweep frequency tests are shown in Figures 2 and 3. The amplitude of the sweep frequencies depends on the frequency range (see Table 9 and Figure 5). The sweep (analogue) or step rate (digital) should be such that the time taken per decade is no less than 5 min, as shown in Figure 5. The frequency sweep will dwell at frequencies where performance anomalies are detected. At each dwell point, the test time should be at least 120 s.

NOTE Anomalies can also be caused by resonances. Further details are described in Annex B.

Table 9 – Sweep in frequency test levels

Frequency range	Frequency step	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
f	Δf	Test levels % U_1			
$0,33 \times f_1$ to $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	2	3	4,5	Open
$2 \times f_1$ to $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	5	9	14	Open
$10 \times f_1$ to $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	4	4,5	9	Open
$20 \times f_1$ to $30 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	6	Open
$30 \times f_1$ to $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	4	Open

NOTE 1 Classes 1, 2, and 3 are defined in annex C.

NOTE 2 The levels given for class X are open. These levels shall be defined by the product committees. However, for equipment for use in public supply systems the values shall not be lower than those of class 2.

8.2.3 Individual harmonics and interharmonics with a specified test level sequence

In the frequency range $2 \times f_1$ to $40 \times f_1$, single sinusoidal voltages with magnitude according to tables 1 to 3 shall be superimposed on the fundamental voltage U_1 . Each frequency shall be applied for 5 s with a one second interval to the next one (see figure 4) whereas the r.m.s. value of the resultant voltage shall be kept constant during the duration of the whole test.

For the interharmonics test, in the frequency ranges shown in tables 4a and 4b, the frequency step sizes are dictated in table 10. Each step point shall be applied for 5 s with a one second interval to the next one whereas the r.m.s. value of the resultant waveform shall be kept constant during the duration of the whole test.

Table 10 – Frequency step sizes for interharmonics

Frequency range	Frequency step
f	Δf
$0,33 \times f_1$ to $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$
$2 \times f_1$ to $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$10 \times f_1$ to $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$20 \times f_1$ to $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$

8.2.4 Meister curve test

The Meister curve test is applied to Class 2 products. During this test, the sweep (analog) or step rate (digital) should be such that the time taken per decade is no less than 5 min, as shown in Figure 5.

NOTE 2,4 kHz is the upper frequency for 60 Hz systems; the upper frequency for 50 Hz systems is 2 kHz.

In both cases, the amplitude of the applied interharmonic levels has to follow the values given in table 11.

Table 11 – Meister curve test levels

Frequency range	Frequency step	Class 1	Class 2	Class 3	Class X
F [Hz]	Δf [Hz]	Test levels % U_1	Test levels % U_1	Test levels % U_1	Test levels % U_1
16,5 to 100	5	No test	3	4	Open
100 to 500	10	No test	9	10	Open
500 to 1 000	10	No test	4 500/f	4 500/f	Open
1 000 to 2 400	25	No test	4 500/f	4 500/f	Open

8.2.5 Application of the test in a multi-phase EUT

See figure 3.

The harmonic or interharmonic distortion shall be applied simultaneously to all line-neutral phases, and the harmonics in each line-neutral voltage shall have the same phase relation to the fundamental of the corresponding wave form. This means, that apart from a 120° shift, the multiple wave forms are equal as it is most often observed in low voltage networks.

A consequence of this approach is that the test generator should have a neutral on its output, and cannot have a multiple phase output transformer which will not transfer the homopolar triple harmonics.

For multi-phase equipment without neutral connection, this does not apply, and testing with tripled harmonics is not required.

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 upon 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.

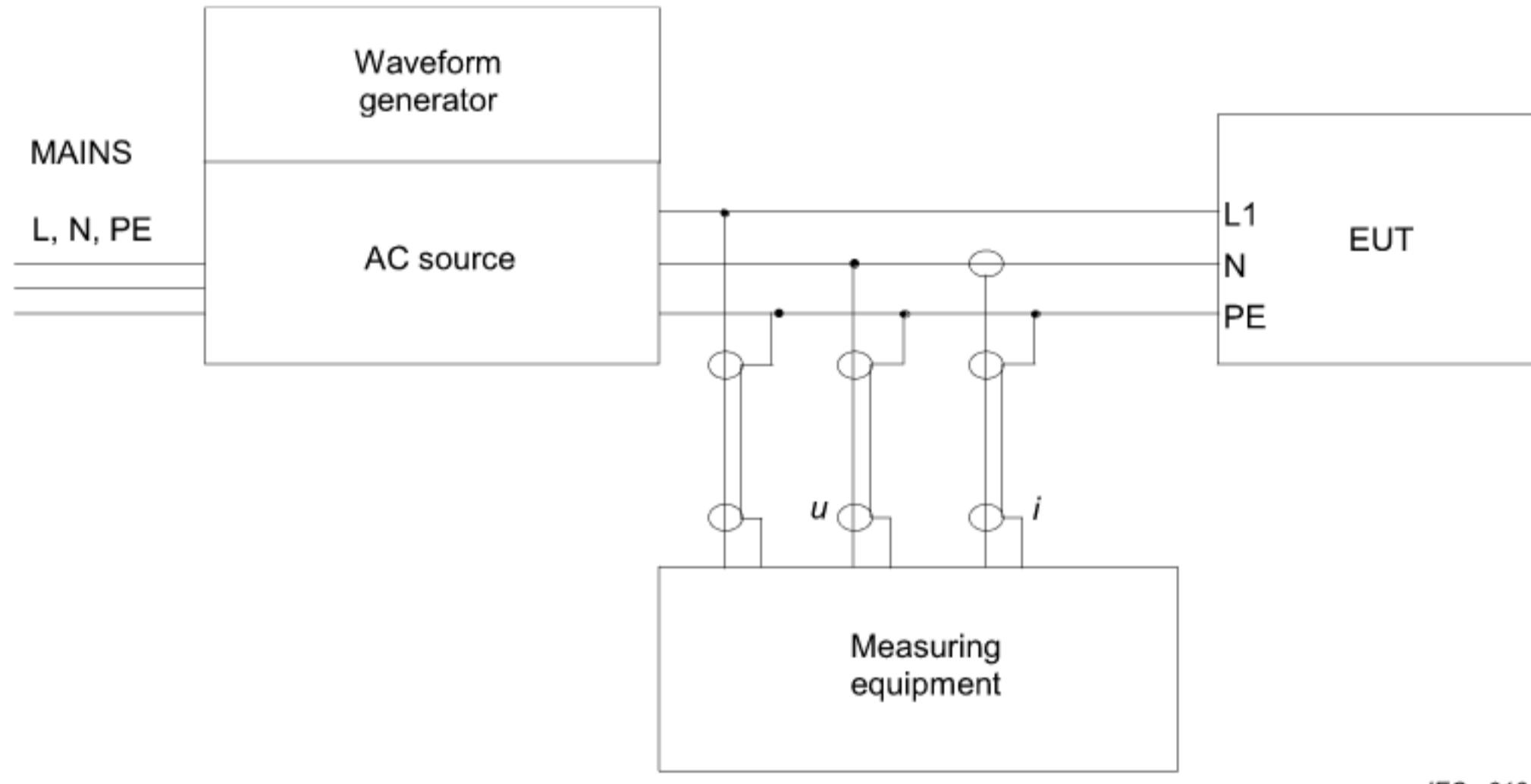
The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

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

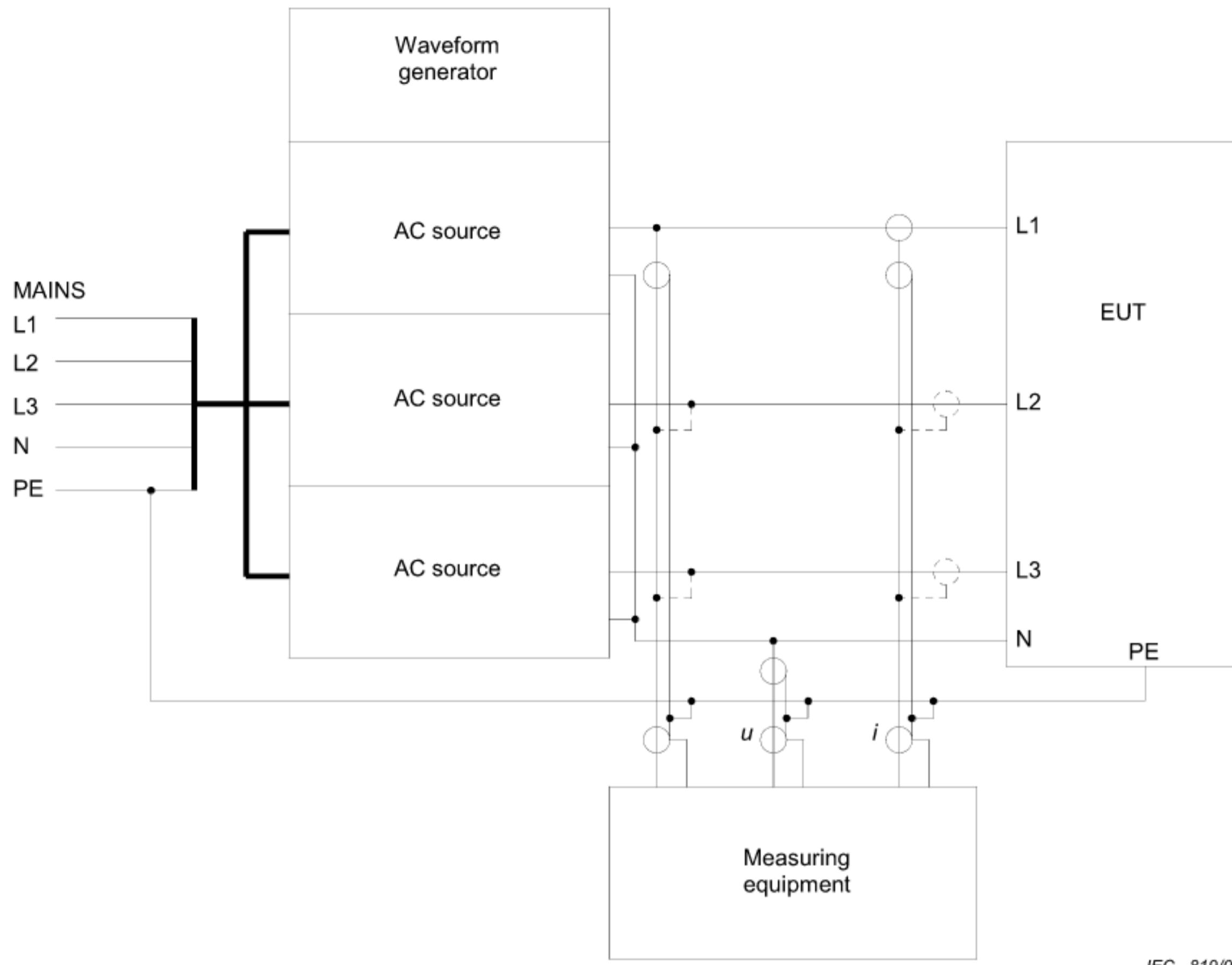
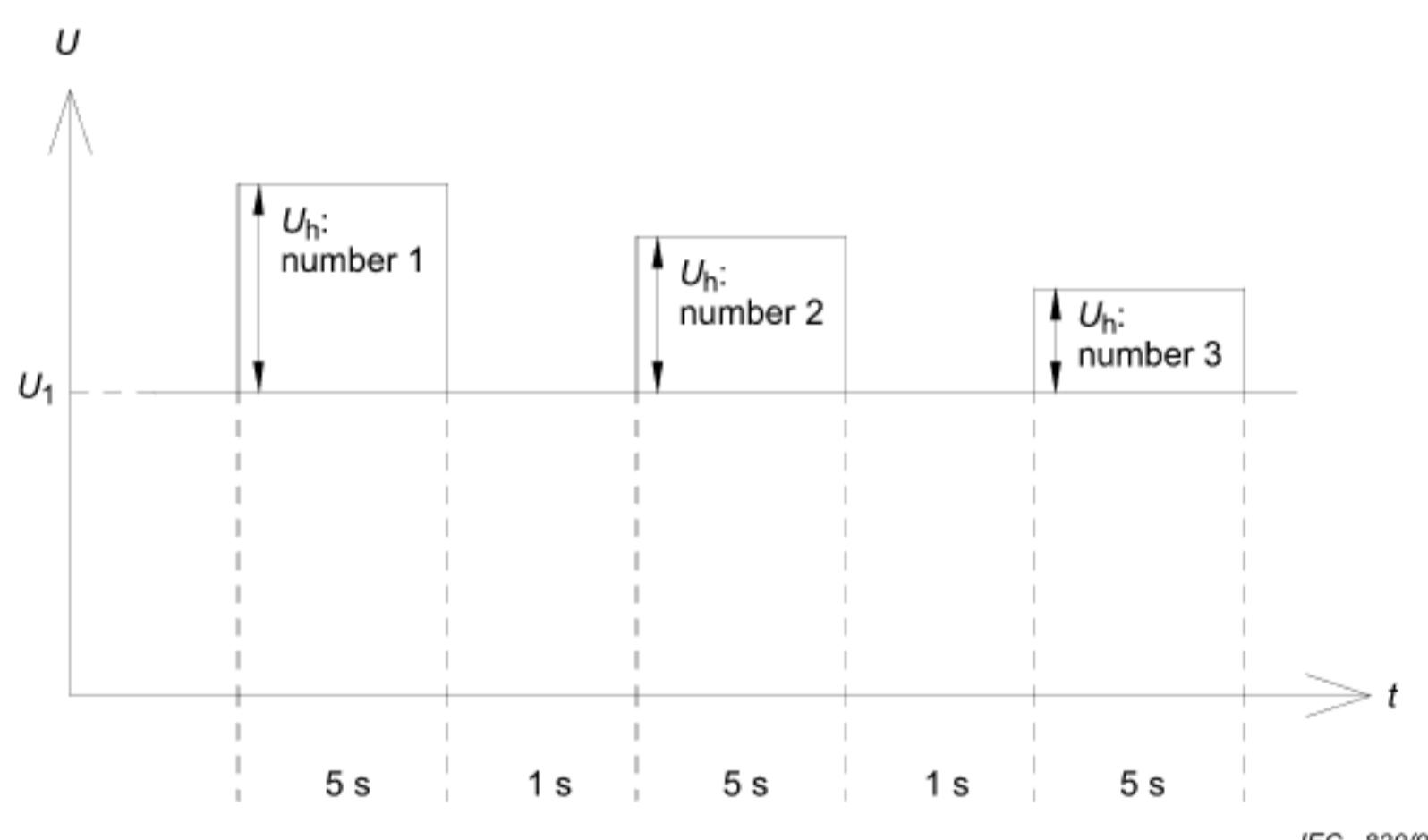
The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- 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 upon 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.



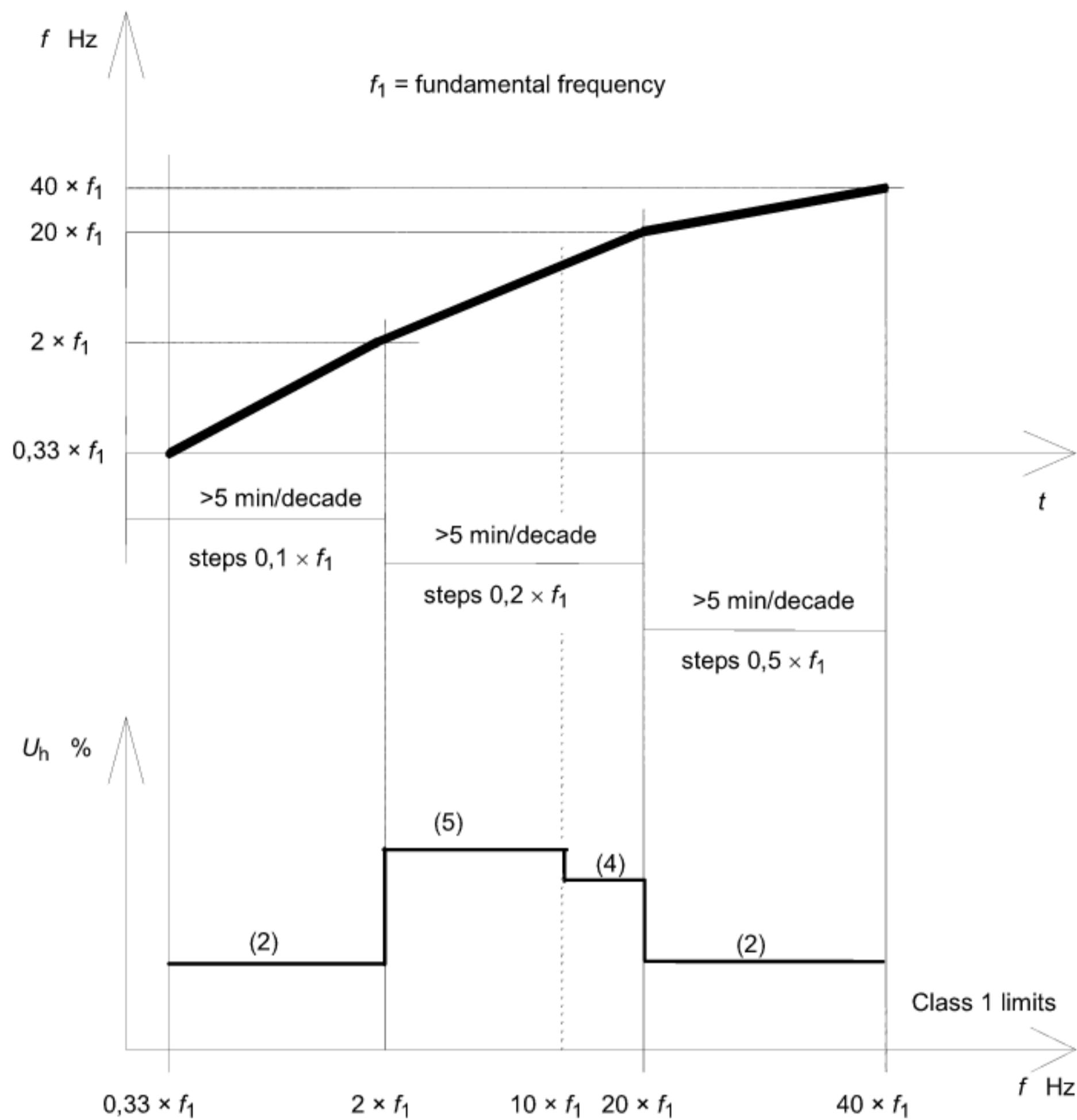
IEC 818/02

Figure 2 – An example of a test set-up for single phase

**Figure 3 – An example of a test set-up for three phases**

NOTE The r.m.s. voltage remains constant during all harmonics tests.

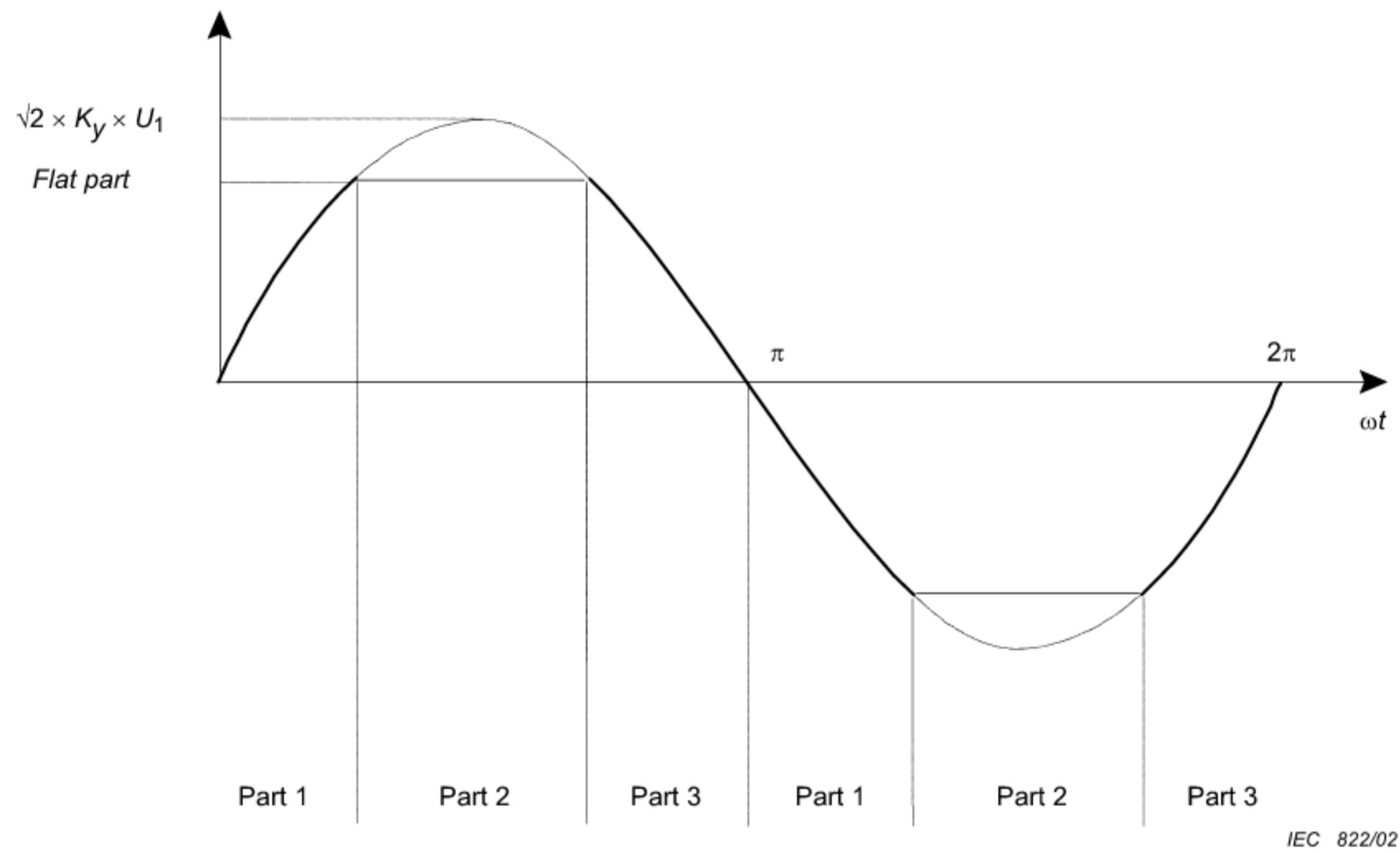
Figure 4 – Test sequences for individual harmonics



IEC 670/09

NOTE U_h = value of superimposed harmonics in %.

**Figure 5 – An example of the sweep in frequency test
(for example class 1 equipment from Table 9)**



Examples with $U_1 = 230 \text{ V}$:

For class 1: $K_1 = 1,013 \text{ 3}$

$$\text{Peak voltage: } U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 329,6 \text{ V}$$

$$\text{Voltage of flat part: } 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 313,1 \text{ V}$$

For class 2: $K_2 = 1,037 \text{ 9}$

$$\text{Peak voltage: } U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 337,6 \text{ V}$$

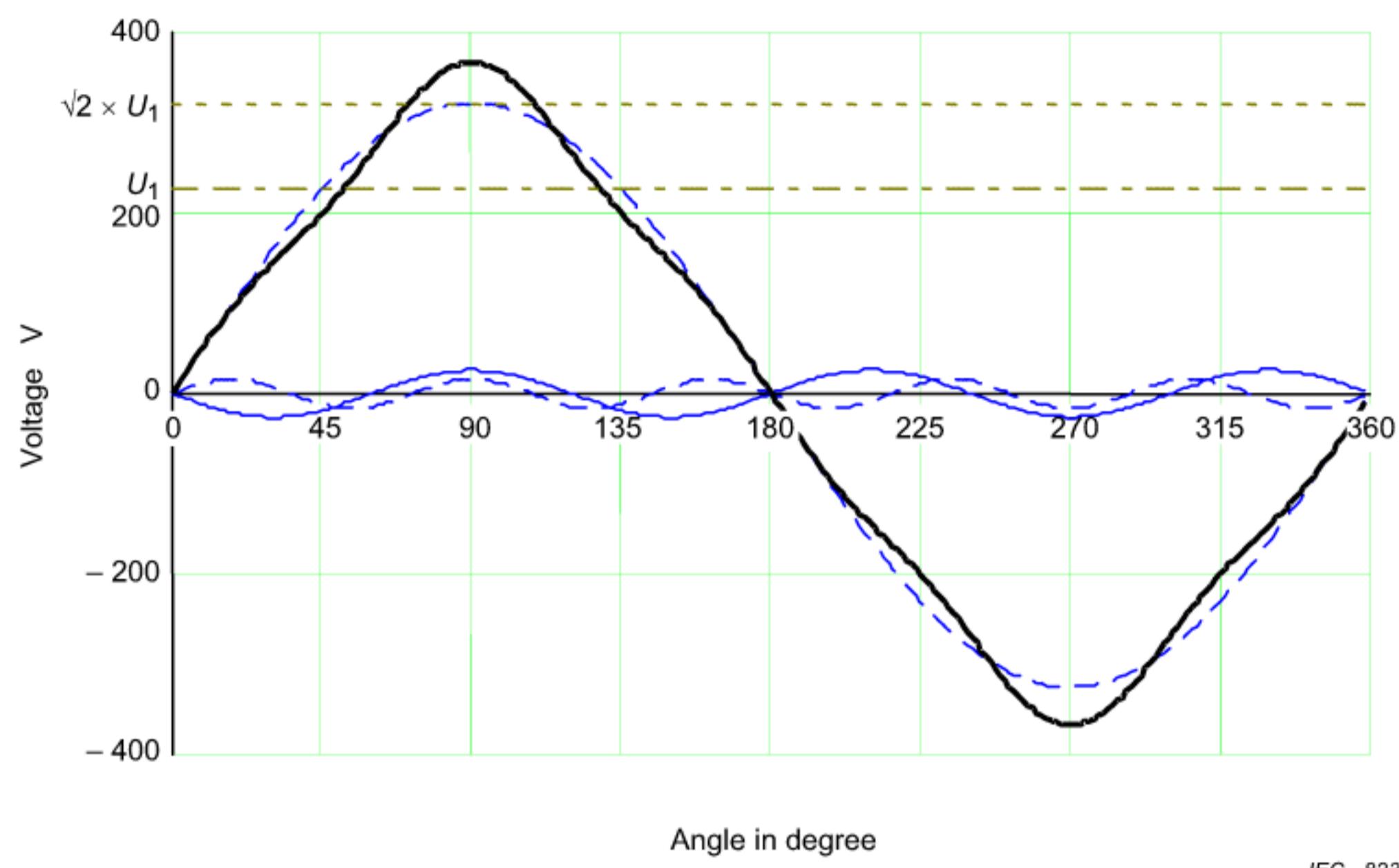
$$\text{Voltage of flat part: } 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 303,8 \text{ V}$$

For class 3: $K_3 = 1,111 \text{ 7}$

$$\text{Peak voltage: } U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 361,6 \text{ V}$$

$$\text{Voltage of flat part: } 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 289,3 \text{ V}$$

Figure 6 – Flat curve waveshape



IEC 823/02

Example for class 3:

$$U_{r.m.s.} = 230 \text{ V (resultant voltage)}$$

$$U_1 = 229 \text{ V (fundamental voltage)}$$

$$h = 3: 8 \% \text{ of } U_1 / 180^\circ$$

$$h = 5: 5 \% \text{ of } U_1 / 0^\circ$$

Figure 7 – Over swing waveshape

Annex A
(informative)**Impedance network between voltage source and EUT**

Most test generators have an extremely low, near zero, impedance which does not present a problem for testing. However, if it can be determined by a product committee that an impedance network is desired to find possible resonance between line and the EUT that could be excited by harmonics, the IEC 60725 impedance network is suggested.

As a result of LC resonant circuits formed by network line impedance and capacitor(s) inside an EUT, resonant phenomena excited by harmonic voltage sources can appear. These resonant phenomena can affect the proper operation of an EUT.

This leads to the necessity to place an impedance between the voltage fundamental and harmonics source and the EUT. Mains disturbance effects are likely to occur for high-level lower frequency harmonics when they excite these resonant circuits.

The IEC 60725 impedance network (phase $Z = 0,24 + j 0,15 \Omega$, neutral $Z = 0,16 + j 0,10 \Omega$ at 50 Hz) is specified to be inserted in the test set-up between the source and EUT to detect possible damaging resonant phenomena excited by harmonics.

The representative impedance for 60 Hz networks is suggested as follows:

- for 120 / 208 V (phase $Z = 0,10 + j 0,04 \Omega$, neutral $Z = 0,10 + j 0,03 \Omega$)
- for 347 / 600 V (phase $Z = 0,29 + j 0,07 \Omega$, neutral $Z = 0,30 + j 0,04 \Omega$)

Product committees are free to realise additional tests with other impedance values considered to be of significant interest with regard to interactions with the EUT.

Annex B
(informative)

Resonance point

A resonance point for example may be assumed, if the harmonic or interharmonic current at a constant harmonic voltage amplitude reaches a maximum value at a frequency f_{res} , and the current decreases by 3 dB in the frequency range f_{res} to $1,5 f_{\text{res}}$. A resonance frequency can cause significant thermal disturbances. Thermal effects are not considered in this standard.

In practice, resonances appear especially at higher frequencies.

Example:

A transformer is loaded by a capacitor. The capacitor causes a rising transformer current by increasing the frequency. If the leakage inductance of the transformer and the capacitor cause a resonance, a peak in the amplitude of current can occur. If the frequency is further increased, the transformer current decreases.

The harmonic and interharmonic currents can cause additional dissipation in the transformer. This interaction can cause a degradation of the performance of an EUT. The heating effects due to this increased dissipation are not considered in this standard.

Annex C
(informative)**Electromagnetic environment classes**

The following classes of electromagnetic environment 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.

NOTE1 Class 1 environments normally contain equipment which requires protection by such apparatus as uninterruptible power supplies (UPS) or filters.

NOTE 2 If UPS with high distortion level is used, class 2 may be recommended.

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.

Bibliography

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

IEC 60725: *Considerations on reference impedances for use in determining the disturbance characteristics of household appliances and similar electrical equipment*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	31
INTRODUCTION.....	33
1 Domaine d'application et objet	34
2 Références normatives	34
3 Définitions	35
4 Généralités	36
4.1 Description du phénomène	36
4.2 Sources	37
5 Niveaux d'essai	38
5.1 Niveaux d'essai harmonique	38
5.2 Niveaux d'essai pour inter-harmoniques.....	40
6 Instruments d'essai.....	41
6.1 Générateur d'essai	41
6.2 Contrôle des caractéristiques du générateur	43
7 Montage d'essai.....	43
8 Procédures d'essai	44
8.1 Procédure d'essai	44
8.2 Exécution de l'essai.....	44
9 Evaluation des résultats d'essai	49
10 Rapport d'essai.....	50
Annexe A (informative) Réseau d'impédance entre source de tension et EST	55
Annexe B (informative) Point de résonance	56
Annexe C (informative) Classes d'environnement électromagnétique	57
Bibliographie	58

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif

AVANT-PROPOS

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

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

Cette version consolidée de l'IEC 61000-4-13 porte le numéro d'édition 1.2. Elle comprend la première édition (2002-03) [documents 77A/368/FDIS et 77A/377/RVD], son amendement 1 (2009-05) [documents 77A/668/CDV et 77A/684/RVC] et son amendement 2 (2015-12) [documents 77A/904/FDIS et 77A/916/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 61000-4-13 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Cette norme a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au guide107 de l'IEC.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 3.

Les annexes A, B et C 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 stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties séparées, 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 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

- Guides 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).

La présente partie constitue une publication fondamentale en CEM traitant des prescriptions d'immunité aux harmoniques et inter-harmoniques et les procédures d'essai y relatives, y compris les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 61000 définit les méthodes d'essai d'immunité ainsi que la gamme des niveaux d'essais fondamentaux recommandés pour les matériels électriques et électroniques dont le courant assigné d'entrée est inférieur à 16 A par phase, à des fréquences de perturbation allant jusqu'à et y compris 2 kHz (pour réseau 50 Hz) et 2,4 kHz (pour réseau 60 Hz) pour des harmoniques et inter-harmoniques sur réseaux d'alimentation basse tension.

Elle ne s'applique pas aux matériels électriques et électroniques connectés aux réseaux électriques alternatifs de fréquence 16 2/3 Hz ou 400 Hz. Les essais pour ces réseaux seront traités dans des normes 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 aux harmoniques et inter-harmoniques et aux fréquences des signaux transmis sur le réseau. La méthode d'essai décrite dans cette partie de l'IEC 61000 décrit une méthode robuste pour estimer l'immunité d'un matériel ou d'un système à un phénomène prédéfini. Comme décrit dans le Guide 107 de l'IEC, ce document est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produit de l'IEC. Comme également mentionné dans le Guide 107, les comités de produit sont responsables du choix d'utilisation ou non de cette norme d'essai d'immunité; et si utilisées, ils sont responsables de la définition des niveaux d'essai appropriés et des critères de performance. Le TC 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produit pour l'évaluation de la pertinence des tests particuliers d'immunité pour leurs produits.

Le contrôle de fiabilité des composants électriques (comme les condensateurs, les filtres, etc.) ne rentre pas dans le cadre de la présente norme. Les effets thermiques longue durée (supérieurs à 15 min) ne sont pas traités dans la présente norme.

Les niveaux proposés correspondent généralement aux environnements résidentiels, commerciaux, et de l'industrie légère. Pour des environnements propres à l'industrie lourde, il est de la responsabilité des comités de produits de définir les niveaux requis via la classe X. Ils ont également la possibilité de définir des formes d'ondes plus complexes pour leurs propres besoins. Toutefois, il est à noter que les formes d'ondes simples proposées ont été principalement observées sur plusieurs réseaux (en général courbe plate pour les systèmes monophasés) et également sur les réseaux industriels (en général courbe d'oscillation pour systèmes triphasés).

2 Références normatives

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

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

IEC 61000-2-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-2: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation à basse tension*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils $\leq 16\text{ A}$ par phase)*

IEC 61000-4-7, *Compatibilité Électromagnétique (CEM) – Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'inter-harmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'IEC 61000, les définitions de l'IEC 60050(161) ainsi que les suivantes s'appliquent:

3.1

immunité

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

[VIEI 161-01-20]

3.2

composante harmonique; harmonique

composante d'un rang supérieur à 1 du développement en série de Fourier d'une grandeur périodique

[VIEI 161-02-18]

3.3

composante fondamentale; fondamental

composante de rang 1 du développement en série de Fourier d'une grandeur périodique

[VIEI 161-02-17]

3.4

forme d'onde courbe plate

forme d'onde suivant une fonction temporelle dans laquelle chaque demi-onde se compose de trois parties:

partie 1: démarre à zéro en suivant une fonction purement sinusoïdale jusqu'à la valeur spécifiée;

partie 2: est une valeur constante;

partie 3: suit une fonction purement sinusoïdale jusqu'à la valeur zéro

3.5

forme d'onde d'oscillation

forme d'onde composée de valeurs discrètes de l'harmonique fondamentale, les 3ème et 5ème harmoniques avec déphasage spécifié

3.6

f_1

fréquence fondamentale

3.7

fréquence de transmission de signaux

fréquences d'un signal entre les harmoniques pour le contrôle et la communication

3.8**EST**

équipement soumis aux essais (équipement sous test)

4 Généralités

4.1 Description du phénomène

4.1.1 Harmoniques

Les harmoniques sont des tensions et courants sinusoïdaux dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence à laquelle le système d'alimentation fonctionne.

Les perturbations harmoniques sont généralement provoquées par des matériels à caractéristique de tension – courant non linéaire ou par commutation périodique et synchronisée de charges. De tels matériels peuvent être considérés comme des sources de courants harmoniques.

Les courants harmoniques provenant des diverses sources provoquent des chutes de tension harmoniques au travers de l'impédance du réseau.

Une capacité de câble, une inductance de ligne et la connexion de condensateurs de correction de facteur de puissance peuvent entraîner une résonance parallèle ou série dans le réseau et provoquer une amplification de la tension harmonique même en un point éloigné de la charge perturbante. Les formes d'ondes proposées sont le résultat de l'addition de différents rangs d'harmoniques d'une ou plusieurs sources d'harmoniques.

4.1.2 Inter-harmoniques

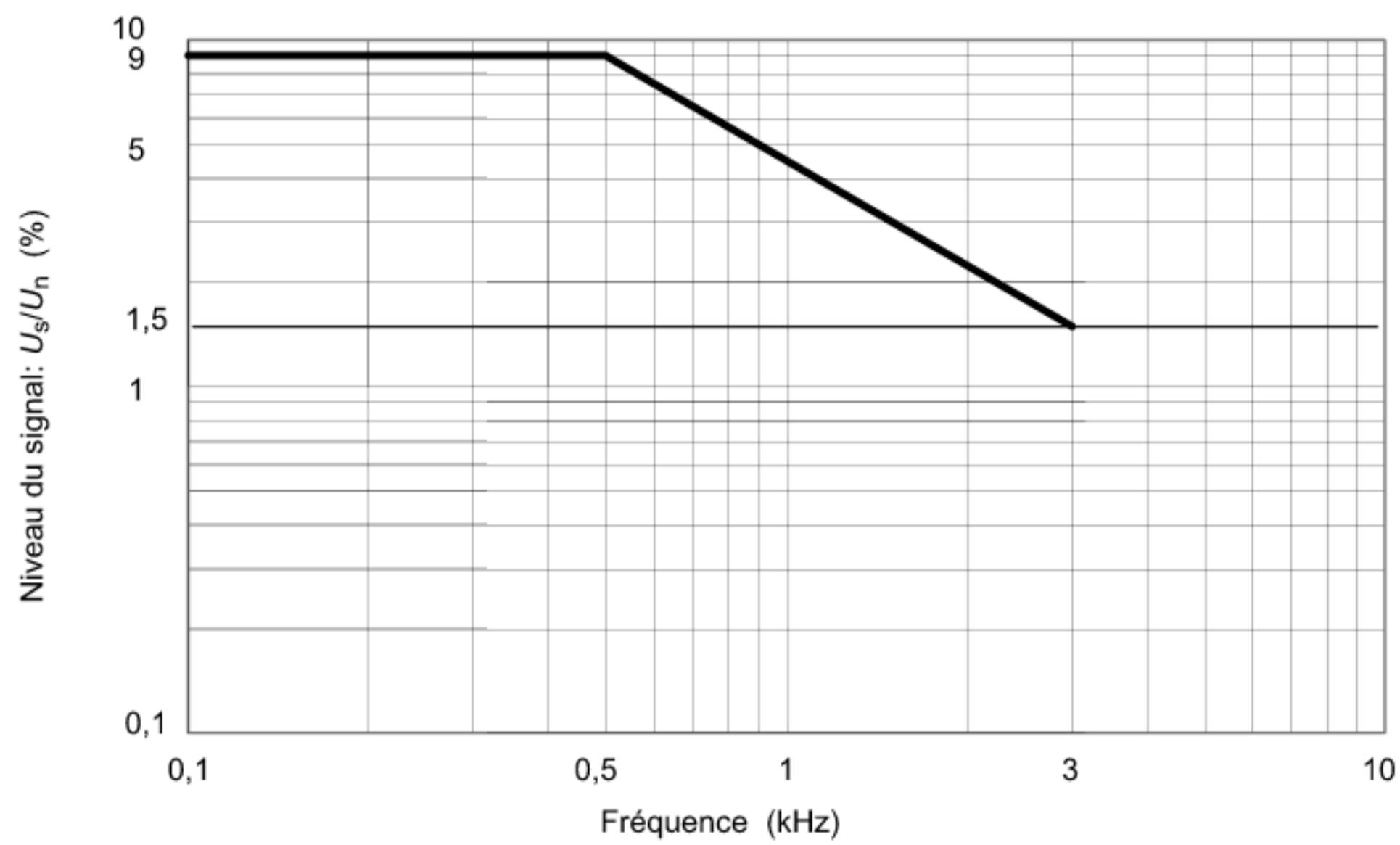
Entre les tensions et courants harmoniques à la fréquence du réseau, on peut observer d'autres fréquences qui ne sont pas des multiples entiers du fondamental. Elles peuvent se présenter comme des fréquences discrètes ou comme un spectre à large bande. L'addition des diverses sources d'inter-harmoniques est peu probable et n'est prise pas en compte dans cette norme.

4.1.3 Transmission de signaux (télécommande centralisée)

Fréquences d'un signal allant de 100 Hz à 3 kHz utilisées dans les réseaux ou dans des parties de ceux-ci pour véhiculer des informations d'un point d'émission vers un ou plusieurs points de réception.

Dans le cadre de cette norme, la gamme de fréquences est limitée à 2,4 kHz (2,4 kHz/60 Hz).

Pour la courbe de Meister, voir la Figure 8.



IEC

NOTE La figure est tirée de l'IEC 61000-2-2:2007, Figure 3.

Figure 8 – Courbe de Meister pour les systèmes de télécommande centralisée dans les réseaux publics (100 Hz à 3 000 Hz)

4.2 Sources

4.2.1 Harmoniques

Les courants harmoniques sont générés, dans une faible mesure, par des matériels de production, de transmission et de distribution, et dans une large mesure par des charges industrielles et résidentielles. Parfois, seules quelques sources génèrent des courants harmoniques importants dans un réseau ; le niveau harmonique individuel de la majorité des autres matériels est bas, cependant ceux-ci peuvent représenter une contribution relativement élevée à la distorsion harmonique en tension, au moins pour les rangs harmoniques bas du fait de leur addition.

Des courants harmoniques importants dans un réseau peuvent être générés par des charges non linéaires, par exemple:

- les redresseurs commandés ou non commandés, notamment avec lissage capacitif (comme ceux utilisés en télévision, les convertisseurs statiques directs ou indirects et les lampes à ballast intégré), car ces harmoniques sont approximativement en phase tout en provenant de diverses sources et il n'y a qu'une faible compensation dans le réseau;
- matériels avec réglage de phase, certains types d'ordinateurs et matériels à alimentation sans interruption.

Les sources peuvent produire des harmoniques à un niveau constant ou variable suivant la méthode de fonctionnement.

4.2.2 Inter-harmoniques

Les sources d'inter-harmoniques peuvent être trouvées dans les réseaux basse tension ainsi que dans les réseaux moyenne et haute tension. Les inter-harmoniques produites dans les réseaux moyenne/haute tension se transmettent aux réseaux basse tension qu'ils alimentent, et réciproquement.

Les sources principales sont les convertisseurs statiques directs et indirects, les machines de soudage et les fours à arc.

4.2.3 Transmission de signaux (télécommande centralisée)

Les sources des fréquences de transmission de signaux couvertes par cette norme sont les émetteurs fonctionnant principalement dans la gamme de fréquences allant de 100 Hz à 2,4 kHz et permettant au gestionnaire du réseau de contrôler les matériels sur le réseau d'alimentation (éclairage public, tarifs pour les compteurs, etc.). L'énergie de l'émetteur est couplée au réseau en haute, moyenne ou basse tension. Les émetteurs fonctionnent avec des signaux en tout ou rien et en général pour une courte période uniquement. Les fréquences utilisées se trouvent généralement entre deux harmoniques.

5 Niveaux d'essai

Le niveau d'essai est la tension harmonique spécifiée en tant que pourcentage de la tension fondamentale. Les tensions données dans cette norme ont comme base la tension nominale du réseau d'alimentation (U_1 fondamentale).

Il est essentiel que la tension efficace des formes d'onde résultantes reste à la valeur nominale pendant l'exécution de ces essais en réglant les valeurs de tensions du fondamental et des harmoniques conformément aux pourcentages indiqués dans les tableaux correspondants (par exemple 230 V efficace, 120 V efficace).

5.1 Niveaux d'essai harmonique

La gamme préférentielle de niveaux d'essai pour harmoniques individuelles est indiquée dans les tableaux 1 à 3.

Les tensions harmoniques à un niveau d'essai de 3 % et plus, jusqu'à la 9ème harmonique, doivent être appliquées avec un déphasage de 0° et de 180° par rapport au passage par le zéro positif du fondamental. Les tensions harmoniques à un niveau d'essai inférieur à 3 % doivent être appliquées sans déphasage par rapport au passage par le zéro positif du fondamental.

Pour les niveaux de compatibilité, se référer à l'IEC 61000-2-2 utilisant un facteur k . Les niveaux d'immunité doivent être supérieurs (par exemple 1,5 fois additionnellement).

Voir 8.2.5 pour l'application de l'essai à un EST polyphasé.

Tableau 1 – Harmoniques impairs non multiples de 3

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
5	4,5	9	12	Ouvert
7	4,5	7,5	10	Ouvert
11	4,5	5	7	Ouvert
13	4	4,5	7	Ouvert
17	3	3	6	Ouvert
19	2	2	6	Ouvert
23	2	2	6	Ouvert
25	2	2	6	Ouvert
29	1,5	1,5	5	Ouvert
31	1,5	1,5	3	Ouvert
35	1,5	1,5	3	Ouvert
37	1,5	1,5	3	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

Tableau 2 – Harmoniques impairs multiples de 3

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
3	4,5	8	9	Ouvert
9	2	2,5	4	Ouvert
15	Aucun essai	Aucun essai	3	Ouvert
21	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
27	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
33	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert
39	Aucun essai	Aucun essai	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux donnés pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

Tableau 3 – Harmoniques pairs

h	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
2	3	3	5	Ouvert
4	1,5	1,5	2	Ouvert
6	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
8	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
10	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert
12-40	Aucun essai	Aucun essai	1,5	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels alimentés par les systèmes publics d'alimentation basse tension, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

5.2 Niveaux d'essai pour inter-harmoniques

Les gammes préférentielles de niveaux d'essai sont indiquées aux tableaux 4a et 4b.

Tableau 4 – Fréquences entre fréquences harmoniques**Tableau 4a – Fréquences entre fréquences harmoniques (pour réseaux 50 Hz)**

Gamme de fréquences	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
Hz	Niveaux d'essai % U_1			
16 – 100	Aucun essai	2,5	4	Ouvert
100 – 500	Aucun essai	5	9	Ouvert
500 – 750	Aucun essai	3,5	5	Ouvert
750 – 1 000	Aucun essai	2	3	Ouvert
1 000 – 2 000	Aucun essai	1,5	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits.

Tableau 4b – Fréquences entre fréquences harmoniques (pour réseaux 60 Hz)

Gamme de fréquence Hz	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
	Niveaux d'essai % U_1			
20 – 120	Aucun essai	2,5	4	Ouvert
120 – 600	Aucun essai	5	7,5	Ouvert
600 – 900	Aucun essai	3,5	5	Ouvert
900 – 1 200	Aucun essai	2	3	Ouvert
1 200 – 2 400	Aucun essai	1,5	2	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits.

Les niveaux d'essai d'immunité pour inter-harmoniques au-dessus de 100 Hz sont fondés sur les niveaux de transmission de signaux sur les réseaux ou sur les niveaux de la courbe de Meister définis en 8.2.4 en fonction de la classe de matériel soumis à l'essai. Les fréquences inter-harmoniques discrètes ont un niveau d'environ 0,5 % de la tension de fréquence fondamentale U_1 (en l'absence de résonance). En classe 3 pour les réseaux industriels, ces niveaux peuvent être largement supérieurs.

6 Instruments d'essai

6.1 Générateur d'essai

Le générateur d'essai doit être capable de générer un signal d'une fréquence fondamentale de 50 Hz ou 60 Hz et de superposer les fréquences requises (harmoniques et fréquences entre harmoniques).

Le générateur d'essai doit être suffisamment filtré de manière que les perturbations harmoniques et inter-harmoniques n'aient aucun effet sur tout matériel auxiliaire qui pourrait être utilisé pour exécuter l'essai.

Les niveaux d'essai définis aux tableaux 1 à 4 doivent être appliqués aux bornes de l'EST connecté sous des conditions normales (monophasé ou triphasé) et fonctionnant comme indiqué dans la norme de produits correspondante.

Les caractéristiques du générateur d'essai doivent être les suivantes:

Tableau 5 – Caractéristiques du générateur d'essai

Courant de sortie par phase à la tension assignée	Doit répondre aux exigences pour un EST en fonctionnement (voir note 1)
Tension fondamentale:	
- Amplitude U_1	Tension nominale du réseau $\pm 2\%$ en monophasé
- Fréquence	Tension nominale du réseau $\pm 2\%$ en triphasé
- Angle entre phases	50 Hz $\pm 0,5\%$ ou 60 Hz $\pm 0,5\%$
	120° $\pm 1,5^\circ$ (connexion en étoile)
Harmoniques individuelles présélectionnables:	Voir note 2
- Rang	2 à 40
- Amplitude U_h	
• Gamme	0 % à 14 % U_1
• Précision	La plus grande valeur de $\pm 5,0\% U_h$ ou 0,1 % U_1
- Angle de phase ϕ_h	
• $h = 2$ à 9	0°; 180° (voir également note 6)
• Précision du déplacement de phase au passage par zéro par rapport au fondamental	$\pm 2^\circ$ du fondamental
Combinaison d'harmoniques:	Voir note 3
Fréquences entre harmoniques:	Voir note 2
- Amplitude	
• Gamme	0 % à 10 % U_1
• Précision	Au plus près de $\pm 5,0\% U_h$ ou 0,1 % U_1
- Fréquence	
• Gamme	$0,33 \times f_1$ à $40 \times f_1$
• Pas de réglage	$= 0,1 \times f_1$
$f = (0,33 \text{ à } 2) \times f_1$	$= 0,2 \times f_1$
$f = (2 \text{ à } 20) \times f_1$	$= 0,5 \times f_1$
$f > 20 \times f_1$	$\pm 0,5\% f$
• Erreur maximale de la valeur réglée	
Impédance de sortie	Voir note 4
Réseau d'impédance extérieur	Voir note 5
NOTE 1 Le générateur doit avoir un courant de sortie suffisant pour tester l'EST ou pour un courant d'entrée assigné maximal de 16 A efficace par phase. Les autres valeurs peuvent être indiquées dans la norme de produits ou la spécification de produits.	
NOTE 2 Le générateur doit fournir des possibilités de contrôle pour la sélection de l'amplitude, de la fréquence, de l'angle de phase et du type de séquence de la tension superposée.	
NOTE 3 L'option permettant de superposer plus d'une tension dans chaque phase doit être disponible sur le générateur.	
NOTE 4 Aucune impédance de sortie n'est définie car la source de tension interne doit être contrôlée de manière que la chute de tension à travers l'impédance interne soit compensée et que les valeurs de consigne soient respectées aux bornes de l'EST. Les connexions doivent être les plus courtes possibles.	
NOTE 5 Un réseau d'impédance en série extérieur peut être utilisé, mais uniquement pour rechercher la résonance possible excitée par les harmoniques. Il est conseillé d'utiliser le réseau d'impédance de l'IEC 60725. Voir l'annexe A de cette norme pour information.	
NOTE 6 ϕ_h est la différence de phase entre le passage par le zéro positif de la tension fondamentale et le passage par le zéro positif de la tension harmonique exprimée en degrés de la fréquence harmonique.	

6.2 Contrôle des caractéristiques du générateur

Les caractéristiques de sortie du générateur doivent être contrôlées à ses bornes avant l'essai. A cette fin, la tension aux bornes doit être contrôlée par un analyseur d'harmoniques conformément à l'IEC 61000-4-7, classe de précision A, et les valeurs superposées doivent être stockées et/ou imprimées. Pour une vue d'ensemble, un oscillateur peut également être utilisé.

La distorsion de tension harmonique maximale du générateur doit être conforme à l'IEC 61000-3-2 (lorsqu'aucun rang harmonique/inter-harmonique n'est sélectionné). Les tolérances de distorsion maximales pour l'alimentation de l'EST sont indiquées dans le tableau 6.

Tableau 6 – Distorsion de tension harmonique maximale

Rang de l'harmonique	% de U_1
3	0,9
5	0,4
7	0,3
9	0,2
2 à 10 (harmoniques paires)	0,2
11-40	0,1

La valeur crête de la tension d'essai doit être comprise entre 1,40 fois et 1,42 fois sa valeur efficace et doit être atteinte entre 87° et 93° après le passage par zéro. Le changement de tension de sortie maximal entre l'absence de charge et le courant assigné de l'EST doit être de ±2 % de la tension nominale.

Les caractéristiques du générateur spécifiées en 6.1 indiquent des générateurs à basse impédance interne. Pour simplifier la procédure, le contrôle des caractéristiques du générateur conforme à 6.2 doit être effectué en l'absence de réseau extérieur d'impédance.

7 Montage d'essai

Les matériels d'essai suivants peuvent être utilisés en plus du générateur d'essai pour l'essai d'immunité:

- analyseur pour harmoniques et inter-harmoniques conformément à l'IEC 61000-4-7 pour le contrôle de la tension d'essai aux bornes de l'EST;
- unité de contrôle fournissant la séquence des tensions superposées sélectionnées pendant un essai;
- imprimante ou traceur pour la documentation de la séquence de tension d'essai;
- oscilloscope pour le contrôle de la tension d'alimentation sur l'EST.

Certains de ces appareils peuvent être combinés en une seule unité.

Des exemples de montages d'essais sont donnés:

- à la figure 2 pour un EST monophasé;
- à la figure 3 pour un EST triphasé.

8 Procédures d'essai

8.1 Procédure d'essai

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 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.

8.1.2 Plan d'essai

Un plan d'essai doit être préparé avant de démarrer tout essai sur un matériel donné.

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

- description de l'EST;
- informations sur les connexions possibles (prises, bornes, etc.), les câbles correspondants et les périphériques;
- prise d'alimentation du matériel à tester;
- modes de fonctionnement représentatifs de l'EST pour l'essai;
- type d'essais/niveaux d'essai;
- critères de performances sous les conditions d'essai tels qu'ils sont spécifiés par la norme ou le constructeur;
- description du montage d'essai.

Si le matériel auxiliaire n'est pas disponible pour l'essai, il peut être simulé.

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 approprié sera effectué après chaque groupe d'essais.

8.2 Exécution de l'essai

Les figures 1a et 1b ont été ajoutées pour indiquer comment optimiser le temps d'essai sans compromettre sa fiabilité. Les niveaux d'essai de l'essai de « combinaisons d'harmoniques » et de l'essai de « balayage de fréquences » dépassent les niveaux d'essai de l'essai « d'harmoniques individuelles ». Pour la classe 1 et la classe 2, lorsque la courbe de Meister n'est pas appliquée, l'essai d'immunité pour les inter-harmoniques est applicable.

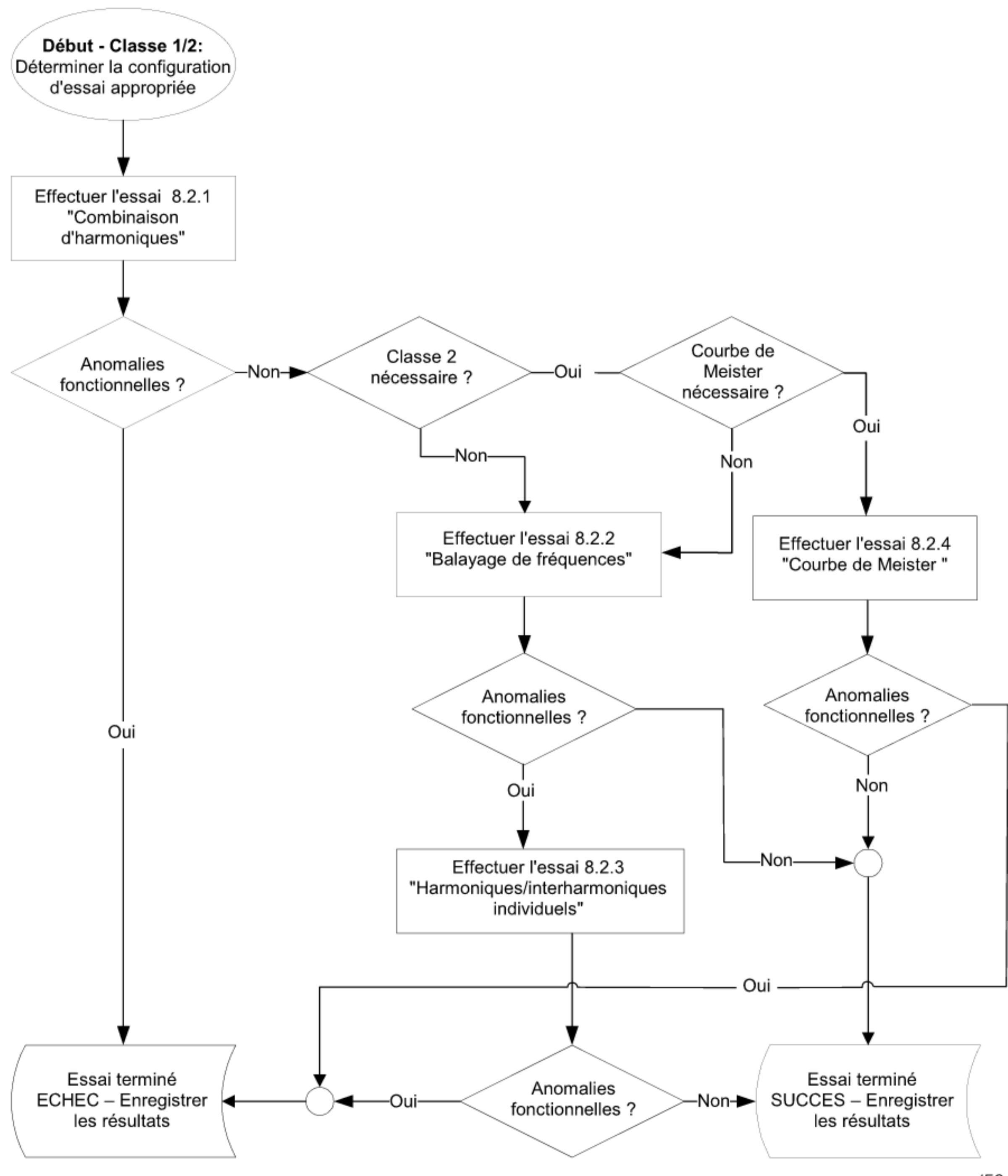
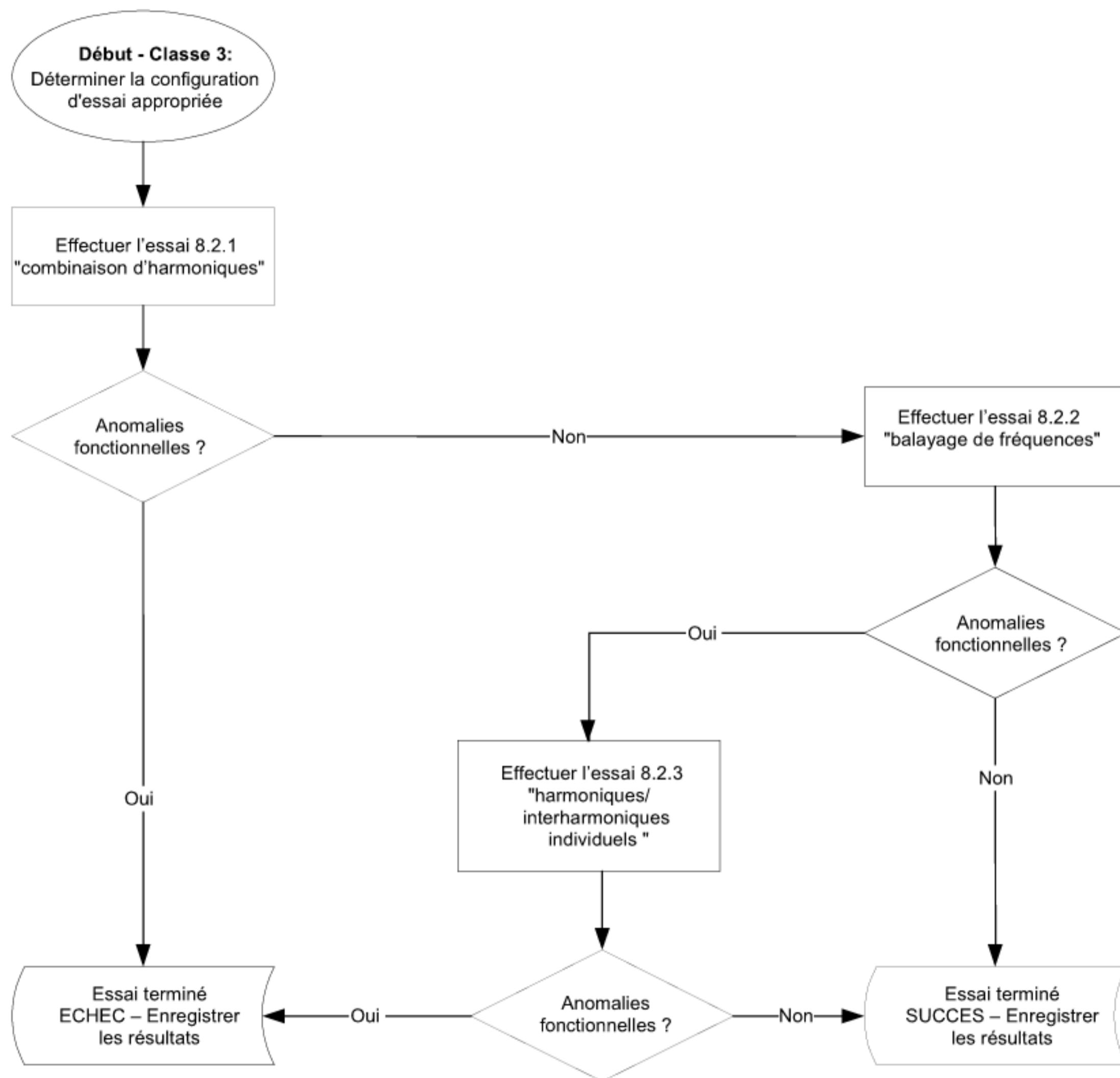


Figure 1a – Synoptique d'essai pour la classe 1 et pour la classe 2



IEC 669/09

Figure 1b – Synoptique d'essai pour la classe 3**Figure 1 – Synoptiques d'essai**

8.2.1 Essai de combinaison d'harmoniques courbe plate et courbe d'oscillation

Les deux essais de combinaisons d'harmoniques à effectuer sont la courbe plate et la courbe d'oscillation. L'EST doit être soumis à l'essai pendant 2 min pour chaque combinaison d'harmoniques conformément aux Tableaux 7 et 8. Les formes d'onde temporelle sont illustrées à la Figure 6 et à la Figure 7 pour les essais courbe plate et pour les essais courbe d'oscillation.

Courbe plate: la tension suit une fonction temporelle dans laquelle chaque demi-onde se compose de trois parties. Voir la Figure 6.

- La Partie 1 commence à zéro et suit une fonction purement sinusoïdale jusqu'à 95 % de la valeur de crête pour la classe 1, 90 % de la valeur crête pour la classe 2 et jusqu'à 80 % pour la classe 3.
- La Partie 2 est une tension constante.
- La Partie 3 est équivalente à la Partie 1 (et suit une fonction purement sinusoïdale).

La valeur efficace de la forme d'onde résultante doit être maintenue à la tension nominale durant l'application de cet essai. Cela signifie que la partie sinusoïdale de la forme d'onde doit être augmentée en amplitude par le facteur K_y indiqué dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Fonction temporelle, "courbe plate"

Fonction (Parties 1 et 3)	Rapport de tension K_y	Tension (Parties 1 et 3)	Fonction (Partie 2)	Tension (Partie 2)	Classe
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,95$	1,0133	$u = U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,95 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2}$	1
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,9$	1,0379	$u = U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,9 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2}$	2
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0,8$	1,1117	$u = U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$0,8 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2}$	3
$0 \leq \sin(\omega t) \leq X$	X	$u = U_1 \times K_x \times \sqrt{2} \times \sin(\omega t)$	$X \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm X \times U_1 \times K_x \times \sqrt{2}$	X

NOTE 1 Les classes 1, 2, et 3 sont définies à l'Annexe C.
 NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Il faut que le niveau soit défini par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur des réseaux publics d'alimentation, il faut que les valeurs ne soient pas inférieures à celles de la classe 2.
 NOTE 3 Écart maximal: $\Delta u = \pm(0,01 \times U_1 \times \sqrt{2} + 0,005 \times u)$.

Courbe d'oscillation: la courbe d'oscillation est générée en ajoutant une valeur discrète de la 3ème harmonique et également de la 5ème harmonique, chacune avec la relation de phase correspondante.

Tableau 8 – Combinaison d'harmoniques, "courbe d'oscillation"

h	3	5	Classe
% de U_1	4 % / 180°	3 % / 0°	1
% de U_1	6 % / 180°	4 % / 0°	2
% de U_1	8 % / 180°	5 % / 0°	3
% de U_1	X / 180°	X / 0°	X

NOTE 1 Les classes 1, 2, et 3 sont définies à l'annexe C.
 NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Il faut que le niveau soit défini par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur des réseaux publics d'alimentation, il faut que les valeurs ne soient pas inférieures à celles de la classe 2.

8.2.2 Méthode d'essai de « balayage de fréquences »

Le montage des matériels pour les essais de balayage de fréquences est indiqué aux Figures 2 et 3. L'amplitude des fréquences de balayage dépend de la gamme de fréquences (voir Tableau 9 et Figure 5). Il convient que le balayage (analogique) ou la vitesse d'échelon (numérique) soit tel que le temps mis par décade ne soit pas inférieur à 5 min, comme indiqué à la Figure 5. Le balayage de fréquences s'arrêtera sur les fréquences où des anomalies de performances sont détectées. Il convient que la durée d'essai à chaque palier soit d'au moins 120 s.

NOTE Les anomalies peuvent également être provoquées par des résonances. Des précisions supplémentaires figurent à l'Annexe B.

Tableau 9 – Niveaux d'essai en balayage de fréquences

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
f	Δf	Niveaux d'essai % U_1			
$0,33 \times f_1$ à $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	2	3	4,5	Ouvert
$2 \times f_1$ à $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	5	9	14	Ouvert
$10 \times f_1$ à $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	4	4,5	9	Ouvert
$20 \times f_1$ à $30 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	6	Ouvert
$30 \times f_1$ à $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	4	Ouvert

NOTE 1 Les classes 1, 2 et 3 sont définies à l'annexe C.

NOTE 2 Les niveaux indiqués pour la classe X sont ouverts. Ces niveaux doivent être définis par les comités de produits. Toutefois, pour les matériels destinés à être utilisés sur les réseaux publics d'alimentation, les valeurs ne doivent pas être inférieures à celles de la classe 2.

8.2.3 Harmoniques et inter-harmoniques individuels avec séquence de niveaux d'essai définie

Dans la gamme de fréquences $2 \times f_1$ à $40 \times f_1$, les tensions sinusoïdales individuelles d'une amplitude définie par rapport aux tableaux 1 et 3 doivent être superposées à la tension fondamentale U_1 . Chaque fréquence doit être appliquée pendant 5 s avec un intervalle d'une seconde entre les fréquences (voir figure 4) tandis que la valeur efficace de la tension résultante doit être maintenue constante pendant la durée totale de l'essai.

Pour l'essai des inter-harmoniques, les échelons de fréquence sont indiqués au tableau 10 pour les gammes de fréquences figurant aux tableaux 4a et 4b. Chaque point d'échelon doit être appliqué pendant 5 s avec un intervalle d'une seconde entre chaque point tandis que la valeur efficace de la forme d'onde résultante doit être maintenue constante pendant la durée totale de l'essai.

Tableau 10 – Echelons de fréquence pour inter-harmoniques

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence
f	Δf
$0,33 \times f_1$ à $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$
$2 \times f_1$ à $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$10 \times f_1$ à $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$20 \times f_1$ à $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$

8.2.4 Essai de la courbe de Meister

L'essai par courbe de Meister est appliqué aux produits de la Classe 2. Pendant cet essai, il convient que le balayage (analogique) ou la vitesse d'échelon (numérique) soit tel que le temps mis par décade ne soit pas inférieur à 5 min, comme indiqué à la Figure 5.

NOTE 2,4 kHz est la fréquence supérieure pour les systèmes fonctionnant en 60 Hz; la fréquence supérieure pour les systèmes fonctionnant en 50 Hz est 2 kHz.

Dans les deux cas, l'amplitude des niveaux d'inter-harmoniques appliqués doit être conforme aux valeurs indiquées au tableau 11.

Tableau 11 – Niveaux d'essai courbe de Meister

Gamme de fréquences	Echelon de fréquence	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe X
F [Hz]	Δf [Hz]	Niveaux d'essai % U_1			
16,5 à 100	5	Aucun essai	3	4	Ouvert
100 à 500	10	Aucun essai	9	10	Ouvert
500 à 1 000	10	Aucun essai	4 500/f	4 500/f	Ouvert
1 000 à 2 400	25	Aucun essai	4 500/f	4 500/f	Ouvert

8.2.5 Exécution de l'essai sur un EST multiphasé

Voir figure 3.

La distorsion harmonique ou inter-harmonique doit être appliquée à toutes les phases simultanément phase-neutre et les harmoniques de chaque tension phase-neutre doivent avoir la même relation de phase au fondamental de la forme d'onde correspondante. Cela signifie qu'à l'exception d'un déphasage de 120°, les formes d'onde multiples sont égales, comme on l'observe généralement sur les réseaux basse tension.

A cet effet, il convient que le générateur d'essai dispose d'un neutre sur sa sortie et non d'un transformateur de sortie à phases multiples qui ne transmettrait pas les harmoniques triples homopolaires.

Cela ne s'applique pas aux matériels polyphasés non reliés au neutre, et l'essai avec des harmoniques triples n'est donc pas nécessaire.

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) comportement 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 comportement cessant après la disparition de la perturbation ; le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- c) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du comportement 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 des normes génériques, de produits et de famille de produits, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et l'acheteur, par exemple 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 enveloppe blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;
- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation, 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.

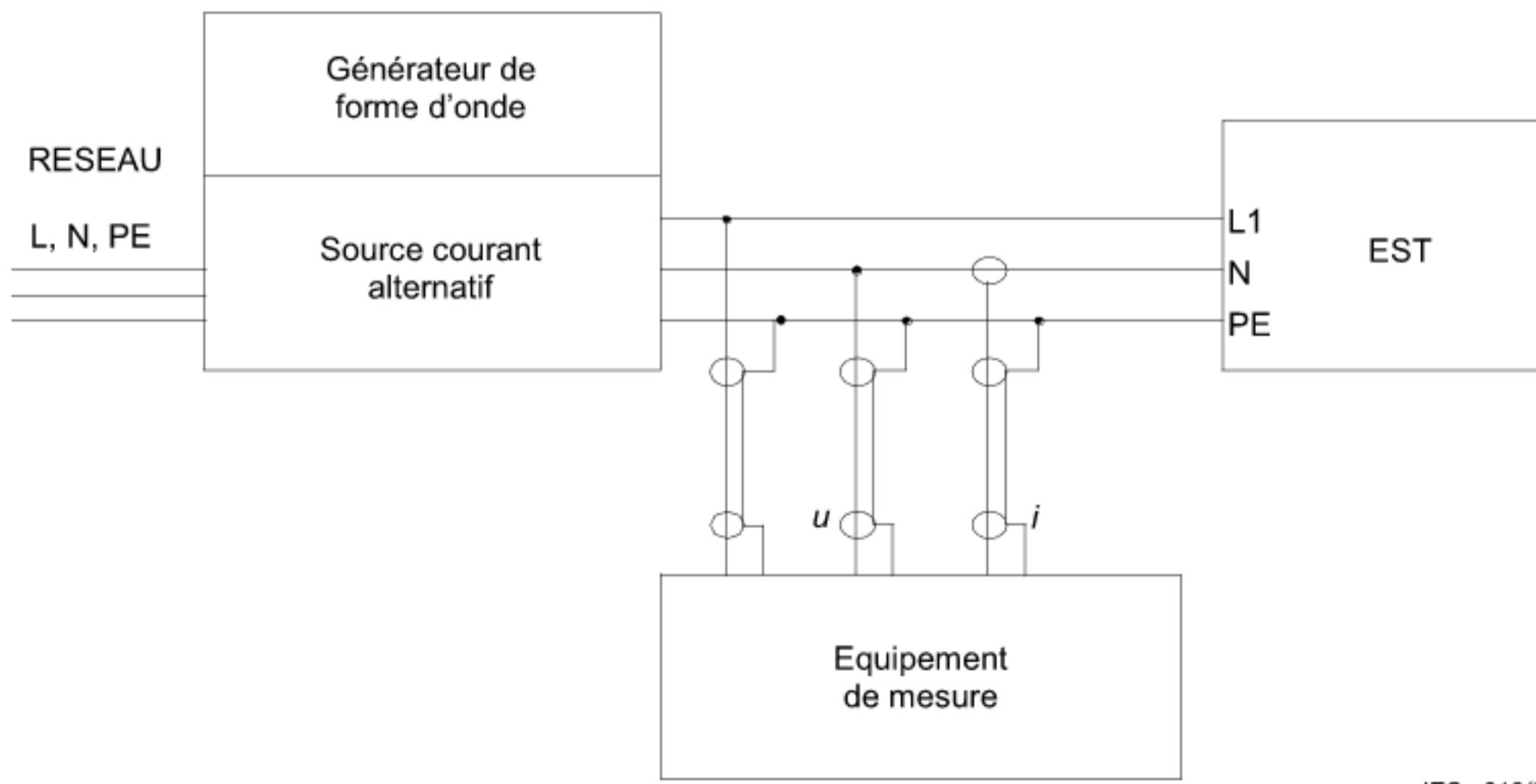
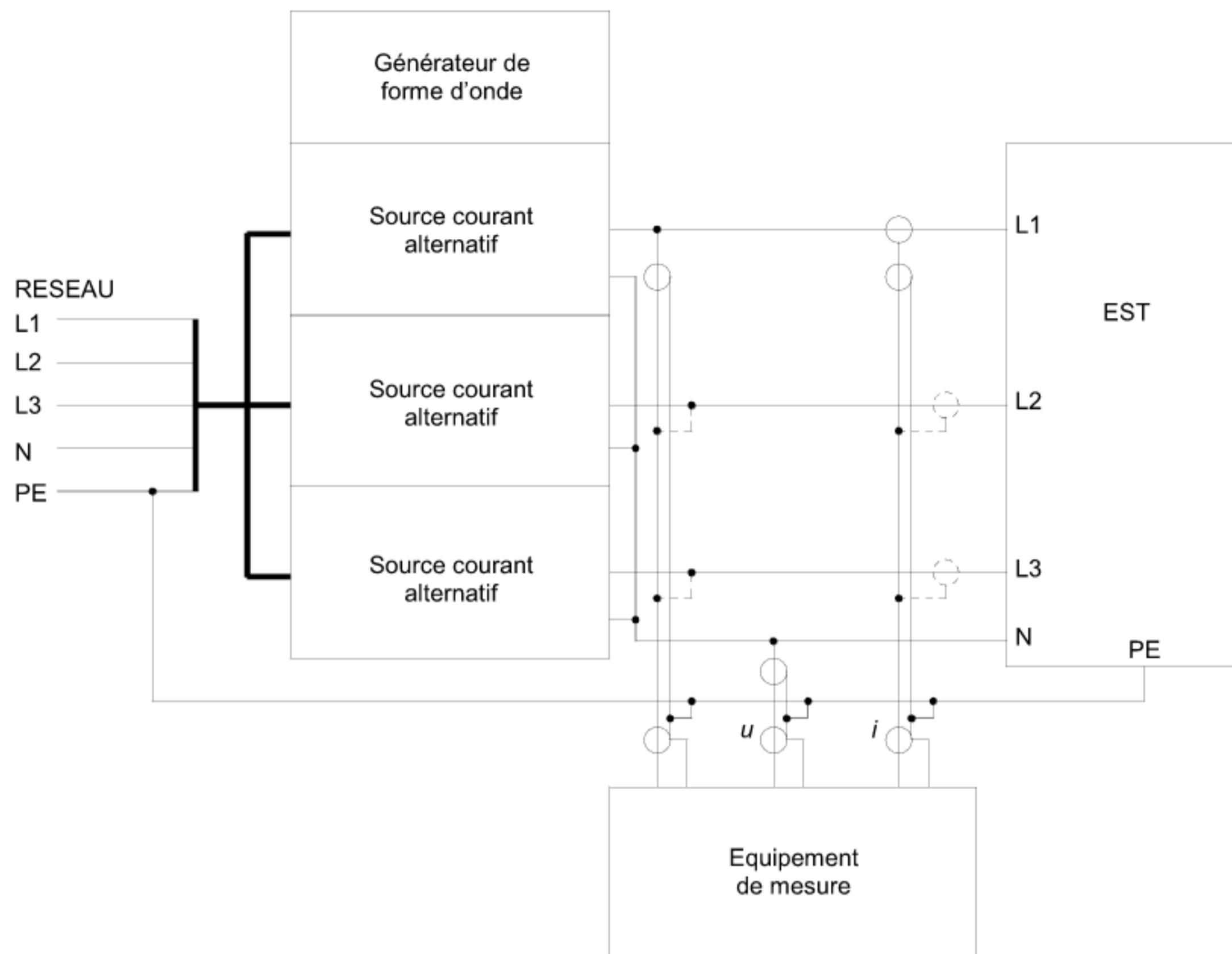
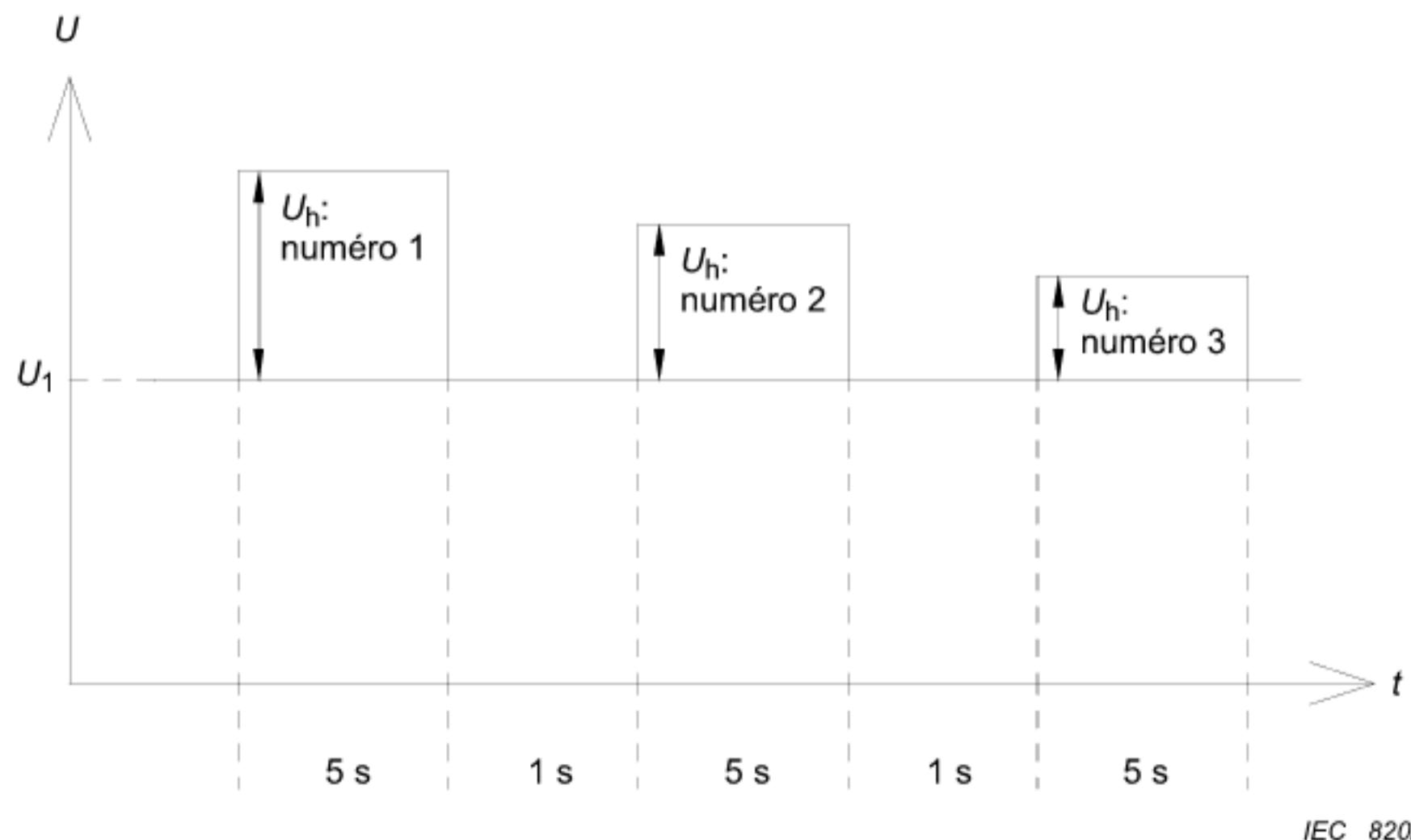


Figure 2 – Exemple de montage d'essai pour monophasé



IEC 819/02

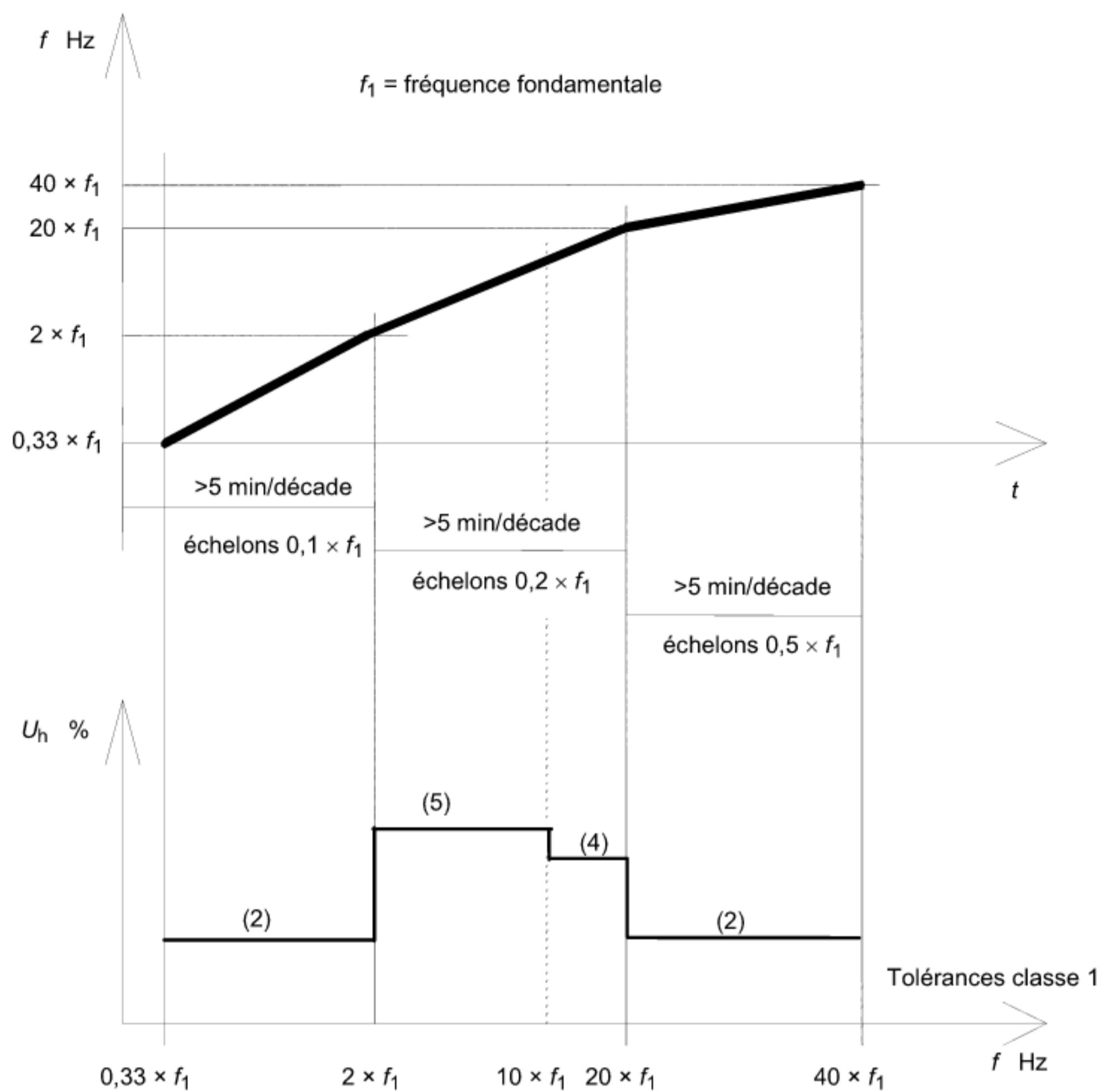
Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour triphasé



IEC 820/02

NOTE La tension efficace reste constante pendant tous les essais harmoniques.

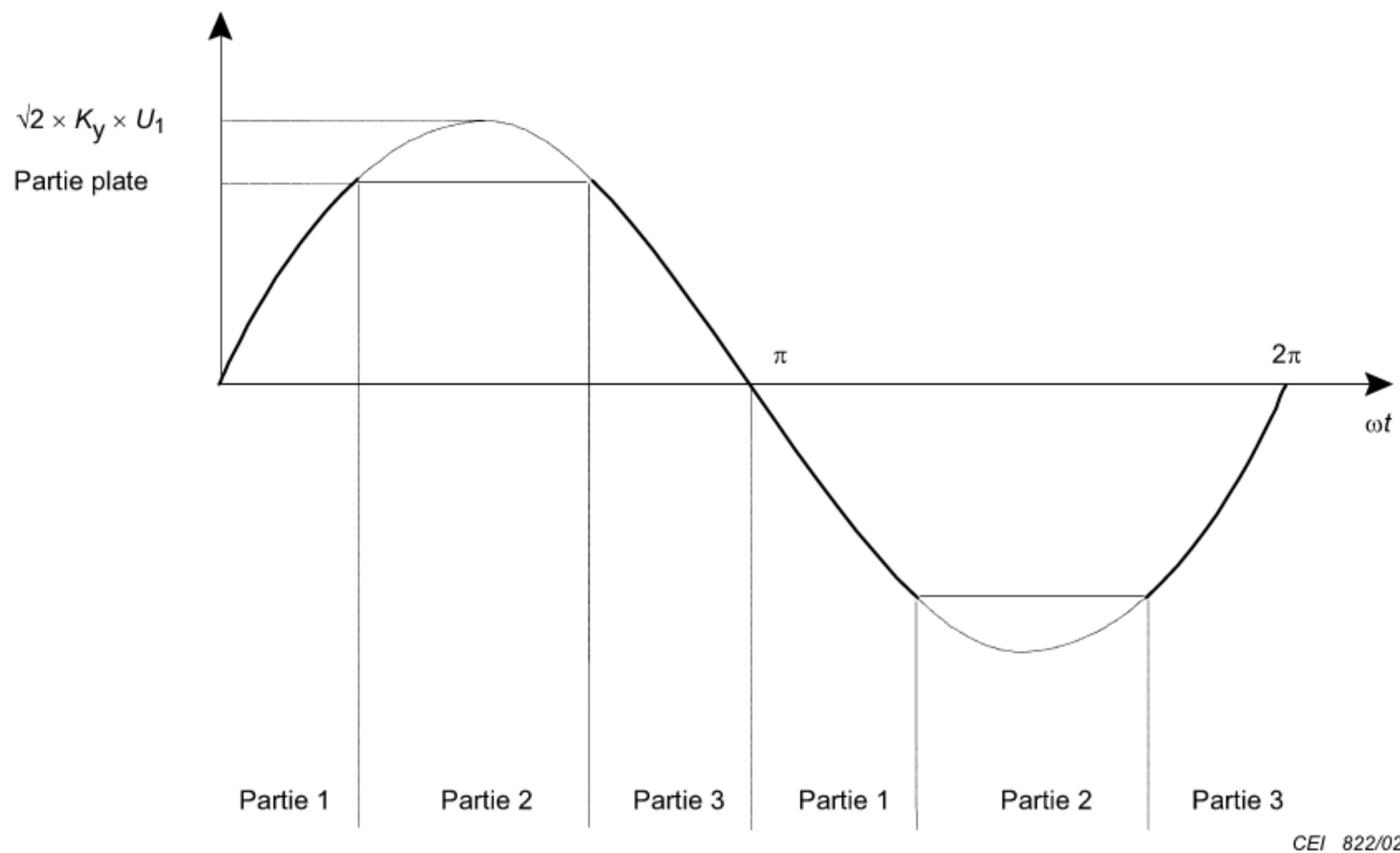
Figure 4 – Séquences d'essai pour harmoniques individuelles



IEC 670/09

NOTE U_h = est la valeur des harmoniques superposées en %.

**Figure 5 – Exemple d'essai de balayage de fréquence
(matériel de classe 1 du Tableau 9, par exemple)**



Exemples avec $U_1 = 230$ V:

Pour la classe 1: $K_1 = 1,013\ 3$

Tension de crête $U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 329,6$ V

Tension de la partie plate: $0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 313,1$ V

Pour la classe 2: $K_2 = 1,037\ 9$

Tension de crête $U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 337,6$ V

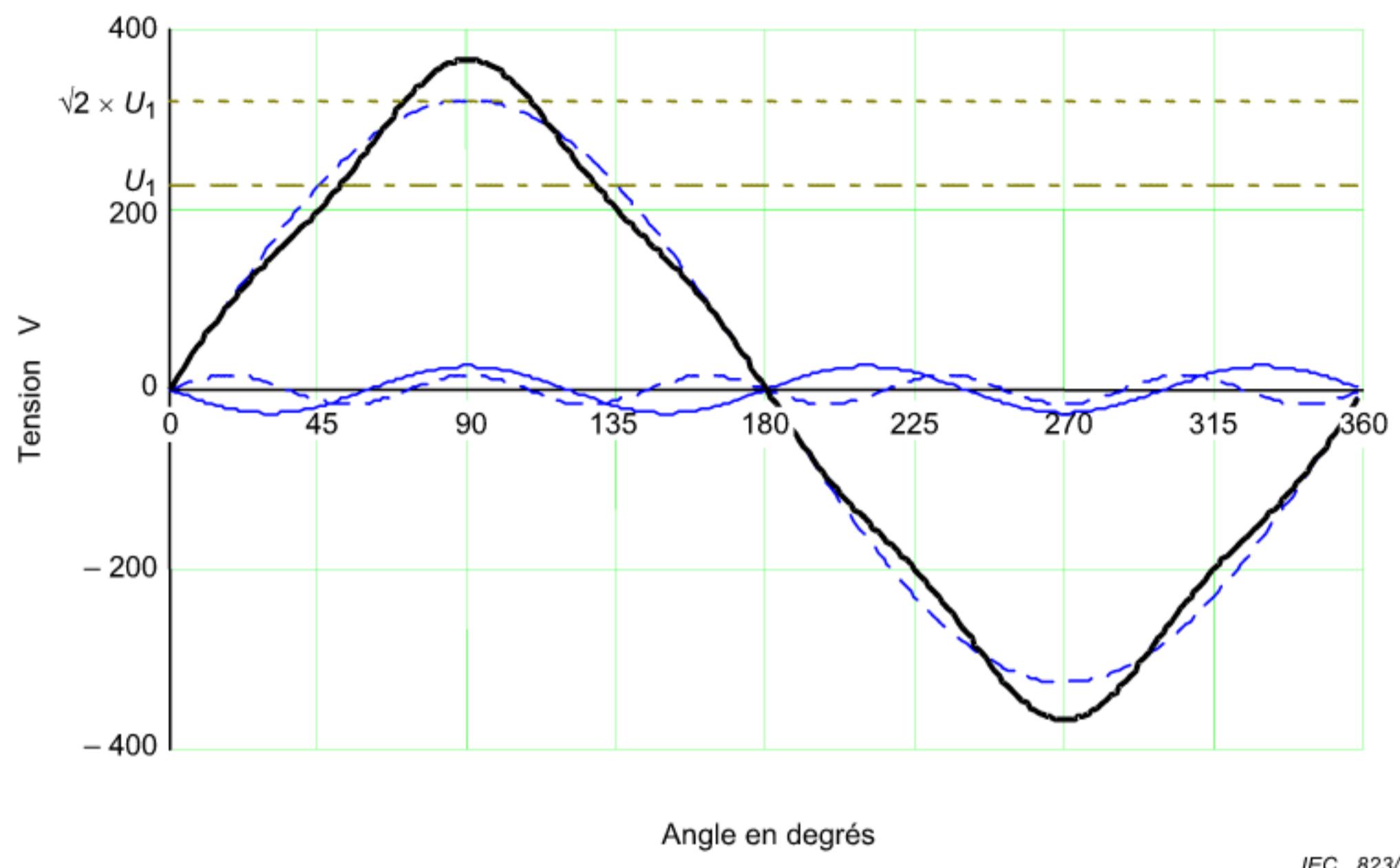
Tension de la partie plate: $0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 303,8$ V

Pour la classe 3: $K_3 = 1,111\ 7$

Tension de crête $U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 361,6$ V

Tension de la partie plate: $0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 289,3$ V

Figure 6 – Forme d'onde courbe plate



IEC 823/02

Exemple pour la classe 3 :

$$U_{\text{rms}} = 230 \text{ V} \text{ (tension résultante)}$$

$$U_1 = 229 \text{ V} \text{ (tension fondamentale)}$$

$$h = 3: 8 \% \text{ de } U_1 / 180^\circ$$

$$h = 5: 5 \% \text{ de } U_1 / 0^\circ$$

Figure 7 – Forme d'onde courbe d'oscillation

Annexe A (informative)

Réseau d'impédance entre source de tension et EST

La plupart des générateurs d'essai ont une impédance extrêmement basse, voisine de zéro, qui ne présente aucun problème pour les essais. Cependant, si il peut être décidé par un comité de produits qu'un réseau d'impédance est nécessaire pour trouver la résonance possible entre la ligne et l'EST pouvant être excité par des harmoniques, le réseau d'impédance de l'IEC 60725 est recommandé.

Des phénomènes résonants excités par des sources de tension harmonique peuvent apparaître du fait de la présence de circuits LC résonants formés par l'impédance de ligne du réseau et les condensateurs à l'intérieur d'un EST. Ces phénomènes résonants peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement correct d'un EST.

Cela conduit à la nécessité de placer une impédance entre la tension fondamentale et la source des harmoniques et l'EST. Des effets de perturbation du réseau peuvent se produire pour des harmoniques de rang bas de fortes amplitudes lorsqu'elles excitent ces circuits résonants.

Le réseau d'impédance de l'IEC 60725 (phase $Z = 0,24 + j 0,15 \Omega$, neutre $Z = 0,16 + j 0,10 \Omega$ à 50 Hz) est spécifié pour être placé dans le montage d'essai entre la source et l'EST pour détecter les phénomènes résonants excités par des harmoniques susceptibles de provoquer des dommages.

L'impédance considérée comme représentative pour les réseaux 60 Hz est la suivante:

- pour 120 / 208 V (phase $Z = 0,10 + j 0,04 \Omega$, neutre $Z = 0,10 + j 0,03 \Omega$)
- pour 347 / 600 V (phase $Z = 0,29 + j 0,07 \Omega$, neutre $Z = 0,30 + j 0,04 \Omega$)

Les comités de produits sont libres d'effectuer des essais supplémentaires en utilisant d'autres valeurs d'impédance considérées comme significatives en ce qui concerne leurs interactions avec l'EST.

Annexe B
(informative)**Point de résonance**

Un point de résonance, par exemple, peut être pris comme hypothèse si le courant harmonique ou interharmonique pour une amplitude constante de tension harmonique atteint une valeur maximale à une fréquence f_{res} , et si le courant diminue de 3 dB dans la plage de fréquences f_{res} à 1,5 f_{res} . Une fréquence de résonance peut provoquer des perturbations thermiques significatives. Les effets thermiques ne sont pas traités dans la présente norme.

En pratique, des résonances se manifestent généralement lorsque les fréquences sont élevées.

Exemple:

Un transformateur est chargé par un condensateur. Le condensateur provoque une augmentation du courant du transformateur quand on augmente la fréquence. Si l'inductance de fuite du transformateur et du condensateur provoque une résonance, il peut survenir un pic dans l'amplitude du courant. Le courant du transformateur diminue en cas de nouvelle augmentation de la fréquence.

Les courants harmoniques et inter-harmoniques peuvent provoquer une dissipation supplémentaire dans le transformateur. Cette interaction peut entraîner une dégradation des performances d'un EST. Les effets thermiques causés par l'augmentation de cette dissipation ne sont pas traités dans cette norme.

Annexe C (informative)

Classes d'environnement électromagnétique

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

Classe 1

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

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

NOTE 2 Si une ASI avec un fort taux de distorsion est utilisée, la classe 2 peut être recommandée.

Classe 2

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

Classe 3

Cette classe s'applique uniquement aux IPC en environnements industriels. Ses niveaux de compatibilité sont supérieurs à ceux de la classe 2 pour certains phénomènes de perturbation. Cette classe peut par exemple être utilisée dans l'une des conditions suivantes:

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

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

NOTE 2 Il convient que la classe applicable aux nouvelles centrales ou aux extensions de centrales existantes soit déterminée en fonction du type de matériel et de procédé envisagé.

Bibliographie

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

IEC 60725, *Considérations sur les impédances de référence à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et les équipements analogues*

IEC 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*



**INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION**

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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