

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-4-7

Deuxième édition
Second edition
2002-08

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-7:

Techniques d'essai et de mesure –

**Guide général relatif aux mesures d'harmoniques
et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage
de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation
et aux appareils qui y sont raccordés**

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**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61000-4-7:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-4-7

Deuxième édition
Second edition
2002-08

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-7:

Techniques d'essai et de mesure –

**Guide général relatif aux mesures d'harmoniques
et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage
de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation
et aux appareils qui y sont raccordés**

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**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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
the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions, symboles et indices.....	14
3.1 Définitions relatives à l'analyse fréquentielle.....	14
3.2 Définitions relatives aux harmoniques	16
3.3 Définitions relatives aux taux de distorsion	18
3.4 Définitions relatives aux interharmoniques.....	20
3.5 Notations	22
3.5.1 Symboles et abréviations.....	22
3.5.2 Indices	24
4 Concepts généraux et prescriptions communes à tous les types d'instrumentations	24
4.1 Caractéristiques du signal à mesurer	24
4.2 Classes de précision de l'instrumentation	24
4.3 Types de mesure	24
4.4 Structure générale de l'instrument.....	26
4.4.1 Instrument principal.....	26
4.4.2 Modules de post-traitement	28
5 Mesures d'harmoniques	30
5.1 Circuit d'entrée de courant	30
5.2 Circuit d'entrée de tension.....	30
5.3 Prescriptions relatives à la précision	32
5.4 Configuration de mesure pour l'évaluation des émissions	34
5.5 Évaluation des émissions harmoniques	36
5.5.1 Regroupement et lissage.....	38
5.5.2 Respect des limites d'émission.....	40
5.6 Évaluation des sous-groupes harmoniques de tension.....	40
6 Autres principes d'analyse.....	40
7 Période de transition	42
8 Généralités	42
Annexe A (informative) Mesure des interharmoniques.....	44
Annexe B (informative) Mesures au-delà de la plage de fréquence harmonique jusqu'à 9 kHz	48
Annexe C (informative) Réflexions d'ordre technique pour une méthode de regroupement.....	52
Bibliographie	70
Figure 1 – Structure générale de l'instrument de mesure.....	28
Figure 2 – Montage pour la mesure des émissions monophasées	34
Figure 3 – Montage de mesure pour les mesures d'émissions triphasées	34

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
1 Scope	13
2 Normative references.....	13
3 Definitions, symbols and indices	15
3.1 Definitions related to frequency analysis.....	15
3.2 Definitions related to harmonics.....	17
3.3 Definitions related to distortion factors.....	19
3.4 Definitions related to interharmonics.....	21
3.5 Notations	23
3.5.1 Symbols and abbreviations	23
3.5.2 Indices.....	25
4 General concepts and common requirements for all types of instrumentation.....	25
4.1 Characteristics of the signal to be measured	25
4.2 Accuracy classes of instrumentation	25
4.3 Types of measurement	25
4.4 General structure of the instrument.....	27
4.4.1 Main instrument.....	27
4.4.2 Post-processing parts	29
5 Harmonic measurements	31
5.1 Current input circuit	31
5.2 Voltage input circuit.....	31
5.3 Accuracy requirements.....	33
5.4 Measurement set-up for emission assessment.....	35
5.5 Assessment of harmonic emissions	37
5.5.1 Grouping and smoothing.....	39
5.5.2 Compliance with emission limits.....	41
5.6 Assessment of voltage harmonic subgroups	41
6 Other analysis principles.....	41
7 Transitional period	43
8 General	43
Annex A (informative) Measurement of interharmonics.....	45
Annex B (informative) Measurements above the harmonic frequency range up to 9 kHz.....	49
Annex C (informative) Technical considerations for grouping method.....	53
Bibliography.....	71
Figure 1 – General structure of the measuring instrument	29
Figure 2 – Measurement set-up for single-phase emission measurement.....	35
Figure 3 – Measurement set-up for three-phase emission measurements.....	35

Figure 4 – Illustration des groupes harmonique et interharmonique (représentés ici pour une alimentation à 50 Hz).....	38
Figure 5 – Réalisation d'un filtre passe-bas numérique: z^{-1} désigne un retard d'une fenêtre temporelle, α et β sont les coefficients du filtre (voir les valeurs dans le tableau 2).....	38
Figure 6 – Illustration d'un sous-groupe harmonique et d'un sous-groupe interharmonique centré (d'une alimentation à 50 Hz).....	40
Figure B.1 – Illustration des bandes de fréquence pour les mesures dans la plage 2 kHz – 9 kHz.....	50
Figure C.1 – Large fluctuation de courant du 5 ^{ème} harmonique	58
Figure C.2 – Large fluctuation de tension du 5 ^{ème} harmonique.....	58
Figure C.3 – Fluctuation du 3 ^{ème} courant harmonique d'un appareil à micro-onde	60
Figure C.4 – Signal de communication de 178 Hz avec 3 ^{ème} et 5 ^{ème} harmoniques.....	62
Figure C.5 – Interharmonique à 287 Hz, 5 ^{ème} et 6 ^{ème} harmoniques	62
Figure C.6 – 5 ^{ème} harmonique modulé et interharmonique à 287 Hz	66
Figure C.7 – Composantes à des fréquences de 245 Hz et 255 Hz.....	68
Tableau 1 – Prescriptions de précision pour les mesures de courant, de tension et de puissance.....	32
Tableau 2 – Coefficients du filtre de lissage en fonction de la largeur de fenêtre	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

Figure 4 – Illustration of harmonic and interharmonic groups (shown here for a 50 Hz supply)	39
Figure 5 – Realisation of a digital low-pass filter: z^{-1} designates a time window delay, α and β are the filter coefficients (see table 2 for values)	39
Figure 6 – Illustration of a harmonic subgroup and an interharmonic centred subgroup (of a 50 Hz supply)	41
Figure B.1 – Illustration of frequency bands for measurement, in the range 2 kHz to 9 kHz	51
Figure C.1 – Large 5th harmonic current fluctuation	59
Figure C.2 – Large 5th harmonic voltage fluctuation	59
Figure C.3 – Fluctuating 3rd harmonic current of a micro-wave appliance	61
Figure C.4 – Communication signal of 178 Hz together with 3rd and 5th harmonics	63
Figure C.5 – Interharmonic at 287 Hz, 5th and 6th harmonic	63
Figure C.6 – Modulated 5th harmonic and interharmonic at 287 Hz	67
Figure C.7 – Component vectors at frequencies of 245 Hz and 255Hz	69
 Table 1 – Accuracy requirements for current, voltage and power measurements	 33
Table 2 – Smoothing filter coefficients according to the window width	43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61000-4-7 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

La présente norme constitue la partie 4-7 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

Cette deuxième édition de la CEI 61000-4-7 annule et remplace la première édition, parue en 1991, et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77A/382/FDIS	77A/387/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61000-4-7 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard forms part 4-7 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991, and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
77A/382/FDIS	77A/387/RVD

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum de juillet 2004 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum of July 2004 have been included in this copy.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

INTRODUCTION

La CEI 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'émission

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

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation

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, ou sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

Ces publications seront publiées dans un ordre chronologique et numérotées en conséquence.

La présente partie est une Norme internationale qui spécifie la mesure des courants et tensions harmoniques sur les réseaux d'alimentation ainsi que la mesure des courants harmoniques émis par les appareils. Elle spécifie également la performance d'un instrument de mesure normalisé.

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. Other will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

These publications will be published in chronological order and numbered accordingly.

This part is an International Standard for the measurement of harmonic currents and voltages in power supply systems and harmonic currents emitted by equipment. It also specifies the performance of a standard measuring instrument.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNETIQUE (CEM) –

Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000 s'applique à l'instrumentation destinée à mesurer les composantes spectrales dans la gamme de fréquence allant jusqu'à 9 kHz, qui se superposent au fondamental des réseaux d'alimentation à 50 Hz et 60 Hz. Pour des raisons pratiques, la présente norme établit une distinction entre les harmoniques, les interharmoniques et les composantes au-delà de la plage de fréquence harmonique, jusqu'à 9 kHz.

La présente norme définit l'instrumentation de mesure destinée aux essais d'appareils individuels conformément aux limites d'émission données dans certaines normes (par exemple, les limites de courant harmonique données dans la CEI 61000-3-2) ainsi qu'à la mesure des courants et tensions harmoniques sur les réseaux d'alimentation eux-mêmes. La définition de l'instrumentation pour les mesures au-delà de la gamme de fréquence harmonique, jusqu'à 9 kHz, est abordée dans l'annexe B.

NOTE 1 Le présent document traite de manière approfondie des instruments basés sur la transformée de Fourier discrète.

NOTE 2 La description des fonctions et de la structure des instruments de mesure contenue dans la présente norme est très explicite et à prendre au sens littéral. En effet, il est nécessaire de disposer d'instruments de référence fournissant des résultats reproductibles indépendamment des caractéristiques des signaux d'entrée.

NOTE 3 L'instrument est défini pour satisfaire aux mesures des harmoniques de rang inférieur ou égal à 50.

2 Références normatives

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

CEI 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité Electromagnétique*

CEI 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

CEI 61967-1, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques 150 kHz à 1 GHz – Partie 1: Conditions générales et définitions*¹

¹ A publier

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

1 Scope

This part of IEC 61000 is applicable to instrumentation intended for measuring spectral components in the frequency range up to 9 kHz which are superimposed on the fundamental of the power supply systems at 50 Hz and 60 Hz. For practical considerations, this standard distinguishes between harmonics, interharmonics and other components above the harmonic frequency range, up to 9 kHz.

This standard defines the measurement instrumentation intended for testing individual items of equipment in accordance with emission limits given in certain standards (for example, harmonic current limits as given in IEC 61000-3-2) as well as for the measurement of harmonic currents and voltages in actual supply systems. Instrumentation for measurements above the harmonic frequency range, up to 9 kHz is tentatively defined (see Annex B).

NOTE 1 This document deals in detail with instruments based on the discrete Fourier transform.

NOTE 2 The description of the functions and structure of the measuring instruments in this standard is very explicit and meant to be taken literally. This is due to the necessity of having reference instruments with reproducible results irrespective of the characteristics of the input signals.

NOTE 3 The instrument is defined to accommodate measurements of harmonics up to the 50th order.

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 – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

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

IEC 61967-1, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 1: Measurement conditions and definitions*¹

¹ To be published

3 Définitions, symboles et indices

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les définitions données dans la CEI 60050-161 (VEI), ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.1 Définitions relatives à l'analyse fréquentielle

Notations: Les notations suivantes sont utilisées dans la présente norme pour le développement en série de Fourier car il est plus facile de mesurer les phases en observant les passages par zéro:

$$f(t) = c_0 + \sum_{m=1}^{\infty} c_m \sin\left(\frac{m}{N} \omega_1 t + \varphi_m\right) \quad (1)$$

avec

$$\begin{cases} c_m = |b_m + ja_m| = \sqrt{a_m^2 + b_m^2} \\ C_m = \frac{c_m}{\sqrt{2}} \\ \varphi_m = \arctan\left(\frac{a_m}{b_m}\right) \text{ if } b_m \geq 0 \\ \varphi_m = \pi + \arctan\left(\frac{a_m}{b_m}\right) \text{ if } b_m < 0 \end{cases} \quad (2)$$

et

$$\begin{cases} b_m = \frac{2}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) \times \sin\left(\frac{m}{N} \omega_1 t\right) dt \\ a_m = \frac{2}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) \times \cos\left(\frac{m}{N} \omega_1 t\right) dt \\ c_0 = \frac{1}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) dt \end{cases} \quad (3)$$

où

ω_1 est la pulsation du fondamental ($\omega_1 = 2\pi f_1$);

T_w est la largeur (ou durée) de la fenêtre temporelle ($T_w = NT_1$; $T_1 = 1/f_1$); la fenêtre temporelle est la période d'observation d'une fonction temporelle sur laquelle est appliquée la transformée de Fourier;

c_m est l'amplitude de la composante de fréquence $f_m = \frac{m}{N} f_1$;

N est le nombre de périodes du fondamental contenues dans la largeur de la fenêtre temporelle;

c_0 est la composante continue;

m est le nombre ordinal (rang de la raie spectrale) relatif à la fréquence de base ($f_w = 1/T_w$).

3 Definitions, symbols and indices

For the purposes of this part of IEC 61000, the definitions given in IEC 60050-161 (IEV) and the following, apply.

3.1 Definitions related to frequency analysis

Notations: The following notations are used in the present guide for the Fourier series development because it is easier to measure phase angles by observations of the zero crossings:

$$f(t) = c_0 + \sum_{m=1}^{\infty} c_m \sin\left(\frac{m}{N} \omega_1 t + \varphi_m\right) \quad (1)$$

with:

$$\begin{cases} c_m = |b_m + ja_m| = \sqrt{a_m^2 + b_m^2} \\ C_m = \frac{c_m}{\sqrt{2}} \\ \varphi_m = \arctan\left(\frac{a_m}{b_m}\right) \text{ if } b_m \geq 0 \\ \varphi_m = \pi + \arctan\left(\frac{a_m}{b_m}\right) \text{ if } b_m < 0 \end{cases} \quad (2)$$

and:

$$\begin{cases} b_m = \frac{2}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) \times \sin\left(\frac{m}{N} \omega_1 t\right) dt \\ a_m = \frac{2}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) \times \cos\left(\frac{m}{N} \omega_1 t\right) dt \\ c_0 = \frac{1}{T_w} \int_0^{T_w} f(t) dt \end{cases} \quad (3)$$

where

ω_1 is the angular frequency of the fundamental ($\omega_1 = 2\pi f_1$);

T_w is the width (or duration) of the time window ($T_w = NT_1$; $T_1 = 1/f_1$); the time window is that time span of a time function over which the Fourier transform is performed;

c_m is the amplitude of the component with frequency $f_m = \frac{m}{N} f_1$;

N is the number of fundamental periods within the window width;

c_0 is the d.c. component;

m is the ordinal number (order of the spectral line) related to the frequency basis ($f = 1/T_w$).

NOTE 1 Au sens strict du terme, ces définitions s'appliquent uniquement à des signaux en régime permanent.

Généralement, la série de Fourier est calculée numériquement, c'est-à-dire sous forme de *transformée de Fourier discrète* (TFD):

Le signal analogique $f(t)$ à analyser est échantillonné, converti en numérique, puis mémorisé. Chaque groupe de M échantillons forme une fenêtre temporelle sur laquelle la TFD est calculée. Suivant les principes du développement en série de Fourier, la largeur de la fenêtre T_w détermine la résolution en fréquence $f_w = 1/T_w$ (c'est-à-dire la séparation fréquentielle des raies spectrales) pour l'analyse et, ainsi, la fréquence de base pour le résultat de la transformée. Par conséquent, il faut que la largeur de fenêtre T_w soit un multiple entier N de la période du fondamental T_1 de la tension du réseau: $T_w = N \times T_1$. La fréquence d'échantillonnage est dans ce cas $f_s = M/(NT_1)$ (où M = nombre d'échantillons dans T_w).

Avant de réaliser la TFD, les échantillons dans la fenêtre temporelle T_w sont souvent pondérés en étant multipliés par une fonction symétrique particulière («fonction fenêtre»). Toutefois, pour les signaux périodiques et un échantillonnage synchrone, il est préférable d'utiliser une fenêtre de pondération rectangulaire qui multiplie chaque échantillon par un niveau unitaire.

Le processeur de TFD donne les coefficients orthogonaux de Fourier, a_m et b_m , pour les fréquences harmoniques correspondantes $f_m = m/T_w$, $m = 0, 1, 2, \dots, 2^i - 1$. Toutefois, seules les valeurs de m inférieures ou égales à la moitié de la valeur maximale sont utiles, l'autre moitié ne faisant que les dupliquer.

Lorsque la synchronisation est suffisante, le rang n d'un harmonique relativement à la fréquence fondamentale f_1 est donné par $n = m/N$ (N = nombre de périodes dans T_w).

NOTE 2 La transformée de Fourier rapide (FFT) est un algorithme spécial permettant des temps de calcul courts. Pour cela, le nombre d'échantillons M sera une puissance entière de 2, $M = 2^i$, avec $i \geq 10$ par exemple.

3.2 Définitions relatives aux harmoniques

3.2.1

fréquence harmonique

f_n

fréquence équivalente à un multiple entier de la fréquence (fondamentale) du réseau d'alimentation ($f_n = n \times f_1$)

3.2.2

rang d'un harmonique

n

rapport (entier) d'une fréquence harmonique sur la fréquence du réseau d'alimentation. En relation avec l'analyse réalisée à l'aide d'une TFD et d'une synchronisation entre f_1 et f_s (fréquence d'échantillonnage), le rang n d'un harmonique est donné par $n = k/N$ (k = numéro de la composante de Fourier, N = nombre de périodes T_1 dans T_w)

3.2.3

valeur efficace d'une composante harmonique

G_n

valeur efficace de l'une des composantes ayant une fréquence harmonique dans l'analyse d'un signal non sinusoïdal

En bref, cette composante peut être désignée simplement par «harmonique»

NOTE 1 La composante harmonique G_n est identique à la composante spectrale C_k avec $k = N \times n$; ($G_n = C_{Nn}$). Elle est remplacée, comme exigé, par le symbole I_n pour les courants ou par le symbole U_n pour les tensions.

NOTE 2 Le symbole C_k représente la valeur efficace de la composante spectrale C_m pour $m = k$ dans l'équation 2.

NOTE 3 Pour les besoins de la présente norme, la fenêtre temporelle a une largeur de $N = 10$ périodes du fondamental (réseaux à 50 Hz) ou $N = 12$ périodes du fondamental (réseaux à 60 Hz), c'est-à-dire environ 200 ms (voir 4.4.1). Ceci donne $G_n = C_{10n}$ (réseaux à 50 Hz) et $G_n = C_{12n}$ (réseaux à 60 Hz).

NOTE 1 Strictly speaking these definitions apply to steady-state signals only.

The Fourier series is actually in most cases performed digitally, i.e. as a discrete Fourier transform (DFT).

The analogue signal $f(t)$ to be analysed is sampled, A/D-converted and stored. Each group of M samples forms a time window on which DFT is performed. According to the principles of Fourier series expansion, the window width T_w determines the frequency resolution $f_w = 1/T_w$ (i.e. the frequency separation of the spectral lines) for the analysis and thus the frequency basis for the result of the transform. Therefore, the window width T_w must be an integer multiple N of the fundamental period T_1 of the system voltage: $T_w = N \times T_1$. The sampling rate is in this case $f_s = M/(NT_1)$ (where M = number of samples within T_w).

Before DFT-processing, the samples in the time window T_w are often weighted by multiplying them with a special symmetrical function "windowing function"). However, for periodic signals and synchronous sampling, it is preferable to use a rectangular weighting window which multiplies each sample by unity.

The DFT-processor yields the orthogonal Fourier-coefficients a_m and b_m of the corresponding harmonic frequencies $f_m = m/T_w$, $m = 0, 1, 2, \dots, 2^i - 1$. However, only m values up to half of the maximum value are useful, the other half just duplicates them.

When there is sufficient synchronisation, the harmonic order n related to the fundamental frequency f_1 is given by $n = m/N$ (N = number of periods in T_w).

NOTE 2 The fast Fourier transform (FFT) is a special algorithm allowing short computation times. It requires that the number of samples M be an integer power of 2, $M = 2^i$, with $i \geq 10$ for example.

3.2 Definitions related to harmonics

3.2.1

harmonic frequency

f_n
frequency which is an integer multiple of the power supply (fundamental) frequency ($f_n = n \times f_1$)

3.2.2

harmonic order

n
(integer) ratio of a harmonic frequency to the power-supply frequency. In connection with the analysis using DFT and synchronisation between f_1 and f_s (sampling rate), the harmonic order n is given by $n = k/N$ (k = number of the Fourier component, N = number of periods T_1 in T_w)

3.2.3

r.m.s. value of a harmonic component

G_n
r.m.s. value of one of the components having a harmonic frequency in the analysis of a non-sinusoidal waveform

For brevity, such a component may be referred to simply as a 'harmonic'

NOTE 1 The harmonic component G_n is identical with the spectral component C_k with $k = N \times n$; ($G_n = C_{Nn}$). It is replaced, as required, by the symbol I_n for currents or by the symbol U_n for voltages.

NOTE 2 The symbol C_k represents the r.m.s. value of the spectral component C_m for $m = k$ in equation 2.

NOTE 3 For the purposes of this standard, the time window has a width of $N = 10$ (50 Hz systems) or $N = 12$ (60 Hz systems) fundamental periods, i.e. approximately 200 ms (see 4.4.1). This yields $G_n = C_{10n}$ (50 Hz systems) and $G_n = C_{12n}$ (60 Hz systems).

3.2.4

valeur efficace d'un groupe harmonique

$G_{g,n}$

racine carrée de la somme quadratique de la valeur efficace d'un harmonique et des composantes spectrales qui lui sont adjacentes dans la fenêtre d'observation, donnant ainsi la somme du contenu énergétique des raies spectrales avoisinantes et de celui de l'harmonique proprement dit. Voir également l'équation 8 et la figure 4. Le rang harmonique est donné par l'harmonique considéré

3.2.5

valeur efficace d'un sous-groupe harmonique

$G_{sg,n}$

racine carrée de la somme quadratique de la valeur efficace d'un harmonique et des deux composantes spectrales qui lui sont directement adjacentes. Afin de prendre en compte l'effet de fluctuations de tension au cours de relevés de tension, un sous-groupe de composantes de sortie de la TFD est alors obtenu en sommant le contenu énergétique des composantes en fréquence directement adjacentes à un harmonique avec celui de l'harmonique proprement dit. (Voir aussi l'équation 9 et la figure 6.) Le rang harmonique est donné par l'harmonique considéré

3.3 Définitions relatives aux taux de distorsion

3.3.1

taux de distorsion harmonique

THD

THD (symb.)

rapport de la valeur efficace de la somme de toutes les composantes harmoniques G_n jusqu'à un rang défini H sur la valeur efficace de la composante fondamentale G_1 :

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_n}{G_1} \right)^2} \quad (4)$$

NOTE 1 Le symbole G représente la valeur efficace de la composante harmonique (voir 3.2.3). Il est remplacé, comme exigé, par le symbole I pour les courants ou par le symbole U pour les tensions.

NOTE 2 La valeur de H est définie dans chaque norme concernée par les limites (série CEI 61000-3).

3.3.2

taux de distorsion harmonique groupé

THDG

THDG (symb.)

rapport de la valeur efficace des groupes harmoniques g sur la valeur efficace du groupe associé au fondamental:

$$THDG = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_{gn}}{G_{g1}} \right)^2} \quad (5)$$

3.2.4**r.m.s. value of a harmonic group** $G_{g,n}$

square root of the sum of the squares of the r.m.s. value of a harmonic and the spectral components adjacent to it within the time window, thus summing the energy contents of the neighbouring lines with that of the harmonic proper. See also equation 8 and figure 4. The harmonic order is given by the harmonic considered

3.2.5**r.m.s. value of a harmonic subgroup** $G_{sg,n}$

square root of the sum of the squares of the r.m.s. value of a harmonic and the two spectral components immediately adjacent to it. For the purpose of including the effect of voltage fluctuation during voltage surveys, a subgroup of output components of the DFT is obtained by summing the energy contents of the frequency components directly adjacent to a harmonic with that of the harmonic proper. (See also equation 9 and figure 6.) The harmonic order is given by the harmonic considered

3.3 Definitions related to distortion factors**3.3.1****total harmonic distortion****THD** THD (symb.)

ratio of the r.m.s. value of the sum of all the harmonic components (G_n) up to a specified order (H) to the r.m.s. value of the fundamental component (G_1):

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_n}{G_1} \right)^2} \quad (4)$$

NOTE 1 The symbol G represents the r.m.s. value of the harmonic component (see 3.2.3). It is replaced, as required, by the symbol I for currents or by the symbol U for voltages.

NOTE 2 The value of H is defined in each standard concerned with limits (IEC 61000-3 series).

3.3.2**group total harmonic distortion****THDG** $THDG$ (symb.)

ratio of the r.m.s. value of the harmonic groups (g) to the r.m.s. value of the group associated with the fundamental:

$$THDG = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_{gn}}{G_{g1}} \right)^2} \quad (5)$$

3.3.3

taux de distorsion harmonique sous-groupe

THDS

THDS (symb.)

rapport de la valeur efficace des sous-groupes harmoniques sg sur la valeur efficace du sous-groupe associé au fondamental:

$$THDS = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_{sgn}}{G_{sg1}} \right)^2} \quad (6)$$

3.3.4

distorsion harmonique partielle pondérée

PWHD

PWHD (symb.)

rapport de la valeur efficace, pondérée par le rang harmonique n , d'un groupe sélectionné d'harmoniques de rang élevé (du rang $H_{\min}$ au rang $H_{\max}$) sur la valeur efficace du fondamental:

$$PWHD = \sqrt{\sum_{n=H_{\min}}^{H_{\max}} n \left(\frac{G_n}{G_1} \right)^2} \quad (7)$$

NOTE 1 La notion de distorsion harmonique partielle pondérée est donnée afin de pouvoir spécifier une seule limite pour l'ensemble des composantes harmoniques de rang plus élevé. La distorsion harmonique groupée partielle pondérée peut s'évaluer en remplaçant la quantité G_n par la quantité $G_{g,n}$. La distorsion harmonique sous-groupée partielle pondérée se calcule en remplaçant la quantité G_n par la quantité $G_{sg,n}$.

NOTE 2 Les valeurs de $H_{\min}$ et $H_{\max}$ sont définies dans chacune des normes concernées par les limites (série CEI 61000-3).

NOTE 3 *PWHD* est défini dans la présente norme parce qu'il est utilisé dans la CEI 61000-3-4 et la CEI 61000-3-2 Ed. 2 avec amendement 1.

3.4 Définitions relatives aux interharmoniques

3.4.1

valeur efficace d'une composante interharmonique

valeur efficace d'une composante spectrale d'un signal électrique dont la fréquence est comprise entre deux fréquences harmoniques consécutives (voir la figure 4)

NOTE 1 La fréquence de la composante interharmonique est donnée par la fréquence de la raie spectrale. Cette fréquence n'est pas un multiple entier de la fréquence du fondamental.

NOTE 2 L'intervalle de fréquence entre deux raies spectrales consécutives est l'inverse de la largeur de la fenêtre temporelle, environ 5 Hz pour les besoins de la présente norme.

NOTE 3 Pour les besoins de la présente norme, il est admis que la composante interharmonique est la composante spectrale C_k pour $k \neq n \times N$.

3.4.2

valeur efficace d'un groupe interharmonique

$C_{ig,n}$

valeur efficace de toutes les composantes interharmoniques comprises entre deux fréquences harmoniques consécutives (voir la figure 4)

NOTE Pour les besoins de la présente norme, la valeur efficace du groupe interharmonique entre les rangs harmoniques n et $n + 1$ est désignée par $C_{ig,n}$, par exemple le groupe entre $n = 5$ et $n = 6$ est désigné par $C_{ig,5}$.

3.3.3**subgroup total harmonic distortion****THDS***THDS* (symb.)

ratio of the r.m.s. value of the harmonic subgroups (sg) to the r.m.s. value of the subgroup associated with the fundamental:

$$THDS = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left(\frac{G_{sgn}}{G_{sg1}} \right)^2} \quad (6)$$

3.3.4**partial weighted harmonic distortion****PWHD***PWHD* (symb.)

ratio of the r.m.s. value, weighted with the harmonic order n , of a selected group of higher order harmonics (from the order $H_{\min}$ to $H_{\max}$) to the r.m.s. value of the fundamental:

$$PWHD = \sqrt{\sum_{n=H_{\min}}^{H_{\max}} n \left(\frac{G_n}{G_1} \right)^2} \quad (7)$$

NOTE 1 The concept of partial weighted harmonic distortion is introduced to allow for the possibility of specifying a single limit for the aggregation of higher order harmonic components. The partial weighted group harmonic distortion can be evaluated by replacing the quantity G_n by the quantity $G_{g,n}$. The partial weighted subgroup harmonic distortion can be evaluated by replacing the quantity G_n by the quantity $G_{sg,n}$.

NOTE 2 The values of $H_{\min}$ and $H_{\max}$ are defined in each standard concerned with limits (IEC 61000-3-series).

NOTE 3 *PWHD* is defined in this standard because it is used in IEC 61000-3-4 and in IEC 61000-3-2 Ed. 2 with amendment 1.

3.4 Definitions related to interharmonics**3.4.1****r.m.s. value of an interharmonic component**

r.m.s. value of a spectral component of an electrical signal with a frequency between two consecutive harmonic frequencies (see figure 4)

NOTE 1 The frequency of the interharmonic component is given by the frequency of the spectral line. This frequency is not an integer multiple of the fundamental frequency.

NOTE 2 The frequency interval between two consecutive spectral lines is the inverse of the width of the time window, approximately 5 Hz for the purposes of this standard.

NOTE 3 For the purposes of this standard, the interharmonic component is assumed to be the spectral component C_k for $k \neq n \times N$.

3.4.2**r.m.s. value of an interharmonic group** $C_{ig,n}$

r.m.s. value of all interharmonic components in the interval between two consecutive harmonic frequencies (see figure 4)

NOTE For the purposes of this standard, the r.m.s. value of the interharmonic group between the harmonic orders n and $n + 1$ is designated as ' $C_{ig,n}$ '; for example, the group between $n = 5$ and $n = 6$ is designated as $C_{ig,5}$.

3.4.3

valeur efficace d'un sous-groupe interharmonique centré

$C_{ig,n}$

valeur efficace de toutes les composantes interharmoniques comprises entre deux fréquences harmoniques consécutives, en excluant les composantes dont la fréquence est directement adjacente aux fréquences harmoniques (voir la figure 6)

NOTE Pour les besoins de la présente norme, la valeur efficace du sous-groupe centré situé entre les rangs harmoniques n et $n + 1$ est désignée par $C_{ig,n}$; par exemple, le sous-groupe centré situé entre $n = 5$ et $n = 6$ est désigné par $C_{ig,5}$.

3.4.4

fréquence du groupe interharmonique

$f_{ig,n}$

moyenne des deux fréquences harmoniques entre lesquelles se trouve le groupe

3.4.5

fréquence du sous-groupe interharmonique centré

$f_{ig,n}$

moyenne des deux fréquences harmoniques entre lesquelles se trouve le sous-groupe

3.5 Notations

3.5.1 Symboles et abréviations

Dans la présente norme, les valeurs des tensions et des courants sont, sauf mention contraire, des valeurs efficaces.

a	amplitude d'une composante sinus dans une série de Fourier
b	amplitude d'une composante cosinus dans une série de Fourier
c	amplitude d'une composante dans une série de Fourier
d	facteur de distorsion
f	fréquence; fonction
f_1	fréquence du fondamental
f_s	fréquence d'échantillonnage
j	$\sqrt{-1}$
p	valeur d'une fonction de probabilité cumulée, exprimée en pourcentage
t	temps courant
x	valeur échantillonnée
B	largeur de bande
C	valeur efficace de la raie spectrale
D	facteur de distorsion pondéré
F_c	composante en fréquence
H	rang de l'harmonique le plus élevé qui est pris en compte
Hz	hertz
I	courant (valeur efficace)
K	nombre de fenêtres par intervalle de 3 s
M	nombre entier; nombre d'échantillons dans une fenêtre temporelle
N	nombre de périodes dans une fenêtre temporelle
P	puissance
PCC	point commun de raccordement au réseau public
T	intervalle de temps
T_1	période du fondamental
T_w	NT_1 (largeur de la fenêtre temporelle)
U	tension (valeur efficace)

3.4.3**r.m.s. value of an interharmonic centred subgroup** $C_{ig,n}$

r.m.s. value of all interharmonic components in the interval between two consecutive harmonic frequencies, excluding frequency components directly adjacent to the harmonic frequencies (see figure 6)

NOTE For the purposes of this standard, the r.m.s. value of the centred subgroup between the harmonic orders n and $n + 1$ is designated as ' $C_{ig,n}$ '; for example, the centred subgroup between $n = 5$ and $n = 6$ is designated as $C_{ig,5}$.

3.4.4**interharmonic group frequency** $f_{ig,n}$

mean of the two harmonic frequencies between which the group is situated

3.4.5**interharmonic centred subgroup frequency** $f_{isg,n}$

mean of the two harmonic frequencies between which the subgroup is situated

3.5 Notations**3.5.1 Symbols and abbreviations**

In this standard, voltage and current values are r.m.s. unless otherwise stated.

a	amplitude coefficient of a sine component in a Fourier series
b	amplitude coefficient of a cosine component in a Fourier series
c	amplitude coefficient in a Fourier series
d	distortion factor
f	frequency; function
f_1	fundamental frequency
f_s	sampling rate
j	$\sqrt{-1}$
p	value of a cumulative probability function, expressed as a percentage
t	running time
x	sampled value
B	bandwidth
C	r.m.s. value of the spectral line
D	weighted distortion factor
F_c	frequency component
H	the order of the highest harmonic that is taken into account
Hz	hertz
I	current (r.m.s. value)
K	number of windows in 3-s interval
M	integer number; number of samples within the window width
N	number of periods within the window width
P	power
PCC	point of common coupling
T	time interval
T_1	fundamental period
T_w	NT_1 (window width)
U	voltage (r.m.s. value)

ω	pulsation
ω_1	pulsation du fondamental
φ	phase

3.5.2 Indices

b	fréquence centrale de bande
i	nombre entier courant
k	nombre entier courant
m	valeur mesurée; contenu spectral du rang m (pas nécessairement un nombre entier)
max	valeur maximale
min	valeur minimale
n	rang de l'harmonique: nombre courant (nombre entier)
g,n	rang du groupe harmonique associé à l'harmonique de rang n
$g,1$	rang du groupe harmonique associé au fondamental
sg,n	rang du sous-groupe harmonique associé à l'harmonique de rang n
$sg,1$	rang du sous-groupe harmonique associé au fondamental
ig,n	groupe interharmonique situé au-dessus de l'harmonique de rang n
isg,n	sous-groupe interharmonique centré situé au-dessus de l'harmonique de rang n
nom	valeur nominale
r	valeur assignée
s	échantillonné; synchronisé
1	fondamental(e)

4 Concepts généraux et prescriptions communes à tous les types d'instrumentations

4.1 Caractéristiques du signal à mesurer

On considère les instruments pour les types de mesures suivantes:

- mesure de l'émission harmonique;
- mesure de l'émission interharmonique;
- mesures au-dessus de la plage de fréquence harmonique, jusqu'à 9 kHz.

Au sens strict du terme, les mesures harmoniques ne peuvent être effectuées que sur un signal stationnaire; les signaux fluctuants (signaux variant en fonction du temps) ne peuvent pas être décrits de manière correcte uniquement par leurs harmoniques. Toutefois, afin d'obtenir des résultats comparables les uns aux autres, une méthode simplifiée et reproductible est indiquée pour les signaux fluctuants.

4.2 Classes de précision de l'instrumentation

Deux classes de précision (I et II) sont proposées, pour permettre l'utilisation d'instruments simples et d'un coût réduit, selon les exigences de l'application. Pour les essais sur les émissions, la classe supérieure I est requise si les émissions sont proches des valeurs limites (voir également la note 2 du tableau 1).

4.3 Types de mesure

On donne des prescriptions pour les mesures d'harmoniques et d'interharmoniques. Les mesures dans la plage de fréquence allant jusqu'à 9 kHz sont également considérées.

ω	angular frequency
ω_1	angular frequency of the fundamental
φ	phase angle

3.5.2 Indices

b	centre-band frequency
i	running-integer number
k	running-integer number
m	measured value; spectral content of order m (not necessarily integer)
max	maximum value
min	minimum value
n	harmonic order: running number (integer)
g,n	harmonic group order associated with harmonic order n
$g,1$	harmonic group order associated with the fundamental
sg,n	harmonic subgroup order associated with harmonic order n
$sg,1$	harmonic subgroup order associated with the fundamental
ig,n	interharmonic group above harmonic order n
isg,n	interharmonic centred subgroup above harmonic order n
nom	nominal value
r	rated value
s	sampled; synchronised
1	fundamental

4 General concepts and common requirements for all types of instrumentation

4.1 Characteristics of the signal to be measured

Instruments for the following types of measurement are considered:

- harmonic emission measurement;
- interharmonic emission measurement;
- measurements above the harmonic frequency range up to 9 kHz.

Strictly speaking, harmonic measurements can be performed only on a stationary signal; fluctuating signals (signals varying with time) cannot be described correctly by their harmonics only. However, in order to obtain results that are inter-comparable, a simplified and reproducible approach is given for fluctuating signals.

4.2 Accuracy classes of instrumentation

Two classes of accuracy (I and II) are considered, to permit the use of simple and low-cost instruments, consistent with the requirements of the application. For emission tests, the upper class I is required if the emissions are near to the limit values (see also note 2 of table 1).

4.3 Types of measurement

Requirements for harmonic and interharmonic measurements are given. Measurements in the frequency range up to 9 kHz are also considered.

4.4 Structure générale de l'instrument

Il est fort probable que les nouveaux modèles d'instruments utilisent la transformée de Fourier discrète (TFD), en recourant normalement à un algorithme rapide appelé transformée de Fourier rapide (TFR). Pour cette raison, la présente norme ne prend en considération que cette seule architecture mais n'exclut pas d'autres principes d'analyse (voir article 6).

La structure générale est représentée à la figure 1. Dans la réalité, un instrument peut ou non comprendre la totalité des blocs et sorties indiqués sur cette figure.

4.4.1 Instrument principal

L'instrument principal comprend

- des circuits d'entrée avec filtre anti-repliement;
- un convertisseur A/N comprenant un échantillonneur-bloqueur;
- un système de synchronisation et une fenêtre de pondération, si nécessaire;
- un processeur de TFD fournissant les coefficients de Fourier a_m et b_m («Sortie 1»).

Il est complété par les modules spéciaux consacrés à l'évaluation du courant et/ou de la tension.

NOTE 1 Pour plus de détails, voir 5.5.

NOTE 2 Pour l'analyse des harmoniques et des interharmoniques, le signal $f(t)$ à analyser est prétraité, afin d'éliminer les fréquences supérieures à la plage de fonctionnement de l'instrument.

Pour se conformer complètement à la présente norme, la largeur de fenêtre doit être de 10 périodes du fondamental (réseaux à 50 Hz) ou de 12 périodes du fondamental (réseaux à 60 Hz) avec une pondération rectangulaire (voir aussi article 7). La pondération de Hanning n'est autorisée que dans le cas d'une perte de synchronisation. Cette perte de synchronisation doit être indiquée sur l'affichage de l'instrument et les données ainsi acquises doivent être marquées.

La fenêtre temporelle doit être synchronisée avec chaque groupe de 10 ou 12 cycles selon la fréquence du réseau, à 50 Hz ou 60 Hz. La durée entre le front montant de la première impulsion d'échantillonnage et le front montant de la $(M + 1)^{\text{ème}}$ impulsion d'échantillonnage (où M est le nombre d'échantillons; voir 3.5.1) doit être égale à la durée du nombre de cycles spécifié du réseau électrique, avec une erreur maximale autorisée de $\pm 0,03\%$. Les instruments incluant une boucle à verrouillage de phase ou d'autres moyens de synchronisation doivent respecter les exigences de précision et de synchronisation les mesures, pour toute fréquence du signal comprise dans une plage d'au moins $\pm 5\%$ autour de la fréquence nominale du réseau. Néanmoins, pour les instruments ayant des sources d'alimentation intégrées, si bien que la source et les systèmes de mesure sont par nature synchronisés, l'exigence pour une plage de fréquence en entrée ne s'applique pas, à condition que les exigences de synchronisation et de précision en fréquence soient respectées.

La sortie (Sortie 1, voir la figure 1) doit donner, pour le courant ou pour la tension, les coefficients individuels a_m et b_m de la TFD, à savoir la valeur de chaque composante en fréquence calculée.

4.4 General structure of the instrument

New designs of instrument are likely to use the discrete Fourier transform (DFT), normally using a fast algorithm called fast Fourier transform (FFT). Therefore this standard considers only this architecture but does not exclude other analysis principles (see clause 6).

The general structure is represented in figure 1. An instrument may or may not comprise all the blocks and outputs given.

4.4.1 Main instrument

The main instrument comprises

- input circuits with anti-aliasing filter,
- A/D-converter including sample-and-hold unit,
- synchronisation and window-shaping unit if necessary,
- DFT-processor providing the Fourier coefficients a_m and b_m ("OUT 1").

It is complemented by the special parts devoted to current assessment and/or voltage assessment.

NOTE 1 For further details, see 5.5.

NOTE 2 For the analysis of harmonics and interharmonics, the signal $f(t)$ which has to be analysed is pre-treated to eliminate frequencies higher than the operating range of the instrument.

For full compliance with this standard, the window width shall be 10 (50 Hz systems) or 12 (60 Hz systems) periods with rectangular weighting (see also clause 7). Hanning weighting is allowed only in the case of loss of synchronisation. This loss of synchronisation shall be indicated on the instrument display and the data so acquired shall be flagged.

The time window shall be synchronised with each group of 10 or 12 cycles according to the power system frequency of 50 Hz or 60 Hz. The time between the leading edge of the first sampling pulse and the leading edge of the $(M+1)$ th sampling pulse (where M is the number of samples; see 3.5.1) shall be equal to the duration of the specified number of cycles of the power system, with a maximum permissible error of $\pm 0,03\%$. Instruments including a phase-locked loop or other synchronisation means shall meet the requirements for accuracy and synchronisation for measuring at any signal frequency within a range of at least $\pm 5\%$ of the nominal system frequency. However, for instruments having integrated supply sources, so that the source and measurement systems are inherently synchronised, the requirement for a working input frequency range does not apply, provided the requirements for synchronisation and frequency accuracy are met.

The output (OUT 1, see figure 1) shall provide the individual coefficients a_m and b_m of the DFT, for the current or voltage, i.e. the value of each frequency component calculated.

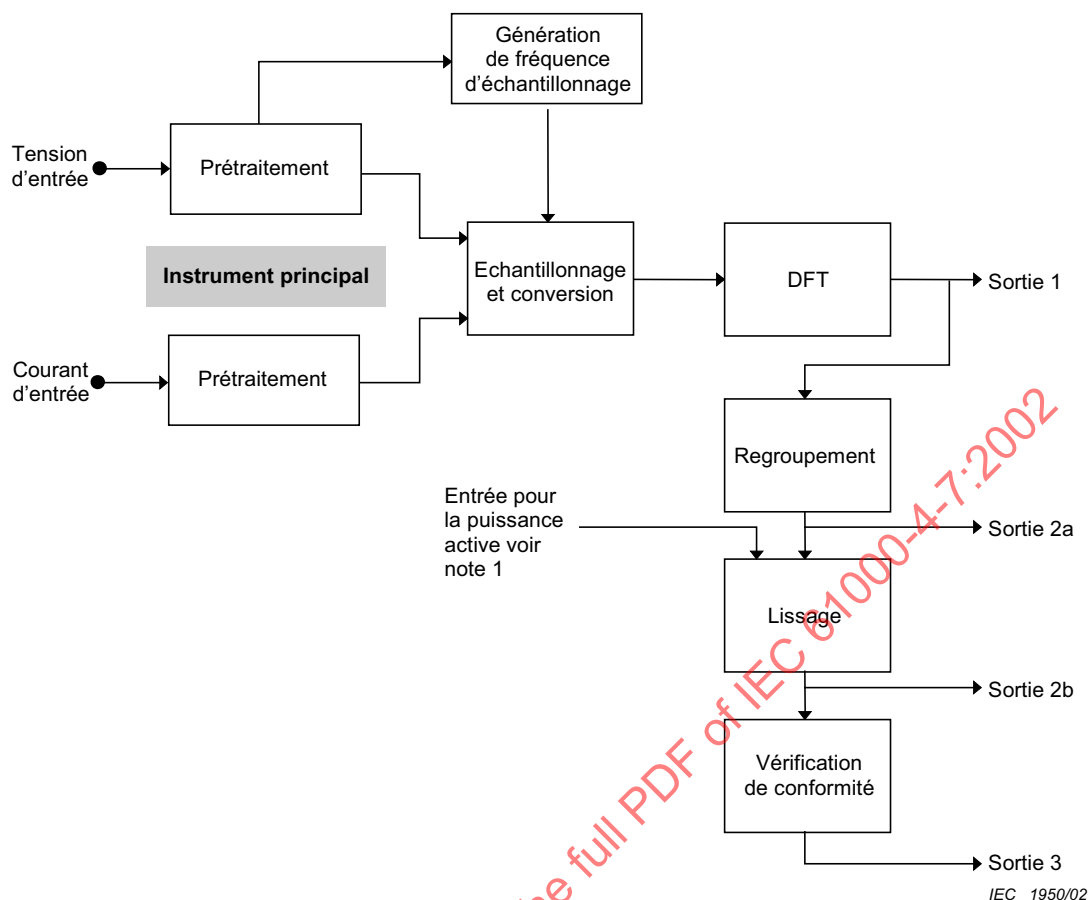


Figure 1 – Structure générale de l'instrument de mesure

Une autre sortie, pas nécessairement obtenue à partir de la TFD, doit fournir la puissance active P évaluée sur la même fenêtre temporelle que celle utilisée pour les harmoniques. Pour les mesures d'émission harmonique conformément à la CEI 61000-3-2, cette puissance ne doit pas inclure la composante continue.

NOTE 3 La puissance active P est fournie comme entrée au procédé de lissage, pas au procédé de regroupement.

NOTE 4 La mesure des composantes continues et de la puissance associée à celles-ci peut être incluse en option, mais n'est pas exigée par la présente norme.

4.4.2 Modules de post-traitement

Comme exigé par les normes d'émission, des opérations supplémentaires, telles que le lissage et la pondération des résultats bruts, sont réalisées sur les données brutes dans plusieurs modules consécutifs de l'instrument.

Si des valeurs de sortie doivent être mises en relation avec une valeur correspondante (valeurs du fondamental, déclarées ou nominales), la présente normalisation doit être effectuée uniquement après avoir réalisé ces procédures de lissage supplémentaires.

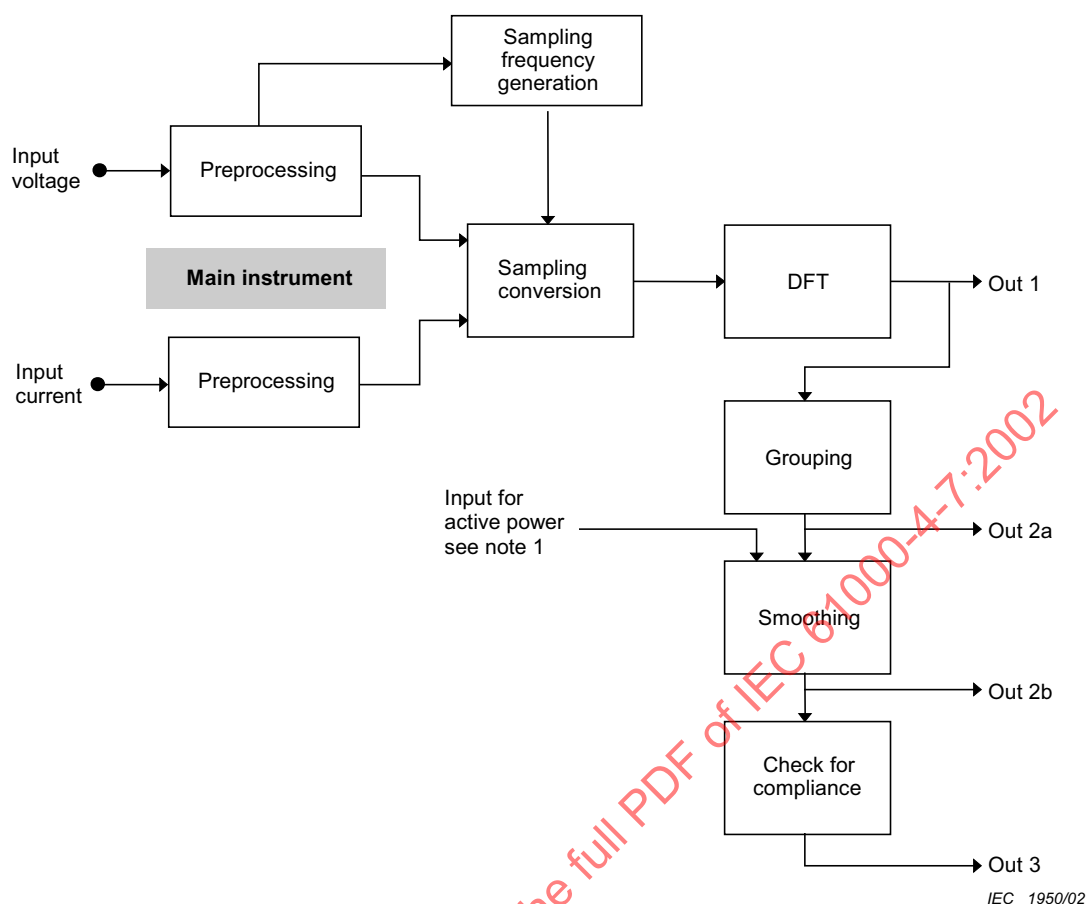


Figure 1 – General structure of the measuring instrument

A further output, not necessarily from the DFT, shall provide the active power P evaluated over the same time window used for the harmonics. For the harmonic emission measurements according to IEC 61000-3-2, this power shall not include the d.c. component.

NOTE 3 The active power P is provided as input to the smoothing process, not to the grouping process.

NOTE 4 Measurement of the d.c. components and of the power associated with them may be included as an option but is not required by this standard.

4.4.2 Post-processing parts

As required by emission standards, additional operations on the raw data like smoothing and weighing of the raw results are performed in successive parts of the instrument.

If output values are to be related to a corresponding value (fundamental, declared or nominal values), this normalization shall be performed only after these additional smoothing procedures.

5 Mesures d'harmoniques

5.1 Circuit d'entrée de courant

Le circuit d'entrée doit être adapté aux courants à analyser. Il doit fournir la mesure directe des courants harmoniques. De surcroît, il convient qu'il ait une entrée basse tension à haute impédance pouvant être associée à des shunts externes résistifs (ou une combinaison de transformateurs d'intensité avec des shunts résistifs). Les sensibilités appropriées du circuit d'entrée s'étendent de 0,1 V à 10 V, 0,1 V étant la valeur préférée, à condition qu'il respecte les prescriptions données en 5.3.

NOTE Pour les mesures d'intensité réalisées directement dans le circuit, il est conseillé, mais pas obligatoire, de fournir les calibres suivants de mesure en courant d'entrée efficace I_{nom} : 0,1 A; 0,2 A; 0,5 A; 1 A; 2 A; 5 A; 10 A; 20 A; 50 A; 100 A.

La consommation du circuit d'entrée en courant ne doit pas dépasser 3 VA pour l'instrumentation de classe II. Pour l'instrumentation de classe I, la chute de tension d'entrée efficace ne doit pas dépasser 0,15 V.

Chaque circuit d'entrée en courant doit pouvoir supporter une surcharge permanente de $1,2 I_{nom}$. Une surcharge de $10 I_{nom}$ pendant 1 s ne doit provoquer aucune détérioration.

L'appareil de mesure doit être capable d'accepter des signaux d'entrée avec un facteur de crête autorisé pouvant atteindre 4 pour les calibres inférieurs ou égaux à 5 A efficace, 3,5 pour le calibre de 10 A efficace et 2,5 pour les calibres supérieurs.

Une indication de surcharge est nécessaire.

Les prescriptions de précision globale sont indiquées dans le tableau 1.

Pour les autres prescriptions, se reporter à l'article 8.

NOTE Une composante continue est souvent associée au courant déformé à mesurer; une telle composante continue peut produire des erreurs importantes dans les transformateurs de courant d'entrée. Il convient que le fabricant indique, dans les spécifications de l'instrument, la composante maximale de courant continu autorisée, de sorte que l'erreur supplémentaire produite ne dépasse pas la précision indiquée.

5.2 Circuit d'entrée de tension

Le circuit d'entrée de l'instrument de mesure doit être adapté à la tension maximale et à la fréquence de la tension d'alimentation à analyser et doit conserver ses caractéristiques et sa précision jusqu'à 1,2 fois cette tension maximale. Un facteur de crête d'au moins 1,5 est suffisant pour les mesures, sauf pour les tensions fortement déformées dans les réseaux industriels, pour lesquelles un facteur de crête d'au moins 2 peut être nécessaire. Une indication de surcharge est exigée dans tous les cas.

L'application sur l'entrée, pendant 1 s, d'une tension alternative égale à quatre fois la tension nominale d'entrée, sans toutefois excéder 1 kV efficace, ne doit provoquer aucune détérioration dans l'instrument.

Il existe beaucoup de tensions d'alimentation nominales comprises entre 60 V et 600 V, selon la pratique locale. Pour permettre une utilisation relativement universelle de l'instrument sur la plupart des réseaux d'alimentation, il est conseillé de concevoir le circuit d'entrée pour les tensions nominales suivantes:

U_{nom} : 66 V, 115 V, 230 V, 400 V, 690 V pour les réseaux à 50 Hz;

U_{nom} : 69 V, 120 V, 240 V, 277 V, 347 V, 480 V, 600 V pour les réseaux à 60 Hz.

5 Harmonic measurements

5.1 Current input circuit

The input circuit shall be suitable for the currents to be analysed. It shall provide a direct measurement of the harmonic currents and, in addition, should have a low-voltage high-impedance voltage input which may be associated with external resistive shunts (or a combination of current transformers with resistive shunts). Appropriate input circuit sensitivities range from 0,1 V to 10 V, with 0,1 V being the preferred value, provided they comply with the requirements given in 5.3.

NOTE For current measurements directly in the circuit, it may be advisable, but is not required, to provide the following nominal r.m.s. input current measurement ranges I_{nom} : 0,1 A ; 0,2 A ; 0,5 A ; 1 A ; 2 A ; 5 A ; 10 A ; 20 A ; 50 A ; 100 A.

The power absorption of the current input circuit shall not exceed 3 VA for class II instrumentation. For class I instrumentation, the r.m.s. input voltage drop shall not exceed 0,15 V.

Each current input circuit shall be able to be continuously stressed by $1,2 I_{nom}$ and a stressing by $10 I_{nom}$ for 1 s shall not lead to any damage.

The instrument shall be able to accept input signals with a crest factor up to 4 for the ranges up to 5 A r.m.s., 3,5 for the 10 A r.m.s. range and 2,5 for higher ranges.

An overload indication is required.

The overall accuracy requirements are stated in table 1.

For other requirements, see clause 8.

NOTE A d.c. component is often associated with the distorted current to be measured; such a d.c. component may produce large errors in input current transformers. The manufacturer should indicate in the instrumentation specifications the maximum allowed d.c. component so that the additional influence error does not exceed the stated accuracy.

5.2 Voltage input circuit

The input circuit of the measuring instrument shall be suitable for the maximum voltage and the frequency of the supply voltage to be analysed and shall keep its characteristics and accuracy unchanged up to 1,2 times the maximum voltage. A crest factor of at least 1,5 is sufficient for measurements, except for highly distorted voltages in industrial networks, for which a crest factor of at least 2 may be necessary. An overload indication is required in any case.

Stressing the input for 1 s by an a.c. voltage of four times the input voltage setting or 1 kV r.m.s., whichever is less, shall not lead to any damage in the instrument.

Many nominal supply voltages between 60 V and 690 V exist, depending on local practice. To permit a relatively universal use of the instrument for most supply systems, it may be advisable for the input circuit to be designed for the following nominal voltages:

U_{nom} : 66 V, 115 V, 230 V, 400 V, 690 V for 50 Hz systems

U_{nom} : 69 V, 120 V, 240 V, 277 V, 347 V, 480 V, 600 V for 60 Hz systems.

NOTE 1 En association avec des transformateurs de tension externes, d'autres calibres peuvent également être utiles (100 V, 100/ $\sqrt{3}$ V, 110/ $\sqrt{3}$ V).

NOTE 2 Des entrées de sensibilité plus élevée (0,1 V; 1 V; 10 V) sont utiles pour fonctionner avec des capteurs externes. Il convient que le circuit d'entrée en courant soit capable d'accepter un signal d'entrée avec un facteur de crête égal au moins à 2.

La consommation du circuit d'entrée ne doit pas dépasser 0,5 VA à 230 V. Si des entrées à sensibilité élevée (inférieures à 50 V) sont fournies, leur résistance d'entrée doit être au moins de 10 k Ω /V.

Il convient de prendre garde que la valeur élevée de la tension fondamentale (à la fréquence d'alimentation) par rapport aux autres composantes de la tension à mesurer ne produise pas de surcharge causant des dommages ou des signaux d'intermodulation dans les étages d'entrée de l'instrument. Les erreurs ainsi causées doivent être inférieures à la précision indiquée. Une indication de surcharge doit être fournie.

5.3 Prescriptions relatives à la précision

On propose deux classes de précision pour l'instrumentation destinée à la mesure des composantes harmoniques. Les erreurs maximales admissibles indiquées dans le tableau 1 se rapportent à des signaux monofréquence et en régime permanent, dans la gamme de fréquence de fonctionnement, appliqués à l'instrument dans des conditions de fonctionnement assignées à indiquer par le fabricant (gamme de température, gamme d'humidité, tension d'alimentation de l'instrument, etc.).

NOTE Lorsque l'on essaie des appareils conformément à la CEI 61000-3-2, les termes donnant l'incertitude sont liés aux limites admissibles (5 % des limites admissibles) ou au courant assigné (I_r) de l'appareil essayé (0,15 % I_r), la valeur la plus grande étant retenue. Il convient de prendre ceci en compte lors du choix du calibre convenable de courant d'entrée de l'instrument de mesure.

Tableau 1 – Prescriptions de précision pour les mesures de courant, de tension et de puissance

Classe	Mesure	Conditions	Erreur maximale
I	Tension	$U_m \geq 1\% U_{nom}$ $U_m < 1\% U_{nom}$	$\pm 5\% U_m$ $\pm 0,05\% U_{nom}$
	Courant	$I_m \geq 3\% I_{nom}$ $I_m < 3\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0,15\% I_{nom}$
	Puissance	$P_m \geq 150 \text{ W}$ $P_m < 150 \text{ W}$	$\pm 1\% \text{ de } P_{nom}$ $\pm 1,5 \text{ W}$
II	Tension	$U_m \geq 3\% U_{nom}$ $U_m < 3\% U_{nom}$	$\pm 5\% U_m$ $\pm 0,15\% U_{nom}$
	Courant	$I_m \geq 10\% I_{nom}$ $I_m < 10\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0,5\% I_{nom}$

I_{nom} : Calibre en courant de l'instrument de mesure
 U_{nom} : Calibre en tension de l'instrument de mesure
 U_m et I_m : Valeurs mesurées

NOTE 1 Les instruments de classe I sont recommandés quand des mesures précises sont nécessaires, telles que celles permettant de contrôler la conformité aux normes, de résoudre des conflits, etc. Deux instruments quelconques se conformant aux prescriptions de la classe I fournissent, lorsqu'ils sont raccordés aux mêmes signaux, des résultats concordants dans les limites de la précision spécifiée (ou indiquent une condition de surcharge).

NOTE 2 Les instruments de classe I sont recommandés pour les mesures d'émission. La classe II est recommandée pour les campagnes de mesure, mais elle peut également être utilisée pour les mesures d'émission si les niveaux sont tels que, même en tenant compte de l'incertitude accrue, il est clair que les valeurs limites ne sont pas dépassées. Dans la pratique, ceci signifie qu'il convient que les niveaux mesurés soient inférieurs à 90 % des limites autorisées.

NOTE 3 En outre, pour les instruments de classe I, il convient que le déphasage entre les voies individuelles soit plus petit que $n \times 1^\circ$.

NOTE 1 In association with external voltage transformers, additional ranges may also be useful (100 V, $100/\sqrt{3}$ V, $110/\sqrt{3}$ V)

NOTE 2 Inputs with higher sensitivity (0,1 V; 1 V; 10 V) are useful for operation with external sensors. The input circuit should be capable of accepting an input signal with a crest factor of at least 2.

The power absorption of the input circuit shall not exceed 0,5 VA at 230 V. If high-sensitivity inputs (less than 50 V) are provided, their input resistance shall be at least 10 kΩ/V.

Care should be taken that the high value of the fundamental (supply frequency) voltage as compared to the other voltage components to be measured does not produce overload causing damage or intermodulation signals in the input stages of the instrument. Errors so caused shall be below the stated accuracy. An overload indication shall be provided.

5.3 Accuracy requirements

Two classes of accuracy are suggested for instrumentation measuring harmonic components. The maximum allowable errors given in table 1 refer to single-frequency and steady-state signals, in the operating frequency range, applied to the instrument under rated operating conditions to be indicated by the manufacturer (temperature range, humidity range, instrument supply voltage, etc.).

NOTE When testing appliances according to IEC 61000-3-2, the uncertainty terms are related to the permissible limits (5 % of the permissible limits) or to the rated current (I_r) of the tested appliance (0,15 % I_r), whichever is greater. This should be considered when choosing the proper input current range of the measuring instrument.

Table 1 – Accuracy requirements for current, voltage and power measurements

Class	Measurement	Conditions	Maximum error
I	Voltage	$U_m \geq 1\% U_{nom}$ $U_m < 1\% U_{nom}$	$\pm 5\% U_m$ $\pm 0,05\% U_{nom}$
	Current	$I_m \geq 3\% I_{nom}$ $I_m < 3\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0,15\% I_{nom}$
	Power	$P_m \geq 150 \text{ W}$ $P_m < 150 \text{ W}$	$\pm 1\% P_{nom}$ $\pm 1,5 \text{ W}$
II	Voltage	$U_m \geq 3\% U_{nom}$ $U_m < 3\% U_{nom}$	$\pm 5\% U_m$ $\pm 0,15\% U_{nom}$
	Current	$I_m \geq 10\% I_{nom}$ $I_m < 10\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0,5\% I_{nom}$
I_{nom} : Nominal current range of the measurement instrument U_{nom} : Nominal voltage range of the measurement instrument U_m and I_m : Measured values			
NOTE 1 Class I instruments are recommended where precise measurements are necessary, such as for verifying compliance with standards, resolving disputes, etc. Any two instruments that comply with the requirements of Class I, when connected to the same signals, produce matching results within the specified accuracy (or indicate an overload condition). NOTE 2 Class I instruments are recommended for emission measurements, Class II is recommended for general surveys, but can also be used for emission measurements if the values are such that, even allowing for the increased uncertainty, it is clear that the limits are not exceeded. In practice, this means that the measured values should be lower than 90% of the allowed limits. NOTE 3 Additionally, for Class I instruments, the phase shift between individual channels should be smaller than $n \times 1^\circ$.			

Les fréquences situées en dehors de l'étendue de mesure de l'instrument doivent être atténuées de façon à ne pas affecter les résultats. Pour obtenir l'atténuation appropriée, l'instrument peut échantillonner le signal d'entrée à une fréquence beaucoup plus élevée que l'étendue de mesure. Par exemple, le signal analysé peut avoir des composantes dépassant 25 kHz, mais seules les composantes inférieures ou égales à 2 kHz sont prises en compte. Un filtre passe-bas antirepliement, ayant une fréquence de coupure à -3 dB supérieure à l'étendue de mesure, doit être utilisé. L'atténuation dans la bande coupée doit dépasser 50 dB.

NOTE Par exemple, un filtre de Butterworth du 5ème ordre atteint une atténuation de 50 dB à environ trois fois la fréquence de coupure à -3 dB.

Lorsqu'il est nécessaire d'évaluer avec une incertitude minimale des harmoniques de rang supérieur à 15 et avec un courant assigné supérieur à 5 A, il est conseillé d'utiliser des shunts externes ou des capteurs de courant adaptés pour donner un calibre égal au courant assigné du matériel soumis aux essais.

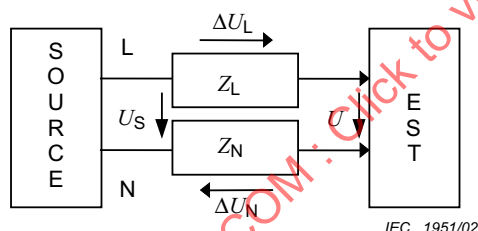
Pour les instruments destinés uniquement à la mesure des harmoniques, les prescriptions de précision ne s'appliquent qu'aux composantes harmoniques.

Pour parvenir à la précision indiquée au tableau 1, un ajustement simple de l'instrument au moyen d'un calibre interne ou externe, conformément à des indications claires devant être fournies par le fabricant, peut être nécessaire. L'incertitude du calibre (s'il est interne) doit être précisée.

Le fabricant doit indiquer les erreurs dues aux facteurs d'influence les plus importants (température, tension auxiliaire de l'alimentation secteur, etc.) pour l'instrument proprement dit et pour le calibre interne, s'il est fourni.

5.4 Configuration de mesure pour l'évaluation des émissions

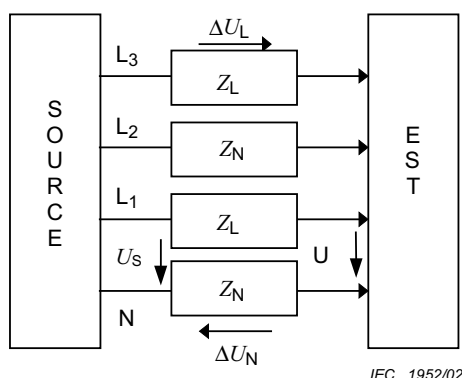
Le montage de mesure est donné aux figures 2 et 3.



Légende

U_s	Tension phase- neutre de la source
U	Tension aux bornes de l'EST
$Z_{L,N}$	Impédance du câblage et du capteur de courant
EST	Matériel soumis aux essais
ΔU	Chute de tension à travers Z_L et Z_N ($\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N$)
L	Connexion à la phase
N	Connexion au neutre

Figure 2 – Montage pour la mesure des émissions monophasées



Légende

U_s	Tension entre -neutre de la source
U	Tension aux bornes de l'EST
$Z_{L,N}$	Impédance du câblage et du capteur de courant
EST	Matériel soumis aux essais
ΔU	Chute de tension à travers Z_L et Z_N ($\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N$)
	Pour le raccordement entre phases, $\Delta U = 2 \times \Delta U_L$
L_{1-3}	Connexion aux phases
N	Connexion au neutre

Figure 3 – Montage de mesure pour les mesures d'émissions triphasées

Frequencies outside the measuring range of the instrument shall be attenuated so as not to affect the results. To obtain the appropriate attenuation, the instrument may sample the input signal at a frequency much higher than the measuring range. For example, the analysed signal may have components exceeding 25 kHz, but only components up to 2 kHz are taken into account. An anti-aliasing low-pass filter, with a –3 dB frequency above the measuring range shall be provided. The attenuation in the stop-band shall exceed 50 dB.

NOTE For example, a 5th order Butterworth filter achieves 50 dB attenuation at approximately three times the –3 dB frequency.

When it is necessary to assess harmonics with an order greater than 15 and with a rated current greater than 5 A with the minimum uncertainty, it is advisable to use external shunts or current sensors matched to give a range equal to the rated current of the tested equipment.

For instrumentation intended for measuring harmonics only, the accuracy requirements apply to harmonic components only.

To achieve the accuracy stated in table 1 some simple adjustment of the instrument, according to clear indications to be given by the manufacturer, by means of an internal or external calibrator may be required. The uncertainty of the calibrator (if internal) shall be specified.

The errors due to the most important influence factors (temperature, auxiliary mains supply voltage, etc.) shall be indicated by the manufacturer for the instrument itself and for the internal calibrator if it is provided.

5.4 Measurement set-up for emission assessment

The measurement set-up is given in figures 2 and 3.

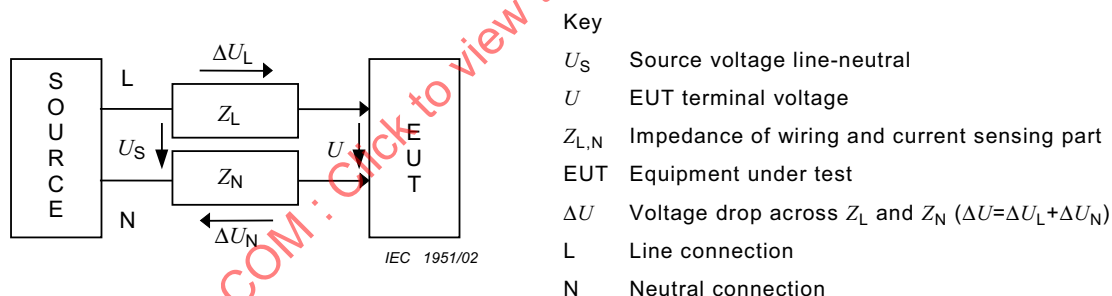


Figure 2 – Measurement set-up for single-phase emission measurement

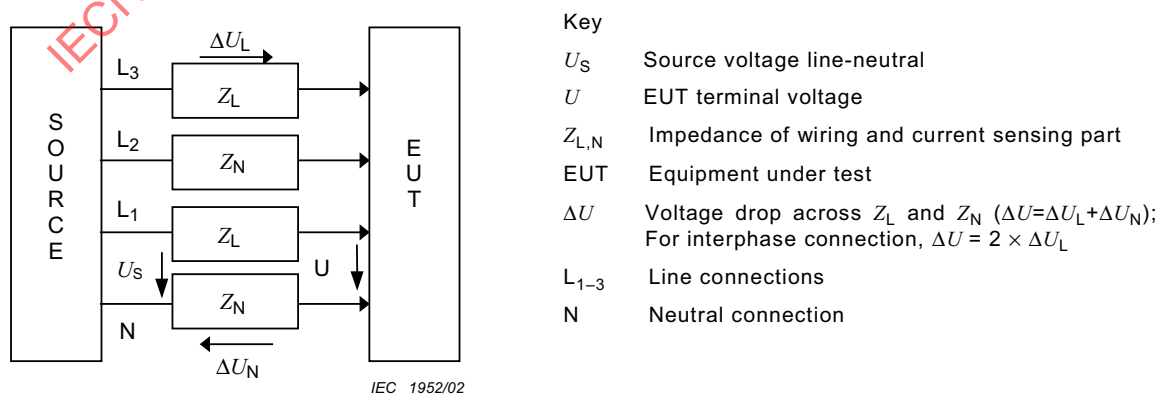


Figure 3 – Measurement set-up for three-phase emission measurements

Pendant que les mesures sont effectuées, la tension d'essai U aux bornes de l'EST doit respecter les prescriptions suivantes.

- a) La stabilité à long terme de la tension d'essai doit être maintenue à $\pm 2\%$ de la valeur sélectionnée et la fréquence doit être maintenue à $\pm 0,5\%$ de cette même valeur. Si l'EST a une plage de tension d'alimentation spécifiée, la tension d'essai doit correspondre à la tension nominale du réseau électrique prévu pour alimenter le matériel (par exemple, 230 V phase-neutre, correspondant à 400 V entre phases). Dans le cas d'un raccordement triphasé à trois conducteurs, un point neutre artificiel réalisé à l'aide de trois résistances identiques à 1 % près peut être utilisé si le conducteur de neutre n'est pas disponible à partir de la source. L'objet du point neutre artificiel est de permettre que des mesures de tension et de puissance par phase soient réalisées aussi bien dans une configuration phase-neutre qu'entre phases. Au cours des essais d'émission, les erreurs introduites dans les mesures de courants de l'EST, dues à la charge de la partie voltmètre de l'instrument et d'un quelconque réseau de neutre artificiel installé, ne doivent pas dépasser 0,05 %.

NOTE 1 Dans de nombreux cas, le neutre artificiel n'est pas requis, mais lorsqu'il l'est, plusieurs approches peuvent être utilisées. Dans certains cas, il peut être fourni par les trois impédances d'entrée des voltmètres de l'instrument de mesure. Dans d'autres cas, le neutre artificiel peut en réalité consister en l'effet combiné d'un réseau explicite et des impédances d'entrée des voltmètres de l'instrument de mesure. Il se peut également que le réseau de neutre artificiel, s'il est présent, et les impédances d'entrée des voltmètres soient connectées de façon à ne pas introduire d'erreur dans les mesures de courant (car la charge se trouve sur le côté source du transducteur de courant). Dans d'autres cas encore, les erreurs dues à la charge du réseau de neutre artificiel et des impédances d'entrée des voltmètres de l'instrument peuvent être compensées de manière adéquate par des boucles de rétroaction dans la source de telle façon que les erreurs qui autrement pourraient être introduites, ne se produisent pas en fait. Beaucoup d'autres configurations peuvent convenir, à condition que le niveau d'incertitude requis ne soit pas dépassé. D'autres configurations peuvent convenir, aussi longtemps que le niveau d'incertitude n'est pas dépassé.

- b) Dans le cas d'une alimentation triphasée, les trois tensions de phase doivent avoir, respectivement, une relation de phase de 0° ; $120^\circ \pm 1,5^\circ$; $240^\circ \pm 1,5^\circ$.
- c) La distorsion harmonique de la tension d'essai U de l'EST ne doit pas dépasser les valeurs suivantes, l'EST étant raccordé et fonctionnant suivant les conditions d'essai spécifiées:
- 0,9 % pour l'harmonique de rang 3;
 - 0,4 % pour l'harmonique de rang 5;
 - 0,3 % pour l'harmonique de rang 7;
 - 0,2 % pour l'harmonique de rang 9;
 - 0,2 % pour les harmoniques pairs de rang 2 à 10;
 - 0,1 % pour les harmoniques de rang 11 à 40.
- d) 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.
- e) La chute de tension ΔU à travers l'impédance du capteur de courant et du câblage ne doit pas dépasser une tension de crête de 0,5 V.

La puissance du matériel doit être, si besoin est, mesurée à l'aide de la tension U des figures 2 ou 3, aux bornes de l'EST, et à l'aide du courant dans l'EST. Pour les sources renfermant le capteur de courant, la puissance du matériel doit être mesurée à l'aide de la tension aux bornes de sortie de la source et à l'aide du courant dans l'EST. Dans ce cas, la tension doit être mesurée sur le côté EST du capteur de courant, en supposant que la source est réglée à ses bornes de sortie.

5.5 Évaluation des émissions harmoniques

Les paragraphes suivants se rapportent aux modules de post-traitement de la figure 1.

While the measurements are being made, the test voltage U at the terminals of the EUT shall meet the following requirements.

- a) The long-term stability of the test voltage shall be maintained within ± 2 % of the selected value and the frequency shall be maintained within $\pm 0,5$ % of the selected value. If the EUT has a specified supply voltage range, the test voltage shall correspond to the nominal voltage of the power system expected to supply the equipment (for example, 230 V line-neutral, corresponding to 400 V line-line). For a three-wire, three-phase connection, an artificial neutral point realised with three resistors matched within 1 % may be used if the neutral conductor is not available from the source. The purpose of the artificial neutral point is to permit voltage and power-per-phase measurements to be made in a line-to-neutral configuration as well as line-to-line. The errors introduced into measurements of EUT currents, during emission tests by the loading effect of the voltmeter part of the instrument and any installed artificial neutral network shall not exceed 0,05 %.

NOTE In many cases the artificial neutral is not required, but if it is, several approaches can be used. It may be provided by the three input impedances of the voltmeters in the measuring instrument. Alternatively, the artificial neutral may effectively consist of the combined effect of an explicit network plus the input impedances of the voltmeters in the measuring instrument. It is also possible that the artificial neutral network, if it is present, and the input impedances of the voltmeters may be so connected as not to introduce any errors in current measurements (because the loading occurs on the source side of the current transducer). In still other cases, errors introduced by the loading effect of the artificial neutral network and the input impedances of the voltmeters in the instrument may be adequately compensated by regulating feedback loops in the source such that errors that otherwise might be introduced do not, in fact, occur. Many other configurations may be satisfactory, provided the required uncertainty is not exceeded.

- b) For a three-phase supply, the three line voltages shall have a phase relationship of 0° ; $120^\circ \pm 1,5^\circ$; $240^\circ \pm 1,5^\circ$.
- c) The voltage harmonic distortion of the EUT test voltage U shall not exceed the following values with the EUT connected and operating under the specified test conditions:
- 0,9% for a harmonic of order 3;
 - 0,4% for a harmonic of order 5;
 - 0,3% for a harmonic of order 7;
 - 0,2% for a harmonic of order 9;
 - 0,2% for even harmonics of order from 2 to 10;
 - 0,1% for harmonics of order from 11 to 40.
- d) The peak value of the test voltage shall be within a range of 1,40 times to 1,42 times its r.m.s. value and shall be reached between 87° and 93° after the zero crossing.
- e) The voltage drop ΔU across the impedance of the current sensing part and the wiring shall not exceed a peak voltage of 0,5 V.

Equipment power, if required, shall be measured using the EUT terminal voltage U in figure 2 or figure 3 and the current into the EUT. For sources that include the current sensing part, equipment power shall be measured using the voltage at the source output terminals and the current into the EUT. In this case, the voltage shall be measured on the EUT side of the current sensing part on the presumption that the source is regulated at its output terminals.

5.5 Assessment of harmonic emissions

The following relates to the post-processing parts of figure 1.

5.5.1 Regroupement et lissage

Pour évaluer les harmoniques, la sortie (Sortie 1, voir la figure 1) de la TFD est tout d'abord regroupée pour constituer la somme quadratique des raies spectrales intermédiaires comprises entre deux harmoniques adjacents, conformément à l'équation 8, telle que visualisée à la figure 4. Le groupe harmonique de rang n qui en résulte (correspondant à la raie centrale de la zone hachurée) est d'amplitude $G_{g,n}$ (valeur efficace).

$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-5}^2}{2} + \sum_{i=-4}^4 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+5}^2}{2} \quad \{50 \text{ Hz system}\}$$

$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-6}^2}{2} + \sum_{i=-5}^5 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+6}^2}{2} \quad \{60 \text{ Hz system}\}$$
(8)

Dans ces équations, C_{k+i} est la valeur efficace de la composante spectrale correspondant à une cellule de sortie (raie spectrale) de la TFD, et $G_{g,n}$ est la valeur efficace résultant du groupe harmonique.

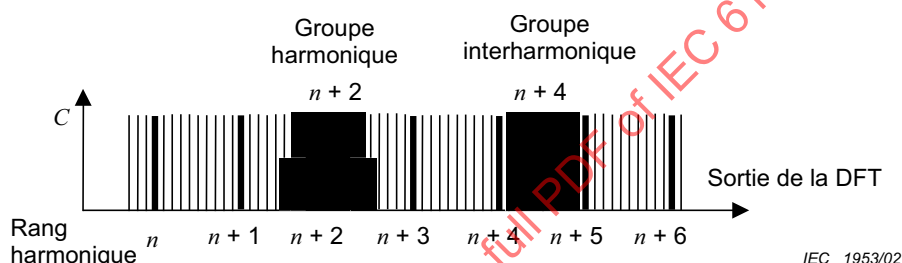


Figure 4 – Illustration des groupes harmonique et interharmonique (représentés ici pour une alimentation à 50 Hz)

NOTE Le regroupement d'interharmoniques est illustré à la figure 4 uniquement pour clarifier les définitions (voir l'annexe A pour l'évaluation des courants interharmoniques).

Un lissage du signal doit être effectué sur la valeur efficace $G_{g,n}$ de chaque rang harmonique, définie par l'équation 8 (Sortie 2a de la figure 1), à l'aide d'un équivalent numérique d'un filtre passe-bas du premier ordre ayant une constante de temps de 1,5 s, tel qu'illustré à la figure 5.

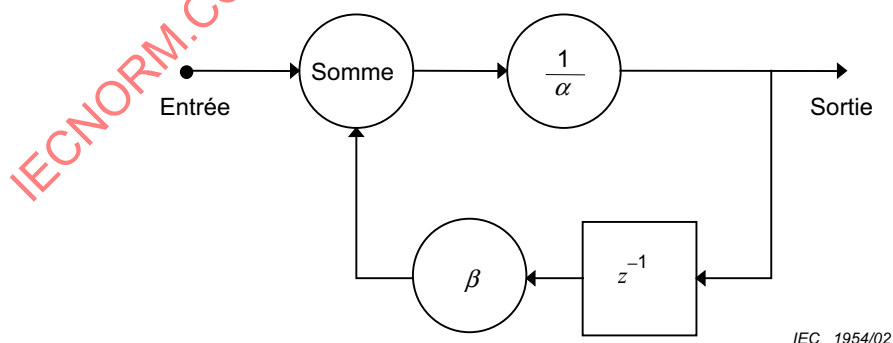


Figure 5 – Réalisation d'un filtre passe-bas numérique: z^{-1} désigne un retard d'une fenêtre temporelle, α et β sont les coefficients du filtre (voir les valeurs dans le tableau 2)

Pour la composante fondamentale G_1 (si nécessaire, comme par exemple pour la classe C de la CEI 61000-3-2 et éventuellement pour les facteurs de distorsion), le même lissage de la valeur efficace G_1 provenant de la Sortie 1 doit être réalisé.

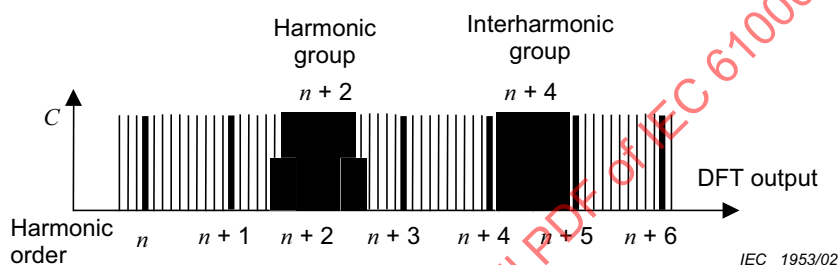
5.5.1 Grouping and smoothing

For the assessment of harmonics, the output (OUT 1; see figure 1) of the DFT is first grouped to be the sum of squared intermediate lines between two adjacent harmonics according to equation 8, visualized in figure 4. The resulting harmonic group of order n (corresponding to the centre line in the hatched area) has the magnitude $G_{g,n}$ (r.m.s. value).

$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-5}^2}{2} + \sum_{i=-4}^4 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+5}^2}{2} \quad \{50 \text{ Hz system}\}$$

$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-6}^2}{2} + \sum_{i=-5}^5 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+6}^2}{2} \quad \{60 \text{ Hz system}\}$$
(8)

In these equations, C_{k+i} is the r.m.s. value of the spectral component corresponding to an output bin (spectral line) of the DFT, and $G_{g,n}$ is the resulting r.m.s. value of the harmonic group.



**Figure 4 – Illustration of harmonic and interharmonic groups
(shown here for a 50 Hz supply)**

NOTE The grouping of interharmonics is illustrated in figure 4 only to clarify the definitions (see annex A for interharmonic current assessment).

A smoothing of the signal shall be performed over the r.m.s. value $G_{g,n}$ of each harmonic order, according to equation 8 (OUT 2a of figure 1), using a digital equivalent of a first-order low-pass filter with a time constant of 1,5 s, as shown in figure 5.

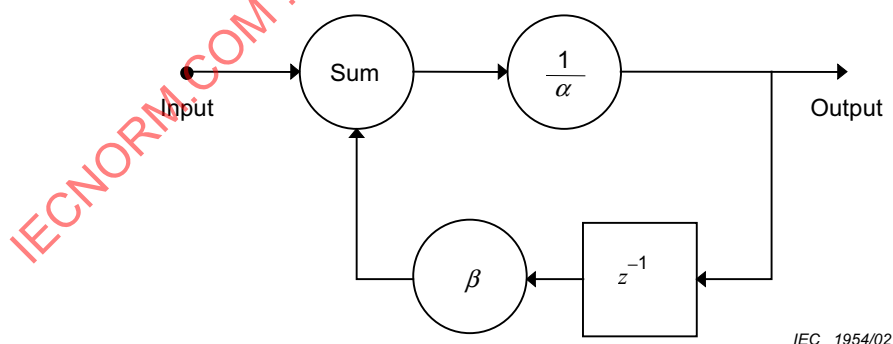


Figure 5 – Realisation of a digital low-pass filter: z^{-1} designates a time window delay, α and β are the filter coefficients (see table 2 for values)

For the fundamental component G_1 (if required, as, for example, for Class C in IEC 61000-3-2 and possibly for distortion factors), the same smoothing of the r.m.s value G_1 from OUT 1 shall be performed.

Pour la puissance active P et le facteur de puissance (si nécessaire, comme par exemple pour les classes C et D de la CEI 61000-3-2), un lissage semblable du module des valeurs de la puissance active provenant de la Sortie 1 doit être réalisé.

NOTE Le module a été choisi afin d'être adapté aux systèmes régénérateurs.

Pour se coordonner avec les campagnes de mesure de tensions harmoniques, il est fortement recommandé de fournir un type supplémentaire de lissage, où la sortie est calculée comme la moyenne des composantes définies par l'équation 8 sur 15 fenêtres temporelles contiguës, mise à jour soit à chaque fenêtre temporelle (environ toutes les 200 ms), soit toutes les 15 fenêtres temporelles (environ toutes les 3 s).

5.5.2 Respect des limites d'émission

L'évaluation du respect des limites d'émission (Sortie 2b) doit être réalisée par un traitement statistique des données conformément aux conditions indiquées dans les normes appropriées, comme la CEI 61000-3-2.

Si les limites d'émission comprennent des facteurs de distorsion (autres que le THD) décrits en 3.3, ils doivent être calculés à l'aide des valeurs de la Sortie 2a.

5.6 Évaluation des sous-groupes harmoniques de tension

L'analyse par transformée de Fourier suppose que le signal est stationnaire. Toutefois, l'amplitude de la tension sur le réseau peut varier, diffusant ainsi l'énergie de composantes harmoniques vers des fréquences interharmoniques adjacentes. Pour une évaluation plus précise de la tension, les composantes C_k , en sortie de la TFD tous les 5 Hz, doivent être regroupées conformément à l'équation 9 et à la figure 6.

$$G_{sg,n}^2 = \sum_{i=-1}^1 C_{k+i}^2 \quad (9)$$

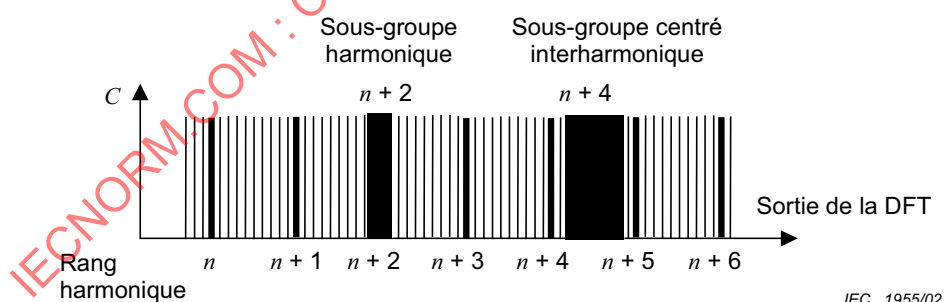


Figure 6 – Illustration d'un sous-groupe harmonique et d'un sous-groupe interharmonique centré (d'une alimentation à 50 Hz)

NOTE D'autres procédures de lissage pour évaluer les sous-groupes en tension sont spécifiées dans la CEI 61000-4-30.

6 Autres principes d'analyse

Le fait que le présent document spécifie un instrument utilisant une TFD comme l'instrument de référence n'exclut pas l'application d'autres principes d'analyse, tels que les batteries de filtres (numériques) ou même l'analyse par ondelettes.

For the active power P and the power factor (if required as, for example, for Classes C and D in IEC 61000-3-2), a similar smoothing of the modulus of the active power values from OUT 1 shall be performed.

NOTE The modulus was chosen in order to accommodate regenerative systems.

To coordinate with surveys of harmonic voltages, it is highly recommended to provide a further type of smoothing, where the output is derived from the components according to equation 8 as an average over 15 contiguous time windows, updated either every time window (about each 200 ms) or every 15 time windows (about each 3 s).

5.5.2 Compliance with emission limits

Assessment of compliance with emission limits (OUT 2b) shall be performed by statistical handling of the data according to the conditions given in the relevant standards, such as IEC 61000-3-2.

If the emission limits include distortion factors (other than THD) according to 3.3, they shall be calculated using the values of OUT 2a.

5.6 Assessment of voltage harmonic subgroups

The Fourier transform analysis assumes that the signal is stationary. However, the voltage magnitude of the power system may fluctuate, spreading out the energy of harmonic components to adjacent interharmonic frequencies. To improve the assessment accuracy of the voltage, the output components C_k for each 5 Hz of the DFT shall be grouped according to equation 9 and figure 6:

$$G_{sg,n}^2 = \sum_{i=-1} C_{k+i}^2 \quad (9)$$

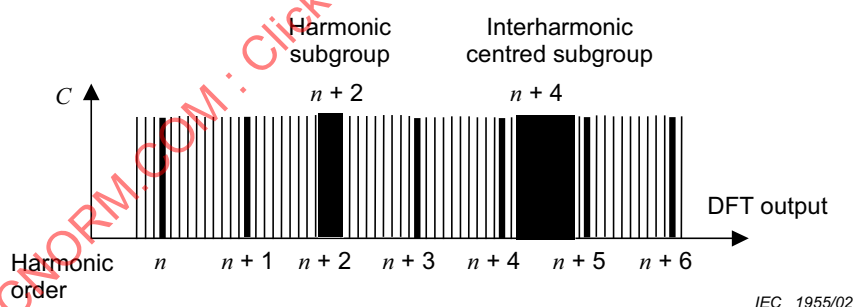


Figure 6 – Illustration of a harmonic subgroup and an interharmonic centred subgroup (of a 50 Hz supply)

NOTE Further smoothing procedures to assess voltage subgroups are specified in IEC 61000-4-30.

6 Other analysis principles

The fact that this standard specifies a DFT instrument as the reference instrument does not preclude the application of other analysis principles, such as (digital) filter banks or even other analysis principles such as wavelet analysis.

Par ailleurs, et en particulier pour les instruments de coût réduit, on peut envisager une fenêtre temporelle plus courte, ne durant éventuellement qu'une seule période. Cependant, il convient de ne pas utiliser une telle instrumentation pour évaluer la conformité des signaux non stationnaires aux limites d'émissions, car de tels signaux ne peuvent pas être évalués de cette manière.

Les caractéristiques techniques des instruments reposant sur un autre principe d'analyse doivent mentionner la plage d'incertitude causée par tous les facteurs d'influence, y compris la caractéristique non stationnaire du signal, le phénomène de distortion de repliement et la perte de synchronisation. L'incertitude doit être telle que les prescriptions de l'article 5 soient respectées.

7 Période de transition

L'utilisation d'instruments de mesure existants basés sur les prescriptions énoncées dans la CEI 61000-4-7 (première édition, parue en 1991) continue d'être autorisée jusqu'à la prochaine révision de la présente norme. Toutefois, les mesures effectuées avec de tels instruments doivent comporter l'indication suivante: «Instrumentation de mesure conforme à la CEI 61000-4-7, 1991».

Pour les mesures effectuées à l'aide d'instruments utilisant des fenêtres de 16 cycles conformément à la CEI 61000-4-7, 1991, la procédure de lissage (Sortie 2b de la figure 1) doit être modifiée conformément au tableau 2. Le filtre doit être réalisé comme indiqué à la figure 5.

Tableau 2 – Coefficients du filtre de lissage en fonction de la largeur de fenêtre

Fréquence	Nombre de cycles N dans la fenêtre	Fréquence d'échantillonnage	α	β
50	10	$\approx 1/200$ ms	8,012	7,012
60	12	$\approx 1/200$ ms	8,012	7,012
50	16	$\approx 1/320$ ms	5,206	4,206
60	16	$\approx 1/267$ ms	6,14	5,14
NOTE Les coefficients pour les fenêtres de 10/12 cycles et la fréquence d'échantillonnage sont donnés en faisant référence à la figure 5.				

8 Généralités

Le fabricant doit spécifier les conditions de fonctionnement assignées et éventuellement l'amplitude de l'erreur introduite par les changements concernant

- la température;
- l'humidité;
- la tension d'alimentation de l'instrument et les perturbations série associées;
- la tension perturbatrice en mode commun entre la connexion à la terre de l'instrument, ses circuits d'entrée et la tension d'alimentation auxiliaire;
- les décharges électrostatiques;
- les champs électromagnétiques rayonnés.

NOTE Lors de l'application de la CEI 61010-1 en ce qui concerne les prescriptions de sécurité et d'isolation, il convient de prendre en compte que les circuits d'entrée (de tension aussi bien que de courant) peuvent être raccordés directement aux tensions d'alimentation du secteur.

Also, especially for low-cost instruments, a shorter time window, possibly only one period long, can be considered. However, such instrumentation should not be used for assessing the compliance of non-stationary signals with emission limits, as such signals cannot be assessed in this way.

Specifications of instruments based on an alternative analysis principle shall state the range of uncertainty caused by all influence factors including the non-stationary characteristic of the signal, the aliasing phenomenon and the failure of synchronisation. The uncertainty shall be such that the requirements of clause 5 are met.

7 Transitional period

The use of existing measuring instruments based upon the requirements given in IEC 61000-4-7 (1991) continues to be permitted until the next revision of this standard. However, measurements performed with such instruments shall be marked with "Measuring instrumentation according to IEC 61000-4-7, 1991".

For measurements performed with instrumentation using 16-cycle windows according to IEC 61000-4-7 1991, the procedure of the smoothing (OUT 2b of figure 1) shall be modified according to the entries in table 2. The filter shall be realised as shown in figure 5.

Table 2 – Smoothing filter coefficients according to the window width

Frequency	Cycles N in window	Sampling rate	α	β
50	10	$\approx 1/200$ ms	8,012	7,012
60	12	$\approx 1/200$ ms	8,012	7,012
50	16	$\approx 1/320$ ms	5,206	4,206
60	16	$\approx 1/267$ ms	6,14	5,14
NOTE Coefficients for 10/12 cycle windows and the sampling rate are given for reference to figure 5.				

8 General

The manufacturer shall specify the rated operating conditions and possibly the magnitude of error introduced by changes in

- temperature;
- humidity;
- instrument supply voltage and related series interferences;
- common-mode interference voltage between the earth connection of the instrument its input circuits and the auxiliary supply voltage;
- static electricity discharges;
- radiated electromagnetic fields.

NOTE In applying IEC 61010-1 for safety and insulating requirements, it should be taken into account that the input circuits (voltage as well as current) may be directly connected to the mains supply voltages.

Annexe A (informative)

Mesure des interharmoniques

Les composantes interharmoniques proviennent principalement de deux sources:

- les variations de l'amplitude et/ou de la phase de la composante fondamentale et/ou des composantes harmoniques, par exemple les commandes d'onduleur;
- les circuits à électronique de puissance avec des fréquences de commutation non synchronisées sur la fréquence de l'alimentation électrique, par exemple les alimentations alternatif-continu et les correcteurs du facteur de puissance.

Les effets possibles sont par exemple:

- du bruit dans les amplificateurs audio;
- des couples additionnels dans les moteurs et les génératrices;
- des perturbations de la détection du passage par zéro, par exemple dans les gradateurs;
- du bruit supplémentaire dans les bobines inductives (magnétostriction);
- le blocage ou le fonctionnement intempestif des récepteurs de télécommande centralisée.

Le montage de mesure est basé sur la description générale fournie à l'article 4.

Généralement, les composantes interharmoniques varient non seulement en amplitude mais aussi en fréquence. Un regroupement des composantes spectrales comprises dans l'intervalle entre deux composantes harmoniques consécutives forme un groupe interharmonique. Ce regroupement fournit une valeur globale pour les composantes interharmoniques situées entre deux harmoniques discrets, qui inclut les effets des fluctuations des composantes harmoniques. L'équation A1 ou l'équation A2, selon la fréquence de l'alimentation, permet de calculer la valeur du groupe interharmonique:

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^9 C_{k+i}^2 \quad (\text{réseaux à 50 Hz}) \quad (A1)$$

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^{11} C_{k+i}^2 \quad (\text{réseaux à 60 Hz}) \quad (A2)$$

NOTE Dans ce contexte, ig,n est le groupe interharmonique de rang n (voir la figure 4 et le paragraphe 3.4.2). Pour les besoins de la présente norme, la valeur efficace du groupe interharmonique entre les rangs harmoniques n et $n+1$ est désignée par ' $C_{ig,n}$ ', par exemple, le groupe entre $n = 5$ et $n = 6$ est désigné par $C_{ig,5}$.

Les effets des fluctuations des amplitudes et des phases des harmoniques sont en partie réduits en excluant des équations A1 et A2 les composantes directement adjacentes aux fréquences harmoniques. Aussi, pour déterminer les valeurs efficaces des sous-groupes interharmoniques $C_{isg,n}$ centrés, les composantes, à savoir les données de sortie de la TFD en Sortie 1 de la figure 1, sont regroupées comme suit (voir 3.4.3):

$$C_{isg,n}^2 = \sum_{i=2}^8 C_{k+i}^2 \quad (\text{réseaux à 50 Hz}) \quad (A3)$$

$$C_{isg,n}^2 = \sum_{i=2}^{10} C_{k+i}^2 \quad (\text{réseaux à 60 Hz}) \quad (A4)$$

Annex A (informative)

Measurement of interharmonics

Interharmonic components are caused primarily by two sources:

- variations of the amplitude and/or phase angle of the fundamental component and/or of the harmonic components, for example, inverter drives;
- power electronics circuits with switching frequencies not synchronised to the power supply frequency, for example, a.c./d.c. supplies and power factor correctors.

Possible effects are, for example:

- noise in audio amplifiers;
- additional torques on motors and generators;
- disturbed zero crossing detectors, for example, in dimmers;
- additional noise in inductive coils (magnetostriction);
- blocking or unintended operation of ripple control receivers.

The measurement set-up is based on the general description given in clause 4.

Interharmonic components usually vary not only in magnitude but also in frequency. A grouping of the spectral components in the interval between two consecutive harmonic components forms an interharmonic group. This grouping provides an overall value for the interharmonic components between two discrete harmonics, which includes the effects of fluctuations of the harmonic components. Equation A1 or A2, depending on the supply frequency, permits the calculation of the value of the interharmonic group:

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^9 C_{k+i}^2 \quad (50 \text{ Hz power system}) \quad (\text{A1})$$

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^{11} C_{k+i}^2 \quad (60 \text{ Hz power system}) \quad (\text{A2})$$

NOTE In this context, ig,n is the interharmonic group of order n (see figure 4 and 3.4.2). For the purposes of this standard, the r.m.s. value of the interharmonic group between the harmonic orders n and $n+1$ is designated as ' $C_{ig,n}$ ', for example, the group between $n = 5$ and $n = 6$ is designated as $C_{ig,5}$.

The effects of fluctuations of harmonic amplitudes and phase angles are partially reduced by excluding from equations A1 and A2 the components immediately adjacent to the harmonic frequencies. Also, to determine the r.m.s. values $C_{isg,n}$ of interharmonic centred subgroups the components, that is, the output data at OUT1 of the DFT in figure 1, are regrouped as follows (see 3.4.3):

$$C_{isg,n}^2 = \sum_{i=2}^8 C_{k+i}^2 \quad (50 \text{ Hz power system}) \quad (\text{A3})$$

$$C_{isg,n}^2 = \sum_{i=2}^{10} C_{k+i}^2 \quad (60 \text{ Hz power system}) \quad (\text{A4})$$

Dans ces équations, C_{k+i} représente les valeurs efficaces des composantes spectrales correspondantes obtenues par la TFD qui excèdent la fréquence de l'harmonique de rang n , et $C_{isg,n}$ la valeur efficace du sous-groupe interharmonique centré de rang n . Par exemple, le sous-groupe entre $n = 5$ et $n = 6$ est désigné par $C_{isg,5}$. Voir la figure 6 et le paragraphe 3.4.3.

NOTE 1 Étant donné que les harmoniques non stationnaires provoquent des «bandes latérales» proches des harmoniques, les composantes ($k = 1$ et 9 ou 11) directement adjacentes aux harmoniques considérés peuvent représenter des variations d'amplitude ou de phase. Elles sont, par conséquent, exclues du groupe interharmonique pour donner le sous-groupe interharmonique centré. Voir également la figure 6.

NOTE 2 Si seuls les harmoniques sont évalués, le procédé de regroupement de l'équation 8 s'applique. Si les harmoniques et les interharmoniques sont évalués séparément (comme pour l'évaluation de matériels susceptibles de produire des interharmoniques), les composantes interharmoniques ($i = -1$ et $+1$) directement adjacentes à un harmonique sont regroupées ensemble avec cet harmonique pour constituer le sous-groupe harmonique de rang n , alors que les autres composantes interharmoniques ($i = 2$ à 8 ou 10) forment le sous-groupe interharmonique centré de rang n conformément à selon l'équation A3 ou A4. Voir également la figure 6.

Le lissage des sous-groupes interharmoniques centrés est réalisé de la même façon que celle utilisée pour la mesure des harmoniques (voir 5.5.1). Un lissage des composantes interharmoniques individuelles n'est pas recommandé.

NOTE D'autres procédures de lissage sont décrites dans la CEI 61000-4-30.

Les prescriptions de précision sont identiques à celles données pour la mesure des harmoniques (voir le tableau 1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

In these equations, C_{k+i} is the r.m.s. values of the corresponding spectral components obtained from the DFT that exceed the frequency of the harmonic order n , $C_{isg,n}$ is the r.m.s. value of the interharmonic centred subgroup of order n , (for example, the subgroup between $n = 5$ and $n = 6$ is designated as $C_{isg,5}$). See figure 6 and 3.4.3.

NOTE 1 Since non-stationary harmonics cause 'sidebands' close to the harmonics, the components ($k = 1$ and 9 or 11) directly adjacent to the considered harmonics may represent amplitude or phase-angle variations. They are, therefore, excluded from the interharmonic group in order to give the interharmonic centred subgroup. See also figure 6.

NOTE 2 If only harmonics are evaluated, the grouping equation 8 applies. If harmonics and interharmonics are evaluated separately (such as for the assessment of equipment prone to produce interharmonics), the interharmonic components ($i = -1$ and $+1$) directly adjacent to a harmonic are grouped together with this harmonic to form a harmonic subgroup of order n , whereas the remaining interharmonic components ($i = 2$ to 8 or 10) form the interharmonic centred subgroup of order n according to equation A3 or A4. See also figure 6.

The smoothing of the interharmonic centred subgroups is performed in the same manner as that used for the harmonic measurement (see 5.5.1). A smoothing of the single interharmonic components is not recommended.

NOTE Further smoothing procedures are described in IEC 61000-4-30.

The accuracy requirements are identical to those given for measuring harmonics (see table 1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-7:2002

Annexe B (informative)

Mesures au-delà de la plage de fréquence harmonique jusqu'à 9 kHz

B.1 Généralités

Les composantes dans les signaux (courants ou tensions) ayant des fréquences qui dépassent la plage de fréquence harmonique (environ 2 kHz) tout en restant en dessous de la limite supérieure de la basse fréquence (environ 9 kHz) sont dues à plusieurs phénomènes, par exemple:

- la commande par modulation de largeur d'impulsions des alimentations de puissance côté secteur (synchrone ou asynchrone avec la fréquence du secteur), telle qu'elle est utilisée dans les «systèmes de correction du facteur de puissance»;
- les émissions, telles que la transmission de signaux sur le réseau;
- l'alimentation de composants de la sortie (côté charge) à l'entrée (côté alimentation) de convertisseurs de puissance;
- les oscillations dues aux encoches de commutation.

Ces composantes peuvent être de type mono-fréquence ou large bande.

B.2 Méthodes de mesure

La mesure de ces composantes ne requiert pas une résolution élevée dans le domaine fréquentiel. Au contraire, il est d'usage de regrouper l'énergie du signal à analyser dans des bandes de fréquence prédéfinies. En accord avec les mesures faites dans les bandes de fréquence plus élevées (voir la CISPR 16-1), il convient de fixer à 200 Hz la largeur de bande pour le regroupement de ces émissions. La fréquence centrale du premier groupe possible est de 2,1 kHz.

La méthode de la TFD pour l'analyse fréquentielle (en rapport avec les méthodes décrites à l'article 4) et une méthode semblable à celle décrite en 5.5.1 pour le procédé de regroupement sont à l'étude. La méthode de la TFD est applicable pour les mesures des tensions et des courants, alors que la CISPR 16-1 ne considère que les tensions.

B.3 Instruments de base

Pour les mesures dans cette plage de fréquence plus élevée, une TFD peut être effectuée selon 4.4.1.

NOTE Il convient que la plage en fréquence des capteurs de tension et de courant externes soit adaptée à des mesures jusqu'à 9 kHz inclus.

Etant donné le faible niveau du signal à mesurer, un filtre peut diminuer considérablement l'incertitude de la mesure en atténuant les amplitudes du fondamental et des composantes supérieures à 9 kHz. Il convient que l'atténuation pour la fréquence fondamentale dépasse 55 dB.

Il convient de choisir la fréquence d'échantillonnage conformément aux règles établies relatives à l'analyse des signaux, afin de pouvoir mesurer les composantes en fréquence jusqu'à 9 kHz inclus. Pour ce type d'analyse, l'échantillonnage peut ne pas être synchronisé avec la période du fondamental de l'alimentation. Une fenêtre rectangulaire pour l'acquisition des données ayant une largeur de 100 ms, correspondant à environ 5 (6) périodes du fondamental des réseaux à 50 Hz (60 Hz) peut être utilisée. Par conséquent, l'intervalle de fréquence entre deux composantes consécutives mesurées C_f est de 10 Hz.

Annex B (informative)

Measurements above the harmonic frequency range up to 9 kHz

B.1 General

Components in signals (currents or voltages) with frequencies exceeding the harmonic frequency range (approximately 2 kHz) but below the upper limit of the low-frequency range (approximately 9 kHz) are due to several phenomena, for example:

- pulse-width modulated control of power supplies at the mains side connection (synchronous or asynchronous to the frequency of the mains), such as used in "power factor correcting systems";
- emissions, such as mains signalling;
- feed-through of components from the (load side) output to the (supply side) input of power converters;
- oscillations due to commutation notches.

These components can be at a single frequency or broadband.

B.2 Measurement methods

The measurement of these components does not require a high resolution in the frequency domain. Instead, it is customary to group the energy of the signal to be analysed into predefined frequency bands. In accordance with the measurements performed in the higher frequency bands (see CISPR 16-1), the bandwidth for the grouping of these emissions should be fixed at 200 Hz. The centre frequency of the first possible group is 2,1 kHz.

For the frequency analysis, the DFT method (linked to the methods described in clause 4), and for the grouping procedure a method similar to that described in 5.5.1, are under consideration. The DFT method is suitable for voltage and current measurements whereas CISPR 16-1 considers only voltages.

B.3 Basic instrument

For measurements in this higher frequency range, a discrete Fourier transform can be performed according to 4.4.1.

NOTE The frequency range of external voltage and current sensors should be appropriate for measurements up to 9 kHz.

In view of the low level of the signal to be measured, a filter can considerably decrease the uncertainty of the measurement by attenuating the amplitudes of the fundamental and of components above 9 kHz. The attenuation for the fundamental frequency should exceed 55 dB.

The sampling frequency should be chosen in accordance with the established rules of signal analysis such that frequency components up to 9 kHz inclusive can be measured. For this type of analysis, the sampling need not be synchronised to the fundamental period of the supply. A rectangular data acquisition window with a width of 100 ms can be used corresponding to approximately 5 (6) fundamental periods of 50 Hz (60 Hz) systems. In consequence, the frequency separation between consecutive measured components C_f is 10 Hz.

NOTE La valeur efficace de la composante à la fréquence f est C_f , ce qui signifie par exemple $C_{3\,160}$ est la valeur efficace de la composante à 3 160 Hz.

La sortie brute de la TFD (Sortie 1 à la figure 1) est regroupée en bandes de 200 Hz (voir la figure B.1), en commençant par la première bande centrale au-dessus de la plage harmonique, par exemple de 2 100 Hz. La sortie $\underline{G}_b$ de chaque bande correspond à la valeur efficace suivante:

$$G_b = \sqrt{\sum_{f=b-90\text{ (Hz)}}^{b+100} C_f^2} \quad (\text{B1})$$

NOTE 1 La largeur de bande a été choisie de manière à ce qu'elle soit en cohérence avec la largeur de bande utilisée dans la CISPR 16-1 pour les fréquences supérieures à 9 kHz.

NOTE 2 La fréquence centrale b , par exemple, 2 100 Hz, 2 300 Hz, 2 500 Hz désigne la bande. La fréquence centrale la plus élevée est 8 900 Hz (voir la figure B.1).

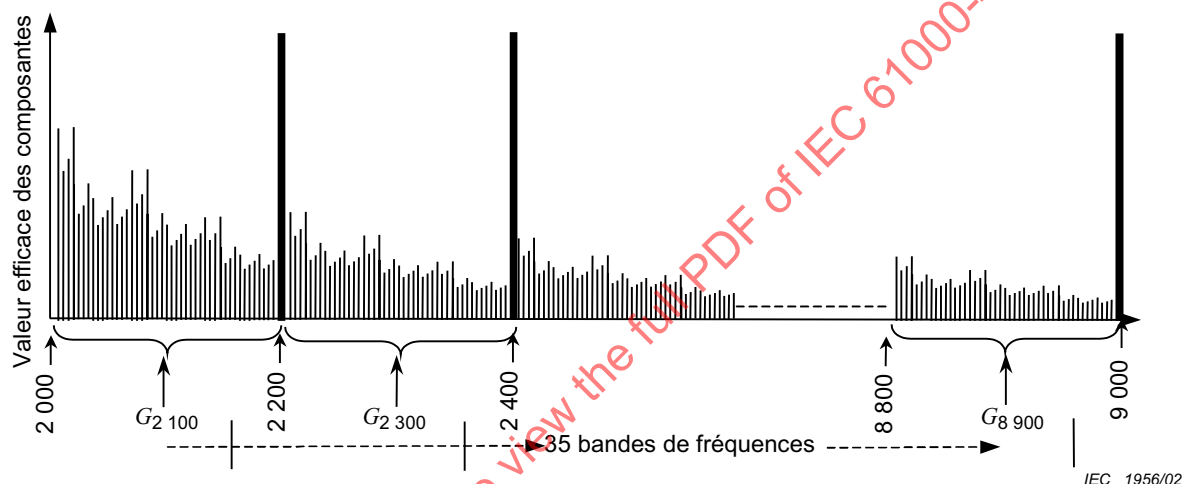


Figure B.1 – Illustration des bandes de fréquence pour les mesures dans la plage 2 kHz – 9 kHz

B.4 Montage de mesure

En complément de l'instrument de mesure, il convient d'inclure des circuits d'essai spéciaux dans le montage de mesure afin d'apporter la répétabilité des résultats de mesure, pour l'évaluation des émissions relatives aux composantes de courant ou de tension. Ces circuits, qui devraient représenter correctement le réseau d'alimentation dans la plage de fréquence en question et fournir, si nécessaire, des bornes séparées pour l'instrument de mesure, sont aussi en cours de développement et devraient faire l'objet d'un futur amendement à la présente norme.

B.5 Prescriptions sur la précision

Il convient que l'incertitude totale ne dépasse pas $\pm 5\%$ de la valeur mesurée lors d'essais avec une émission monofréquence dans la bande de fréquence considérée.

NOTE Par rapport à l'amplitude du courant ou de la tension fondamentale, on s'attend à ce que les composantes à mesurer soient dans la plage comprise entre 2×10^{-5} et 5×10^{-2} .

NOTE The r.m.s. value of the component at the frequency f is C_f , e.g. C_{3160} is the r.m.s. value of the component at 3160 Hz.

The output of the raw DFT (OUT 1 in figure 1) is grouped in bands of 200 Hz (see figure B.1), beginning at the first centre band above the harmonic range, of, for example, 2100 Hz. The output G_b of each band is the r.m.s. value according to

$$G_b = \sqrt{\sum_{f=b-90 \text{ (Hz)}}^{b+100} C_f^2} \quad (\text{B1})$$

NOTE 1 The bandwidth has been chosen so that it is in accordance with the bandwidth used in CISPR 16-1 for frequencies above 9 kHz.

NOTE 2 The centre frequency b , for example, 2 100 Hz, 2 300 Hz, 2 500 Hz designates the band. The highest centre frequency is 8 900 Hz (see figure B.1).

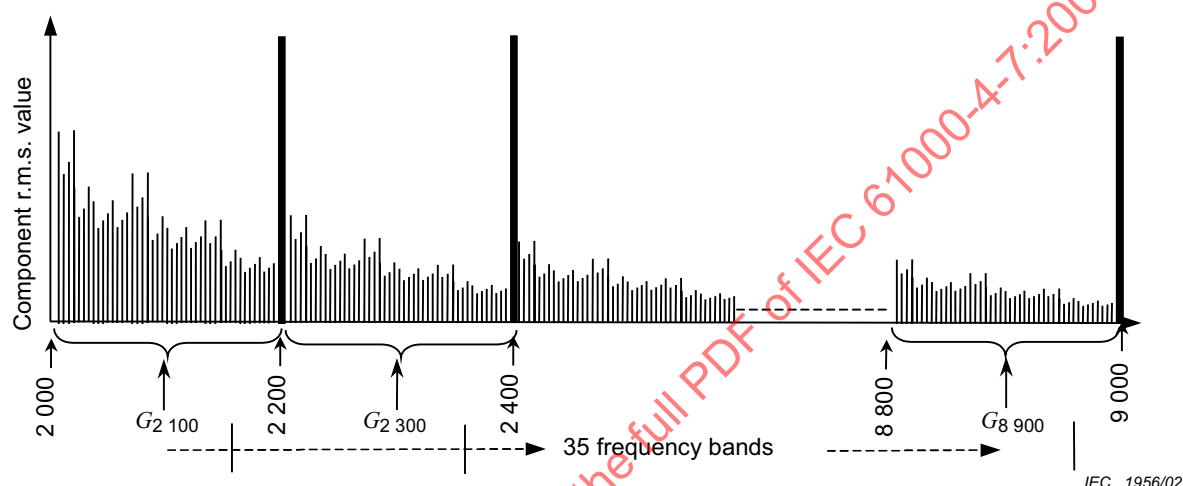


Figure B.1 – Illustration of frequency bands for measurement, in the range 2 kHz to 9 kHz

B.4 Measurement set-up

In addition to the measurement instrument, for emission assessment related to current or voltage components, special test circuits should be part of the measurement set-up in order to provide repeatability of the measurement results. These circuits which should correctly represent the supply system in the relevant frequency range and provide, if necessary, separate terminals for the measurement instrument, are also under development and should be considered for a future amendment to this standard.

B.5 Accuracy requirements

The total uncertainty should not exceed ± 5 % of the measured value when tested with a single-frequency emission in the frequency band considered.

NOTE Compared to the magnitude of the fundamental current or voltage the components to be measured are expected to be in the range of 2×10^{-5} to 5×10^{-2} .

Annexe C (informative)

Réflexions d'ordre technique pour une méthode de regroupement

Les méthodes de mesure définies dans la présente norme sont le produit de réflexions prudentes associées à une analyse contradictoire des objectifs en jeu (par exemple, largeur de bande de mesure et résolution de fréquence). Dans certains cas, le besoin de définir une mesure pratique se traduit davantage par des compromis que par des résultats de la plus haute précision dans la caractérisation du signal en question. La présente annexe propose un certain nombre d'éléments pour permettre de répondre aux questions particulièrement difficiles.

NOTE Dans la présente norme, les modules de tension et de courant sont, sauf mention contraire, des valeurs efficaces.

C.1 Équivalence de puissance des représentations des signaux dans les domaines du temps et de la fréquence

La relation de Parseval, connue également comme le Théorème de l'énergie de Rayleigh, définit l'équivalence entre la puissance du signal (ou énergie) exprimée dans le domaine du temps, et la puissance du signal (ou énergie) exprimée dans le domaine de la fréquence.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [g(t)]^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |G(j\omega)|^2 d\omega \quad (C1)$$

où

$g(t)$ est une fonction temporelle;

$G(j\omega)$ est la transformée de Fourier complexe de la fonction; et

$$\omega = 2\pi f.$$

NOTE Puisque la puissance est proportionnelle au carré d'une tension ou d'un courant, le signal quadratique est compris comme étant la «puissance» du signal. Par exemple, si $g(t)$ est la fonction temporelle d'une tension, la dimension physique de la partie gauche de l'équation (temps) sera $V^2 s$ («énergie»). La transformée de Fourier présente la densité spectrale de la tension et, dans cet exemple, $G(j\omega)$ aura la dimension V/Hz ou $V s$, c'est-à-dire que la partie droite de l'équation donne également la dimension $V^2 s$ («énergie»).

Si la fonction n'est pas périodique, son spectre est continu, mais si elle est périodique, elle peut être représentée dans une fenêtre temporelle T_w , c'est-à-dire que la répétition infinie de la fenêtre donnerait la fonction totale $g(t)$. La transformée de Fourier de ce signal, maintenant limité dans le temps, n'est plus continue mais consiste en des raies spectrales à une distance de fréquence de $f_w = 1/T_w$. Le produit de la fenêtre T_w et la valeur efficace au carré, G_k^2 , de la raie (complexe) à la fréquence $f = k \times f_w$ représente approximativement l'«énergie» de la densité spectrale continue intégrée entre $f - f_w/2$ et $f + f_w/2$. La somme «énergie» produite par toutes les raies spectrales est équivalente à l'«énergie» de la fonction temporelle dans la fenêtre. Diviser l'«énergie» par la fenêtre T_w donne l'équation (C2):

$$\frac{1}{T_w} \int_{-T_w/2}^{+T_w/2} [g(t)]^2 dt = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |G_k|^2 \quad (C2)$$

Annex C (informative)

Technical considerations for grouping method

Measurement methods defined in this standard follow from careful consideration and balancing of competing objectives (for example, measurement bandwidth and frequency resolution). In certain cases, the need for defining a practical measurement results in compromises rather than the achievement of the ultimate in precision in characterising the signal in question. Considerations for resolution of several particularly difficult issues are documented in this annex.

NOTE In this standard, voltage and current values are r.m.s. unless otherwise stated.

C.1 Power equivalence of time and frequency domain representations of signals

Parseval's relation, also known as the Rayleigh energy theorem, defines the equivalence of signal power (or energy) expressed in the time domain to signal power (or energy) expressed in the frequency domain.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [g(t)]^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |G(j\omega)|^2 d\omega \quad (C1)$$

where

$g(t)$ is a time function;

$G(j\omega)$ is the complex Fourier transform of the function; and

$$\omega = 2\pi f.$$

NOTE Since the power is proportional to the square of a voltage or current the squared signal is understood to be the "power" of the signal. For example, if $g(t)$ is assumed to be the time function of a voltage, the physical dimension of the left-hand side of the equation (time domain) would be $V^2 \text{ s}$ ("energy"). The Fourier transform presents the spectral density of the voltage and, in the example, $G(j\omega)$ would have the dimension V/Hz or $V \text{ s}$, i.e. the right-hand side yields also the dimension $V^2 \text{ s}$ ("energy").

If the function is not periodic, its spectrum is continuous, but if it is periodic it can be represented in a time window T_w , i.e. the infinite repetition of the time window would yield the total function $g(t)$. The Fourier transform of this now time-limited signal is no longer continuous but consists of spectral lines at a frequency distance of $f_w = 1/T_w$. The product of the window time T_w and the squared r.m.s. value, G_k^2 , of the (complex) line at the frequency $f = k \times f_w$ represents approximately the "energy" of the continuous spectral density integrated over $f - f_w/2$ to $f + f_w/2$. The "energy" sum contributed by all spectral lines is equivalent to the "energy" of the time function within the window. Dividing the "energy" by the window time T_w yields equation (C2):

$$\frac{1}{T_w} \int_{-T_w/2}^{+T_w/2} [g(t)]^2 dt = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |G_k|^2 \quad (C2)$$

où

la partie gauche correspond à la «puissance» moyenne de la fonction temporelle dans la fenêtre, et

la partie droite correspond à la «puissance» totale de toutes les raies à l'intérieur du spectre.

Une caractéristique de la transformée de Fourier est que les raies spectrales, à des fréquences négatives, sont des complexes conjuguées aux raies aux mêmes fréquences positives, c'est-à-dire que le spectre de «puissance» est symétrique autour de la fréquence $f = 0$. En repliant la partie négative du spectre au-dessus de la partie positive, l'équation (C2) est simplifiée:

$$\frac{1}{T_W} \int_{-T_W/2}^{+T_W/2} [g(t)]^2 dt = G_0^2 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} |G_k|^2 \quad (C3)$$

La définition de l'amplitude c_k des composantes de Fourier selon l'équation (3) de la présente norme est relative à $T_W/2$, non à T_W (sauf c_0 qui est relatif à T_W), c'est-à-dire que $c_k = 2 \times G_k$ ou $C_k = \sqrt{2} \times G_k$. L'équation (C3) peut alors être réécrite:

$$\frac{1}{T_W} \int_{-T_W/2}^{+T_W/2} [g(t)]^2 dt = c_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} |C_k|^2 = \sum_{k=0}^{\infty} |C_k|^2 \quad (C4)$$

Dans la pratique, le nombre de coefficients dans la somme est limité: $k = 1 \dots K$. Si le signal est «limité en bandes» aux fréquences $f_K \leq K \times f_W$, aucune «puissance» n'est associée à des coefficients de rang $k > K$, et elles peuvent être écartées de la somme dans l'équation (C4). La fréquence f_K devrait se trouver bien au-delà de la plage de fréquence de l'instrument.

C.2 Caractéristiques de la réalisation numérique

La présente norme traite de l'instrumentation numérique. Pour satisfaire au théorème de Shannon, le signal temporel sera échantillonné avec une fréquence d'échantillonnage $f_s > 2 \times f_K$ de telle sorte que – en principe – tous les coefficients inférieurs ou égaux à C_K peuvent être calculés. Le nombre d'échantillons dans une fenêtre temporelle est $N = f_s \times T_W$.

Si les conditions sont en deçà de ces conditions idéales, c'est-à-dire que le signal numérisé est réel, périodique et limité en fréquence, et que la fenêtre est synchronisée à la période du signal, l'équation (C4) devient:

$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [g(t_i)]^2} = \sqrt{\sum_{k=0}^{N/2} |C_k|^2} \quad (C5)$$

où

$g(t_i)$ représente les valeurs de la fonction temporelle aux points d'échantillonnage; et

$$t_i = i \times T_W/N.$$

L'équation (C5) signifie que le contenu efficace des composantes de fréquence est égal au contenu efficace de la représentation en temps du signal, dans le cas présent une forme échantillonnée et numérisée du signal. La relation de Parseval peut être utilement employée pour vérifier que le spectre de puissance représente avec précision le signal dans le domaine du temps, sous certaines circonstances spécifiques.

where

the left-hand side corresponds to the average “power” of the time function within the window; and

the right-hand side to the total “power” of all lines within the spectrum.

A characteristic of the Fourier transform is that the spectral lines at negative frequencies are conjugate complex to the lines at the same positive frequencies, i. e. the “power” spectrum is symmetrical about the frequency $f = 0$. By folding the negative part of the spectrum over the positive one, equation (C2) is simplified:

$$\frac{1}{T_W} \int_{-T_W/2}^{+T_W/2} [g(t)]^2 dt = G_0^2 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} |G_k|^2 \quad (C3)$$

The definition of the amplitude c_k of the Fourier components according to equation (3) of the standard is related to $T_w/2$, not to T_w (except c_0 which is related to T_w), i.e. $c_k = 2 \times G_k$ or $C_k = \sqrt{2} \times G_k$. Equation (C3) can therefore be rewritten:

$$\frac{1}{T_W} \int_{-T_W/2}^{+T_W/2} [g(t)]^2 dt = c_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} |C_k|^2 = \sum_{k=0}^{\infty} |C_k|^2 \quad (C4)$$

In practice, the number of coefficients in the sum has to be limited: $k = 1 \dots K$. If the signal is “band-limited” to frequencies $f_K \leq K \times f_w$, no “power” is associated with coefficients of order $k > K$, and they can be left out of the sum in equation (C4). The frequency f_K should be well beyond the operating frequency range of the instrument.

C.2 Characteristics of digital realisation

Digital instrumentation is considered in this standard. In order to fulfil the Shannon theorem, the time signal should be sampled with a sampling frequency $f_s > 2 \times f_K$ so that – in principle – all coefficients up to C_K can be calculated. The number of samples within a time window is $N = f_s \times T_w$.

Under the above-mentioned ideal conditions, i.e. the digitized signal is real, periodic and band-limited, and the time window is synchronised to the signal period, equation (C4) can be written:

$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [g(t_i)]^2} = \sqrt{\sum_{k=0}^{N/2} |C_k|^2} \quad (C5)$$

where

$g(t_i)$ are the values of the time function at the sampling points; and

$$t_i = i \times T_w/N.$$

Equation (C5) states that the r.m.s. content of the frequency domain components equals the r.m.s. content of the time domain representation of the signal, in this case a sampled and digitised form of the signal. Parseval’s relation may be usefully employed to ascertain whether the power spectrum accurately represents the time domain signal under certain specific circumstances.

Dans les conditions idéales définies ci-dessus, le spectre de puissance calculé par les méthodes définies dans la présente norme donne la puissance moyenne des composantes spectrales présentes dans le signal mesuré pendant une fenêtre temporelle définie. Le spectre de puissance représente exactement la puissance totale du signal, la puissance des composantes de fréquence individuelles et la fréquence de ces composantes. Pour les situations réelles, les conditions idéales existent lorsque toutes les composantes du signal mesuré sont des harmoniques exacts de la fréquence «de base» $f_w = 1/T_w$. En raison de la rigueur des prescriptions définies dans cette norme relativement à la synchronisation, ces conditions presque idéales interviennent par définition pour la composante fondamentale du réseau d'alimentation et pour toutes composantes avec des fréquences qui sont des multiples entiers de la fréquence «de base». Ceci comprend, bien sûr, les harmoniques de la fréquence fondamentale.

NOTE La fréquence «de base» est la réciproque de la largeur de fenêtre. La fréquence «fondamentale» est la réciproque du cycle du réseau.

La largeur de la fenêtre temporelle, $T_w \approx 200$ ms, est définie comme 10 ou 12 cycles fondamentaux respectivement, pour des réseaux à 50 Hz ou 60 Hz, pour les applications futures, et comme 16 cycles (≈ 320 ms ou ≈ 267 ms) pour des instruments conçus pour satisfaire aux prescriptions définies dans la première édition de la CEI 61000-4-7. La distance de fréquence des raies spectrales (fréquence «de base» f_w) est donc, respectivement, de ≈ 5 Hz $\approx 3,125$ Hz ou $\approx 3,75$ Hz. La méthode de regroupement, selon l'équation (8) de la présente norme, permet d'évaluer avec précision la puissance totale. Elle prend en compte toutes les raies spectrales et pas seulement les raies («harmoniques») à des multiples entiers de la fréquence fondamentale. L'équation (8) ne se réfère qu'à des raies avec une distance de ≈ 5 Hz et doit donc être modifiée si d'autres fréquence «de base» sont utilisées. Par application correcte de l'équation (8) – modifiée si nécessaire – dans des conditions idéales, le spectre de puissance représente exactement la puissance moyenne du signal mesuré, comme défini par la relation de Parseval.

Dans des conditions moins idéales, par exemple, lorsqu'un contenu de signal non harmonique, avec des fréquences $f \neq k \times f_w$ (k : nombre entier), est présent, le phénomène de fuite spectrale se produit, causant une perte d'information relative au contenu de fréquence, mais généralement, la puissance du signal reste représenté avec précision. Si l'on prend le cas d'une fenêtre égale à 200 ms, un contenu de signal non harmonique est présent dès qu'il y a des signaux interharmoniques à des fréquences qui ne sont pas des multiples entiers de 5 Hz, par exemple 287 Hz, ou quand une fluctuation d'amplitude se produit dans la fenêtre analysée. Les méthodes de regroupement définies dans la présente norme permettent de garantir la précision de l'évaluation, dans sa majeure partie, de la puissance totale. L'attribution de puissance à un groupe de signaux spécifiques dépend de la nature des signaux concernés.

Plusieurs exemples vont permettre d'illustrer cette question. Les exemples donnés en C.3 illustrent l'effet de la fluctuation d'amplitude de tension et de courant. Les effets interharmoniques sont illustrés en C.4. La composante fondamentale qui prédomine, de loin, dans la pratique, dans les signaux de tension et de courant, sont écartés des exemples afin d'utiliser les chiffres à l'échelle la plus grande, pour une présentation plus claire des raies spectrales intéressantes et de l'effet de regroupement.

C.3 Harmoniques fluctuants

EXEMPLE 1

La figure C.1 illustre le cas de la 5^{ème} tension harmonique fluctuant de 3,536 A à 0,7071 A. L'étape dans la tension apparaît après 21,25 périodes du 5^{ème} harmonique. La tension efficace calculée attendue pour ce cas est 2,367 A. Le 5^{ème} harmonique mesuré (raie unique) donne seulement 1,909 A, c'est-à-dire que négliger les autres raies produit une erreur de 19,3 %. La valeur du sous-groupe harmonique mesurée dans ce cas donne 2,276 A et réduirait déjà l'erreur à 3,84 %, mais le groupe harmonique des raies mesurées donne une valeur de 2,332 A, ce qui correspond à la petite erreur restante de seulement 1,47%.

Under the ideal conditions defined above, the power spectrum calculated by the methods defined in this standard, returns the average power of spectral components present in the measured signal during a defined time window. The power spectrum exactly represents the total power of the signal, the power of the individual frequency components, and the frequencies of these components. For practical situations, ideal conditions exist when all components of the measured signal are exact harmonics of the “basic” frequency $f_w = 1/T_w$. Because of the strict requirements defined in this standard for synchronisation, these nearly ideal conditions occur by definition for the fundamental component of the power system and for any components with frequencies which are integer multiples of the “basic” frequency; this includes, of course, the harmonics of the fundamental frequency.

NOTE The “basic” frequency is the reciprocal of the window width. The “fundamental” frequency is the reciprocal of the system cycle.

The width of the time window, $T_w \approx 200$ ms, is defined as 10 or 12 fundamental cycles for 50 Hz or 60 Hz systems respectively for future designs, and 16 cycles (≈ 320 ms or ≈ 267 ms) for instruments designed to comply with requirements given in the first edition of IEC 61000-4-7. The frequency distance of the spectral lines (“basic” frequency f_w) is therefore ≈ 5 Hz or $\approx 3,125$ Hz or $\approx 3,75$ Hz, respectively. The grouping method according to equation (8) of this standard ensures that the total power is accurately evaluated. It takes account of all spectral lines and not only the lines (“harmonics”) at integer multiples of the fundamental frequency. Equation (8) relates only to lines with a distance of ≈ 5 Hz and has therefore to be modified if other “basic” frequencies are used. By proper application of equation (8) – modified if necessary – under ideal conditions, the power spectrum exactly represents the average power of the measured signal as defined by Parseval's relation.

Under less than ideal conditions, for example, where non-harmonic signal content with frequencies $f \neq k \times f_w$ (k : integer number) is present, the phenomenon of spectral leakage acts to cause a loss of information about frequency content, but signal power generally remains accurately represented. Considering the case of a time window equal to 200 ms, non-harmonic signal content is present whenever there are inter-harmonic signals at frequencies which are not integer multiples of 5 Hz, for example 287 Hz, or when amplitude fluctuation occurs within the analysed time window. The grouping methods defined in this standard assist in ensuring that the total power is for the most part accurately evaluated. Allocation of power to a specific signal group depends upon the nature of the signals involved.

A few examples will help to illustrate the point. The examples in C.3 show the effect of voltage and current amplitude fluctuation. The interharmonic effects are illustrated in C.4. The fundamental component which predominates in practice by far in voltage and current signals is left away in the examples in order to use the full scale of the figures for a more clear presentation of the interesting spectral lines and the grouping effect.

C.3 Fluctuating harmonics

EXAMPLE 1

Figure C.1 illustrates the case of the r.m.s. 5th harmonic current fluctuating from 3,536 A to 0,7071 A. The step in the current occurs after 21,25 periods of the 5th harmonic. The expected calculated r.m.s. current for this case is 2,367 A. The measured 5th harmonic (single line) results in only 1,909 A, i.e. neglecting the other lines produces an error of 19,3 %. The measured harmonic subgroup value in this case results in 2,276 A and would already reduce the error to 3,84%, but the harmonic group of the measured lines yields a value of 2,332 A which corresponds to the small remaining error of only 1,47%.