

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-4-7**

Première édition
First edition
1991-07

Compatibilité électromagnétique (CEM)

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure

Section 7: 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:

Testing and measurement techniques

Section 7: General guide on harmonics and inter-
harmonics measurements and instrumentation,
for power supply systems and equipment connected
thereto



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-4-7: 1991

AVA Documents
Document Sharing Hub

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
1000-4-7

Première édition
First edition
1991-07

Compatibilité électromagnétique (CEM)

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure
Section 7: 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:

Testing and measurement techniques
Section 7: General guide on harmonics and inter-
harmonics measurements and instrumentation,
for power supply systems and equipment connected
thereto

© CEI 1991 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 pro-
cédé, 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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



Documents

Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions, symboles et indices	12
4 Classification générale de l'instrumentation	16
4.1 Caractéristiques du signal à mesurer	16
4.2 Classes de précision de l'instrumentation	18
4.3 Types de mesures	18
5 Prescriptions communes à tous les types d'instrumentation	18
5.1 Prescriptions relatives aux circuits d'entrée	18
5.2 Prescriptions de précision de l'instrumentation	22
5.3 Prescriptions de précision des transformateurs de tension et de courant externes	22
6 Prescriptions particulières pour l'instrumentation travaillant dans le domaine fréquentiel	26
6.1 Généralités	26
6.2 Harmoniques quasi stationnaires	26
6.3 Harmoniques fluctuants	28
6.4 Harmoniques rapidement variables	28
6.5 Prescriptions relatives à la sortie	28
7 Prescriptions particulières pour l'instrumentation travaillant dans le domaine temporel ...	28
7.1 Instrumentation utilisant la transformée de Fourier rapide (FFT) - Concepts généraux	28
7.2 Filtres numériques	34
7.3 Modes opératoires et prescriptions relatives à la sortie	34
8 Méthodes d'évaluation	36
8.1 Filtrage des signaux de sortie	36
8.2 Méthodes futures	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions, symbols and indices	13
4 General classification of instrumentation	17
4.1 Characteristics of the signal to be measured	17
4.2 Accuracy classes of instrumentation	19
4.3 Types of measurement	19
5 Common requirements for all types of instrumentation	19
5.1 Requirements for input circuits	19
5.2 Accuracy requirements for instruments	23
5.3 Accuracy requirements for external voltage- and current-transformers	23
6 Special requirements for frequency-domain instrumentation	27
6.1 General	27
6.2 Quasi-stationary harmonics	27
6.3 Fluctuating harmonics	29
6.4 Rapidly changing harmonics	29
6.5 Output requirements	29
7 Special requirements for time-domain instrumentation	29
7.1 Fast Fourier Transform (FFT) instrumentation - General concepts	29
7.2 Digital filters	35
7.3 Operation-mode and output requirements	35
8 Evaluation methods	37
8.1 Output signal filtering	37
8.2 Future methods	39

Articles	Pages
9 Observation de tensions harmoniques en réseau	38
9.1 Types d'appareils de mesure	38
9.2 Fenêtre temporelle et prescriptions de base pour l'instrumentation utilisant la FFT	38
9.3 Gammes de temps pour le traitement statistique des valeurs mesurées	40
10 Cas particuliers de mesures	44
10.1 Mesure du déphasage	46
10.2 Mesure de la distorsion	48
10.3 Mesure des composantes symétriques	50
10.4 Mesure d'interharmoniques	52
11 Effets de l'environnement - Essais d'immunité	54
11.1 Température et humidité	54
11.2 Tension d'alimentation de l'appareil	56
11.3 Tension perturbatrice de mode commun	56
11.4 Décharges électrostatiques	56
11.5 Champs électromagnétiques	56
Figures	58
Annexe A - Bibliographie	66

Withholding

Clause	Page
9 Voltage harmonic surveys in supply systems	39
9.1 Types of measurement equipment	39
9.2 Window-width and basic requirements for FFT-instrumentation	39
9.3 Time ranges for statistical handling of measured values	41
10 Special cases of measurement	45
10.1 Phase-angle measurement	47
10.2 Distortion measurements	49
10.3 Symmetrical components measurement	51
10.4 Interharmonics measurement	53
11 Effect of environment - Immunity tests	55
11.1 Temperature and humidity	55
11.2 Instrument supply voltage	57
11.3 Common mode interference voltage	57
11.4 Static electricity discharges	57
11.5 Electromagnetic fields	57
Figures	59
Annex A - Bibliography	67

Withholding

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure Section 7: 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) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente section de la Norme internationale CEI 1000-4 a été établie par le Sous-Comité 77A: Equipements pour raccordement aux réseaux publics de distribution basse tension, du Comité d'Études n° 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique entre les matériels électriques y compris les réseaux.

Le texte de cette section est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
77A(BC)32	77A(BC)36

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC)****Part 4: Testing and measurement techniques
Section 7: General guide on harmonics and interharmonics
measurements and instrumentation, for power supply systems
and equipment connected thereto****FOREWORD**

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This section of International standard IEC 1000-4 has been prepared by Sub-Committee 77A: Equipment for connection to the public low-voltage supply system, of IEC Technical Committee No. 77: Electromagnetic compatibility between electrical equipment including networks.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
77A(CO)32	77A(CO)36

Full information on the voting for the approval of this section can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La CEI 1000 est publiée sous forme de plusieurs parties conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)
Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement
Classification de l'environnement
Niveau de compatibilité

Partie 3: Limites

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

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure
Techniques d'essai

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation

Guides d'installation
Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en sections qui seront publiées soit comme Normes internationales, soit comme Rapports techniques.

Ces normes et rapports seront publiés chronologiquement et numérotés en conséquence.

INTRODUCTION

IEC 1000 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 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into sections which can be published either as International Standards or Technical reports.

These standards and reports will be published in chronological order and numbered accordingly.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure Section 7: 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

Le présent guide s'applique à l'instrumentation prévue pour la mesure de composantes de tension et de courant dont la gamme de fréquence s'étend du continu à 2 500 Hz. Ces composantes sont superposées à des tensions et des courants dont la fréquence fondamentale est celle du réseau d'alimentation.

Ce guide s'applique également à l'instrumentation de mesure prévue pour les essais d'appareils individuels conformément à des normes donnant des niveaux limites d'émission (par exemple les limites de courant harmonique données dans la CEI 555-2). Il s'applique aussi à l'instrumentation prévue pour la mesure de tension et de courant harmoniques dans des réseaux d'alimentation de puissance. En particulier, ce guide traite de l'observation des harmoniques en réseau.

La procédure d'essai lors des mesures ainsi que les conditions pour les essais d'émission ne sont pas traitées dans ce guide. Ces points sont inclus dans des normes spécifiques.

Le guide concerne particulièrement les harmoniques de la tension d'alimentation, toutefois on peut avoir à mesurer aussi des composantes à d'autres fréquences (interharmoniques).

Dans ce guide, on traite à la fois de l'instrumentation travaillant dans le domaine temporel et de celle travaillant dans le domaine fréquentiel.

Des propositions sont également présentées pour le traitement statistique des mesures d'harmoniques en réseau de façon à rendre les résultats facilement comparables.

Pour les harmoniques fluctuants ou rapidement variables, on fait une distinction entre le procédé de mesure lui-même (dont la constante de temps est toujours relativement faible) et le processus d'évaluation qui traite les données mesurées d'une façon bien définie pour obtenir des résultats facilement comparables avec des limites définies, des valeurs d'acceptation ou de référence.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(161): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique.*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC)

Part 4: Testing and measurement techniques Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto

1 Scope

This guide is applicable to instrumentation intended for measuring voltage or current components with frequencies in the range of d.c. to 2 500 Hz which are superimposed on the voltage or current at the power supply frequency.

This guide is also applicable to measurement instrumentation intended for testing individual items of equipment in accordance with emission limits given in standards (e.g. harmonic current limits as given in IEC 555-2) as well as for the measurement of harmonic voltages and currents in actual supply systems. The survey of harmonics in the power supply systems is of particular concern.

The test procedure for measurements and test conditions for emission testing are not dealt with in this guide; these requirements are included in the particular standards.

Harmonics of the supply frequency are of special concern but components at other frequencies (interharmonic components) may also have to be measured.

Frequency-domain and time-domain instrumentation are both considered in this guide.

Tentative recommendations are also given for the statistical analysis of harmonic measurements in the supply in order to make the comparison of results easier.

For fluctuating and rapidly changing harmonics, a distinction is made between the measurement process itself with its relatively small time constant, and the evaluation process which handles the measurement data in a defined manner in order to compare the results with stated limits, acceptance or reference values.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(161): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 161: Electromagnetic compatibility*.

CEI 348: 1978, *Règles de sécurité pour les appareils de mesure électroniques.*

CEI 555-1: 1982, *Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues. Première partie: Définitions.*

CEI 555-2: 1982*, *Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues. Deuxième partie: Harmoniques.*

CEI 801-2: 1984, *Compatibilité électromagnétique pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels. Deuxième partie: Prescriptions relatives aux décharges électrostatiques.*

3 Définitions, symboles et indices

3.1 tension U_m : Composante de fréquence f_m de la tension d'alimentation.

3.2 courant I_m : Composante de fréquence f_m du courant d'alimentation.

NOTE - Les expressions U_m (ou I_m) et f_m sont remplacées par U_n (ou I_n) et f_n si les quantités en question sont des harmoniques de rang n de la fréquence du réseau d'alimentation.

3.3 définitions relatives aux harmoniques: Se reporter au chapitre 161 du VEl ou à la CEI 555-1.

Notations: On utilisera dans ce guide les notations qui suivent pour le développement en série de Fourier parce qu'elles sont mieux adaptées pour déterminer les angles de phases par rapport au passage par zéro:

$$f(\omega t) = c_o + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega_1 t + \varphi_n)$$

$$\underline{c}_n = b_n + ja_n = c_n e^{j\varphi_n}; \varphi_n = \arctan\left(\frac{a_n}{b_n}\right)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(n\omega_1 t) d(\omega t)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(n\omega_1 t) d(\omega t)$$

$$c_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d(\omega t)$$

où:

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

$\underline{c}_n$ est l'amplitude complexe de la composante de fréquence $f_n = nf_1$;

c_o est la composante continue.

NOTE - Au sens strict, ces définitions ne s'appliquent qu'à des signaux stationnaires.

* En révision

IEC 348: 1978, *Safety requirements for electronic measuring apparatus.*

IEC 555-1: 1982, *Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment - Part 1: Definitions:*

IEC 555-2 1982*, *Part 2: Harmonics. Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment.*

IEC 801-2: 1984, *Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment - Part 2: Electrostatic discharge.*

3 Definitions, symbols and indices

3.1 voltage U_m : Component at frequency f_m of the supply voltage.

3.2 current I_m : Component at frequency f_m of the supply current.

NOTE - The expressions U_m (or I_m) and f_m are replaced by U_n (or I_n) and f_n when harmonic quantities of order n related to the power supply frequency are considered.

3.3 definitions related to harmonics: Refer to IEC 50(161) and IEC 555-1.

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:

$$f(\omega t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega_1 t + \varphi_n)$$

$$\underline{c}_n = b_n + ja_n = c_n e^{j\varphi_n}; \quad \varphi_n = \arctan\left(\frac{a_n}{b_n}\right)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(n\omega_1 t) d(\omega t)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(n\omega_1 t) d(\omega t)$$

$$c_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d(\omega t)$$

where:

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

$\underline{c}_n$ is the complex amplitude of the component with frequency $f_n = nf_1$;

c_0 is the d.c. component.

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

* Under revision.

3.4 Interharmoniques: Composantes de fréquence situées entre les harmoniques de la fréquence du réseau.

3.5 instrumentation travaillant dans le domaine fréquentiel: Instrumentation qui réalise le traitement du signal à l'aide d'un filtrage analogique.

3.6 instrumentation travaillant dans le domaine temporel: Instrumentation qui réalise l'analyse du signal par échantillonnage temporel puis le traitement numérique des échantillons. La transformée de Fourier rapide (FFT) est l'algorithme de calcul le plus largement employé dans l'analyse harmonique.

3.7 Symboles

a	partie imaginaire (amplitude) des coefficients de la série de Fourier
b	partie réelle (amplitude) des coefficients de la série de Fourier
c	coefficient complexe de la série de Fourier
d	facteur de distorsion
f	fréquence; fonction
f_1	fréquence fondamentale
j	$\sqrt{-1}$
p	pourcentage de la fonction de probabilité cumulée
t	temps courant
x	valeur échantillonnée
B	bande passante
C	valeur efficace de la raie spectrale
D	facteur de distorsion pondéré
I	courant (valeur efficace)
M	nombre entier; nombre d'échantillons inclus dans la fenêtre temporelle
PCC	point commun de couplage
T	intervalle de temps
T_1	période du fondamental
T_w	largeur de la fenêtre temporelle ($T_w = NT_1$)
U	tension (valeur efficace)
ω	pulsation
φ	angle de phase

3.8 Indices

cap	capacitif
ind	inductif
i	indice courant (entier)
k	indice courant (entier)
m	valeur mesurée; contenu du spectre d'ordre m (non nécessairement entier)

3.4 Interharmonics: Components at frequencies located between the harmonics of the supply frequency.

3.5 frequency-domain instrumentation: Instrumentation which performs the analysis of signals by using analogue filtering technique.

3.6 time-domain instrumentation: Instrumentation which performs the analysis by time sampling of the signals and subsequent numerical handling of the sampled data. Fast-Fourier-transform (FFT) is the most widely used computation algorithm for harmonic analysis.

3.7 Symbols

a	imaginary coefficient (amplitude) of the Fourier series
b	real coefficient (amplitude) of the Fourier series
c	complex coefficient of the Fourier series
d	distortion factor
f	frequency; function
f_1	fundamental frequency
j	$\sqrt{-1}$
p	percentage of cumulated probability function
t	running time
x	sampled value
B	bandwidth
C	r.m.s. value of the spectral line
D	weighted distortion factor
I	current (r.m.s. value)
M	integer number; number of samples within the window width
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	angular frequency
φ	phase angle

3.8 Indices

cap	capacitive
ind	inductive
i	running integer number
k	running integer number
m	measured value; spectral content of order m (not necessarily integer)

<i>n</i>	rang d'harmonique; indice courant (entier)
<i>r</i>	valeur assignée
<i>s</i>	synchronisé, échantillonné
<i>J</i>	jour
<i>L</i>	long
<i>N</i>	valeur nominale
<i>c</i>	court
<i>tc</i>	très court
<i>s</i>	semaine

4 Classification générale de l'instrumentation

On peut établir une classification de l'instrumentation selon trois paramètres: les caractéristiques du signal U_m ou I_m à mesurer, la classe de précision de l'appareillage et le type de mesure à effectuer (tension, courant, etc.). Des recommandations pour couvrir ces différents besoins sont données séparément dans ce guide.

L'instrumentation peut être conçue soit pour satisfaire à un besoin particulier et à son application (par exemple la mesure d'harmoniques permanents sur le réseau d'alimentation) soit pour satisfaire aux prescriptions relatives à différents cas (par exemple mesure de tension et de courant, mesure d'harmoniques et d'interharmoniques).

4.1 Caractéristiques du signal à mesurer

On considère différentes prescriptions pour l'appareillage selon les caractéristiques des signaux à mesurer:

- harmoniques quasi stationnaires (lentement variables);
- harmoniques fluctuants;
- harmoniques très rapidement variables (ou trains brefs d'harmoniques);
- interharmoniques et autres composantes non désirables.

Dans ce guide, des méthodes de mesure sont données pour ces quatre différents cas. Il n'est toutefois pas possible de définir avec précision les frontières entre les trois premiers cas. Ce n'est que dans les documents d'application qu'il est possible de faire pratiquement un choix entre les méthodes selon les besoins de la CEM à couvrir. Des exemples sont donnés ci-dessous:

- Dans le cas a) il est admissible qu'une analyse continue (sans intervalle de temps entre les mesures successives) n'est pas nécessaire. C'est par exemple le cas de:
 - la mesure des courants harmoniques constants (comme ceux produits par les récepteurs de télévision, les gradateurs de lumière),
 - l'observation de longue durée d'harmoniques en réseau lorsque l'on considère que l'effet instantané des harmoniques n'est pas important.
- Le cas intermédiaire b) requiert une analyse quasi continue en temps réel. C'est le cas de la mesure des courants harmoniques fluctuants dus au changement de vitesse de moteurs ou à leur changement de sens de rotation, ainsi qu'à ceux dus aux appareils électroménagers équipés de régulation électronique et de contrôle de phase. Cela s'applique aussi à la surveillance de la tension réseau de systèmes industriels comme par exemple les laminoirs.

<i>n</i>	harmonic order: running number (integer)
<i>r</i>	rated value
<i>s</i>	sampled; synchronized
<i>D</i>	day
<i>L</i>	long
<i>N</i>	nominal value
<i>Sh</i>	short
<i>VS</i>	very short
<i>Wk</i>	week

4 General classification of instrumentation

The instrumentation may be differentiated according to the characteristics of the signal U_m or I_m to be measured, according to the accuracy classes of instrumentation and according to the type of measurement (voltage, current etc.) required. Recommendations to cover these various needs are given separately in this guide.

The instrumentation may be constructed either to cover a particular need and application (e.g. steady-state harmonics on the supply voltage) or to comply with the requirements for several cases (e.g. voltage and current measurements, harmonics and interharmonics).

4.1 Characteristics of the signal to be measured

The requirements for different types of instrumentation intended to cover the following needs are considered:

- a) quasi-stationary (slowly varying) harmonics;
- b) fluctuating harmonics;
- c) rapidly changing harmonics (or very short bursts of harmonics);
- d) interharmonics and other spurious components.

Methods are given in this guide for these four different cases but it is impossible to define precisely the borderline between the first three categories. The application documents will indicate the most appropriate method for satisfying the EMC required. Examples are given below.

- In case a) it is recognized that a continuous analysis (without time gap between successive measurements) is not necessary. Applications are for example:
 - 1) the measurement of constant harmonic currents (as produced by TV-receivers, light dimmers),
 - 2) the long-term survey of harmonics on the supply system, when instantaneous effects of harmonics are not considered important.
- In the intermediate case b), a continuous real-time analysis is required. One application of that type is the measurement of fluctuating harmonic currents due to motor reversals, speed change, etc. in household appliances with electronic phase control and regulation. Another example would be supply voltage monitoring in industrial systems with e.g. rolling mills.

- Dans le cas c) un traitement continu en temps réel est absolument nécessaire et des prescriptions très précises sont nécessaires pour obtenir des résultats reproductibles. De tels types d'instrumentation pourront devenir nécessaires dans un proche avenir si l'on veut analyser des harmoniques très rapidement variables ou des trains d'harmoniques très brefs qui pourraient être néfastes par exemple pour les récepteurs de télécommande en réseau (la variation peut se produire en 1 s ou beaucoup moins).

Les interharmoniques et autres composantes non désirables sont traités séparément (voir 10.4).

4.2 Classes de précision de l'instrumentation

On distingue deux classes de précision (A et B) pour l'instrumentation destinée à la mesure des harmoniques de courant et de tension, afin de prendre en compte des appareils plus simples et moins chers. Les mesures d'émission effectuées selon la CEI 555-2 nécessitent cependant l'usage d'instrumentation de la classe supérieure A.

4.3 Types de mesures

On donne séparément des recommandations pour les mesures de courants et de tensions harmoniques. On traite également des cas particuliers de mesure (déphasage, facteur de distorsion, distorsion harmonique pondérée, composantes symétriques, etc.).

5 Prescriptions communes à tous les types d'instrumentation

Les prescriptions qui suivent s'appliquent à tout type d'instrumentation, qu'elles travaillent dans les domaines fréquentiel ou temporel. Elles sont valables tant pour les harmoniques stationnaires, fluctuants ou très rapidement variables que pour les interharmoniques.

5.1 Prescriptions relatives aux circuits d'entrée

5.1.1 Circuit d'entrée en tension

Le circuit d'entrée de l'appareil de mesure doit être adapté à la valeur nominale et à la fréquence de la tension d'alimentation à analyser. Il doit conserver ses caractéristiques et sa précision jusqu'à 1,2 fois la valeur nominale de la tension. Un facteur de crête d'au moins 1,5 est généralement considéré comme suffisant. Toutefois lors de mesures effectuées dans les réseaux industriels où des charges provoquant une forte distorsion sont présentes, le facteur de crête doit au moins être égal à 2. Dans tous les cas, une indication de surcharge est nécessaire.

On suggère que l'application pendant 1 s, sur le circuit, d'une tension alternative égale à quatre fois la valeur nominale d'entrée ou à 1 kV efficace (on choisira la plus petite des deux valeurs) ne devra pas provoquer de détérioration à l'appareil.

Isolement et autres prescriptions: voir l'article 11.

De façon à permettre une utilisation assez universelle de l'appareil sur la plupart des réseaux d'alimentation, on conseille de retenir comme tensions nominales d'entrée les valeurs suivantes:

$$U_N: 115, 230, 400 \text{ V.}$$

- In case c), continuous real-time measurement is absolutely necessary and very precise requirements are necessary to get reproducible results. Such instrumentation may become necessary in the near future to analyse rapidly changing harmonics or very short bursts of harmonics (the changes may occur over 1 s or much less) which may possibly be harmful, for example, to telecontrol-receiver operation on the supply.

Interharmonics and other spurious components are considered separately. (See 10.4.)

4.2 Accuracy classes of instrumentation

Two classes of accuracy (A and B) for voltage and current harmonic analysis are considered, as simple and low-cost instruments may deserve consideration. For emission tests according to IEC 555-2 the upper class A is required.

4.3 Types of measurement

Recommendations for voltage and current harmonic measurements are given separately. Special cases of measurement (phase angle of harmonics, total harmonic distortion, weighted harmonic distortion, symmetrical components measurements, etc.) are also considered.

5 Common requirements for all types of instrumentation

The following requirements are applicable to all types of instrumentation, whether operating in frequency-domain or in time-domain. They are valid for steady-state, fluctuating or very fast changing harmonics and interharmonics.

5.1 Requirements for input circuits

5.1.1 Voltage input circuit

The input circuit of the measuring instrument shall be adapted to the nominal voltage and frequency of the supply voltage to be analyzed and shall keep its characteristics and accuracy unchanged up to 1,2 times this nominal voltage. A crest factor of at least 1,5 is considered sufficient for measurements except for highly distorting loads in industrial networks when a crest factor of at least 2 may be necessary. An overload indication is required in any case.

It is suggested that stressing the input for 1 s by an a.c. voltage of four times the input voltage setting or $1 \text{ kV}_{\text{rms}}$ whichever is less, should not lead to any damage in the instrument.

Other requirements: see clause 11.

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:

$$U_N: 115, 230, 400 \text{ V.}$$

NOTES

1 La gamme 115 V peut aussi être utilisée en association avec des transformateurs de tension externes. D'autres gammes supplémentaires peuvent aussi être utiles (par exemple 100 V, $100 \text{ V} / \sqrt{3}$, $110 \text{ V} / \sqrt{3}$).

2 Des entrées de sensibilité plus élevée (0,1; 10 V) sont utiles lorsque l'on se sert de transducteurs externes (voir par exemple 5.1.2). Un facteur de crête au minimum égal à 2 peut être alors nécessaire.

La consommation du circuit d'entrée ne doit pas dépasser 3 VA. Si des entrées avec une forte sensibilité sont fournies ($\leq 50 \text{ V}$), leur résistance d'entrée doit être d'au moins $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$.

Il faut prendre garde à ce que la valeur élevée du fondamental (à la fréquence réseau) vis-à-vis des harmoniques à mesurer ne produise pas de surcharge ou de phénomène d'intermodulation nuisible, dans les étages d'entrée de l'appareil. De telles erreurs doivent être bien inférieures à la précision demandée.

5.1.2 Circuit d'entrée en courant

Les circuits d'entrée doivent convenir aux courants à analyser. Ils doivent permettre une mesure directe du courant et de ses harmoniques et avoir en outre un circuit d'entrée basse tension à haute impédance qui puisse être associé à des shunts externes résistifs (ou une combinaison de transformateurs de courant avec des shunts résistifs). Des gammes de tension d'entrée allant de 0,1 à 1,0 V sont convenables.

Pour les mesures directes de courant, on conseille de fournir des circuits d'entrée adaptés à un ou plusieurs des courants nominaux d'entrée I_N suivants: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 16 A (et 10 A, si nécessaire).

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

Le circuit de mesure d'entrée doit pouvoir supporter en permanence un courant de $1,2 I_N$. L'application d'un courant de $10 I_N$ pendant 1 s ne doit provoquer aucune détérioration. Le circuit d'entrée en courant doit accepter des signaux avec un facteur de crête de 3. Une indication de surcharge est nécessaire.

Il faut prendre garde à ce que la valeur de crête du courant, très élevée vis-à-vis de sa valeur efficace (ce qui correspond à un facteur de crête élevé), ou la valeur élevée du fondamental (à la fréquence d'alimentation) comparée à celle des harmoniques à mesurer ne produise pas de surcharge ou de signaux d'intermodulation néfastes dans les étages d'entrée de l'appareil.

Isolement et autres prescriptions: voir l'article 11.

NOTE - Une composante continue est souvent présente dans le courant déformé à mesurer; cette composante peut produire des erreurs importantes dans les transformateurs de courant d'entrée.

Il convient que le constructeur indique, dans les spécifications de l'appareil, le courant continu maximal tolérable de façon à ce que l'erreur supplémentaire produite ne dépasse pas la précision indiquée.