

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators –

Part 2: Phase jitter measurement method

Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques –

Partie 2: Méthode de mesure de la gigue de phase

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic
oscillators –**

Part 2: Phase jitter measurement method

**Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques
et électrostatiques –**

Partie 2: Méthode de mesure de la gigue de phase

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-7553-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Test and measurement procedures.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Test methods of phase jitter	8
4.2.1 General	8
4.2.2 Measurement in the time domain	8
4.2.3 Measurement in the data domain	9
4.2.4 Measurement in the frequency domain	9
4.3 Input and output impedances of the measurement system	13
4.4 Measurement equipment.....	13
4.4.1 General	13
4.4.2 Jitter floor	13
4.4.3 Output wave form	13
4.4.4 Output voltage	14
4.5 Test fixture.....	14
4.6 Cable, tools and instruments, and so on	14
5 Measurement and the measurement environment.....	14
5.1 Set-up before taking measurements.....	14
5.2 Points to be considered and noted at the time of measurement.....	14
5.3 Treatment after the measurement	14
6 Measurement.....	15
6.1 Reference temperature	15
6.2 Measurement of temperature characteristics.....	15
6.3 Measurement under vibration.....	15
6.4 Measurement at the time of impact	15
6.5 Measurement in accelerated ageing.....	15
7 Other points to be noted	15
8 Miscellaneous.....	15
Annex A (normative) Calculation method for the amount of phase jitter.....	16
A.1 General.....	16
A.2 Explanation	16
A.3 Relations between phase noise and phase jitter.....	16
A.4 Commentary on theoretical positioning of phase jitter	18
A.5 Description	18
A.5.1 General	18
A.5.2 RMS jitter	19
A.5.3 Peak-to-peak jitter	19
A.5.4 Random jitter	20
A.5.5 Deterministic jitter.....	20
A.5.6 Period (periodic) jitter	20
A.5.7 Data-dependent jitter	20
A.5.8 Total jitter	21

A.6	Points to be considered for measurement	21
A.6.1	Measurement equipment	21
A.6.2	Factors of measurement errors	22
Bibliography		24
Figure 1	– Phase jitter measurement with sampling oscilloscope	9
Figure 2	– Block diagram of a jitter and wander analyser according to ITU-T O.172	11
Figure 3	– Equivalent block diagram	13
Figure A.1	– Concept diagram of SSB phase noise	18
Figure A.2	– Voltage versus time	19
Figure A.3	– Explanatory diagram of the amount of jitter applied to RMS jitter	21
Figure A.4	– Explanatory diagrams of random jitter, deterministic jitter, and total jitter	22
Table 1	– Fourier frequency range for phase noise test.....	10
Table 2	– Standard bit rates for various applications	12

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT TECHNIQUES OF PIEZOELECTRIC,
DIELECTRIC AND ELECTROSTATIC OSCILLATORS –****Part 2: Phase jitter measurement method****FOREWORD**

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

International Standard IEC 62884-2 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

This bilingual version (2019-11) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-08.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
49/1212/CDV	49/1243/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts in the IEC 62884 series, published under the general title *Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

INTRODUCTION

A crystal oscillator as a highly efficient and highly precise source of a frequency oscillation is widely used for fields such as the electronic equipment, communication equipment, measurement equipment and a clock. Also recently, digitalization of these equipments is advancing rapidly. In this situation, the frequency of crystal oscillator requires high precision and high stability and reduction of noise with oscillating phenomenon. A phase jitter is one of the noise characteristic in oscillation characteristic and precise measurement which is needed when shipping a component to a customer.

For advance application in electronic information and communication technology, (e.g. advanced satellite communications, control circuits for electric vehicle (EV)), necessity arises for the measurement method for common guidelines of phase jitter. In these days, measurement method of phase jitter also becomes more important from the electromagnetic influence (EMI) point of view.

This document has been restructured from IEC 60679-1:2007 (third edition) and IEC 60679-6:2011 (first edition). The test methods for oscillators have been separated from IEC 60679-6:2011 into IEC 62884 (all parts). This document covers the phase jitter measurement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

MEASUREMENT TECHNIQUES OF PIEZOELECTRIC, DIELECTRIC AND ELECTROSTATIC OSCILLATORS –

Part 2: Phase jitter measurement method

1 Scope

This part of IEC 62884 specifies the methods for the measurement and evaluation of the phase jitter measurement of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators, including dielectric resonator oscillators (DROs) and oscillators using a thin-film bulk acoustic resonator (FBAR) (hereinafter referred to as an "Oscillator") and gives guidance for phase jitter that allows the accurate measurement of RMS jitter.

In the measurement method, phase noise measurement equipment or a phase noise measurement system is used.

NOTE Dielectric resonator oscillators (DROs) and oscillators using FBAR are under consideration.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-561, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 561: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection*

IEC 60679-1:2017, *Piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60469, *Transitions, pulses and related waveforms – Terms, definitions and algorithms*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 62884-1:2017, *Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators – Part 1: Basic methods for the measurement*

ISO 80000-1, *Quantities and units – Part 1: General*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60027 (all parts), IEC 60050-561, IEC 60469, IEC 60617, IEC 60679-1 and ISO 80000-1 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Test and measurement procedures

4.1 General

The test and measurement procedures are given in Clause 4 of IEC 62884-1:2017 and shall be applied as indicated in 4.2 to Clause 8.

4.2 Test methods of phase jitter

4.2.1 General

As the measurement method, the phase noise measurement equipment (system) or the specially designed phase jitter measurement equipment shall be used.

Three basic methods are described:

- a) measurement in the time domain by use of a digital real-time or sampling oscilloscope;
- b) measurement in the data domain (BER test set);
- c) measurement in the frequency domain using
 - 1) a phase noise test set, or
 - 2) a jitter and wander test set.

Method c) 1) using a phase noise test set is the recommended measurement method because it allows sufficient accuracy for arbitrary oscillator output frequencies.

- In the measurement of phase jitter and wander of oscillator circuits, attention should be paid to relative measurement reproducibility.
- A user and a manufacturer should deepen understanding through discussion about relative measurement reproducibility.
- Measurement equipment (including software program) should be made clear between a manufacturer and a user through a contract.
- When phase jitter and wander is calculated from phase noise, the range of frequency deviation should be made clear between a user and a manufacturer through a contract.

4.2.2 Measurement in the time domain

Digital real-time or sampling oscilloscopes with wide bandwidth, fast sampling rates, and large data memories are commercially available (see Figure 1), in some cases with special jitter evaluation software.

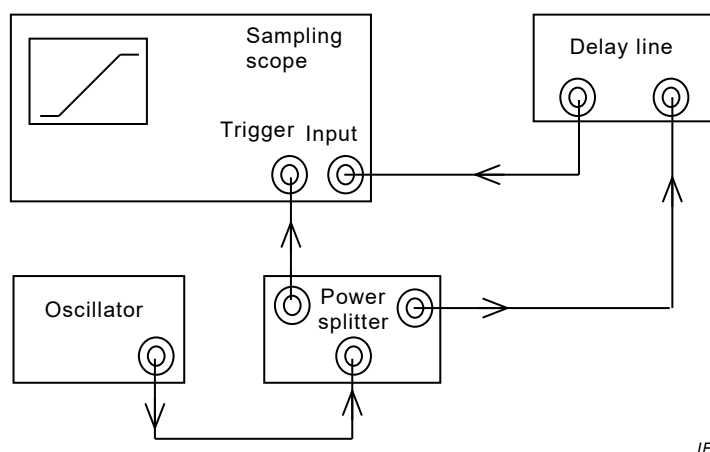


Figure 1 – Phase jitter measurement with sampling oscilloscope

The time variation of the edges of the clock signal relative to the trigger edge is displayed and stored over a large number (typically thousands) of cycles. Instrument software allows the determination of the peak-to-peak jitter value and a statistical evaluation of its distribution. The sampling oscilloscope method does not allow an accurate evaluation of the spectral content of the jitter. Also, jitter larger than one unit interval (UI) cannot be distinguished.

The measured jitter value is worse than the jitter of the device under test due to the internal jitter of the instrument's clock.

$$J_{\text{DUT}} = \sqrt{(J_{\text{meas}})^2 - (J_{\text{int}})^2}$$

where

J_{DUT} is the measured jitter;

J_{meas} is the jitter of the device under test;

J_{int} is the internal jitter of the instrument's clock.

High stability/low noise Oscillator exhibits a significantly lower jitter than the instrument's clock jitter and trigger stability. Therefore, this technology is currently not suitable for accurate jitter measurement of such Oscillator.

4.2.3 Measurement in the data domain

Bit-error rate (BER) test sets are used for measuring bit-error rate to characterise the overall system performance of a communication subsystem. It is difficult to deduct the contribution of the Oscillator jitter to the system BER. This method also does not yield quantitative jitter performance values for the Oscillator.

4.2.4 Measurement in the frequency domain

4.2.4.1 Methods of phase noise test set

Phase jitter can be tested in the frequency domain using the well-established phase noise test method with a phase locked loop as described in 4.5.25 of IEC 62884-1:2017.

The range of detuned frequency shall be determined by contracts between customers and suppliers after discussion between them. The formula for calculating the RMS jitter from a phase noise is based on the calculation method for the amount of phase jitter shown in Annex A.

For given SDH/SONET applications, the Fourier frequency range ($f_{\min} \dots f_{\max}$) may be selected as described in 3.2.53 of IEC 60679-1:2017. If not specified in the relevant data sheet, the recommended Fourier frequency range is as given by f_3 to f_4 in Table 1.

Table 1 – Fourier frequency range for phase noise test

Oscillator output frequency	$f_0 = f_{\min}$	f_3	$f_4 = f_{\max}$
1 MHz to < 10 MHz	10 Hz	10 kHz	100 kHz
10 MHz to < 50 MHz	20 Hz	20 kHz	500 kHz
50 MHz to < 200 MHz	100 Hz	50 kHz	1,5 MHz
200 MHz to < 1 000 MHz	1,0 kHz	200 kHz	5,0 MHz
1 000 MHz to < 5 000 MHz	5,0 kHz	500 kHz	15 MHz
$\geq 5\,000$ MHz	20 kHz	2 MHz	80 MHz

From Table 1, it can be seen that the most stringent requirement applies over the range f_3 to f_4 .

Jitter performance over a frequency-band other than f_3 to f_4 may also be defined.

To compute the phase jitter, the phase noise data $L(f)$ have to be integrated in the considered frequency ranges and evaluated as follows.

Compute the spectral density of phase fluctuations $S_\phi(f)$ from the single-sideband phase noise plot $10 \log_{10} L(f)$:

$$S_\phi(f) = 2L(f)$$

Integrate $S_\phi(f)$ over the specified Fourier frequency range $f_{\min}$ to $f_{\max}$ to get the mean squared phase jitter in that bandwidth:

$$\langle \Delta\phi^2(f) \rangle = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_\phi(f) df$$

The mean square phase jitter can be approximated by stepwise integration over the specified Fourier frequency range $f_{\min}$ to $f_{\max}$ segmented by n , for example:

$$\langle \Delta\phi^2(f) \rangle \approx \sum S_\phi(f_i) \Delta f_i$$

where

$$\Delta f_i = f_{i+1} - f_i \quad (i = 1 \dots n - 1)$$

with

$$f_1 = f_{\min} \text{ and } f_n = f_{\max}$$

The square root $\Delta\phi(f)$ of the integral is the effective or RMS phase jitter in radians. It can be converted into degrees, fractions of unit interval (UI), or time (in seconds) by multiplication with the following factor k :

	Degree °	Unit interval UI	Time s
$k =$	$360/2\pi$	$1/(2\pi)$	$1/(2\pi f_c)$

For random jitter, the peak-to-peak value is assumed to be 7 times the value computed above (see 3.2.53 of IEC 60679-1:2017).

Accuracy:

A 1 dB error of the phase noise data $10 \log_{10} L(f)$ over the full Fourier frequency range causes a jitter inaccuracy of approximately 10 %.

4.2.4.2 Methods of communication analyser

Commercially available communication analyser may be used to measure jitter and wander of clock sources with the method described in ITU-T Recommendation O.172 (see Figure 2). The working principle is similar to the phase noise measurement technique using the quadrature method. Softwares supplied with the test sets deliver directly all characteristic values for jitter and wander in numeric and graphical presentation.

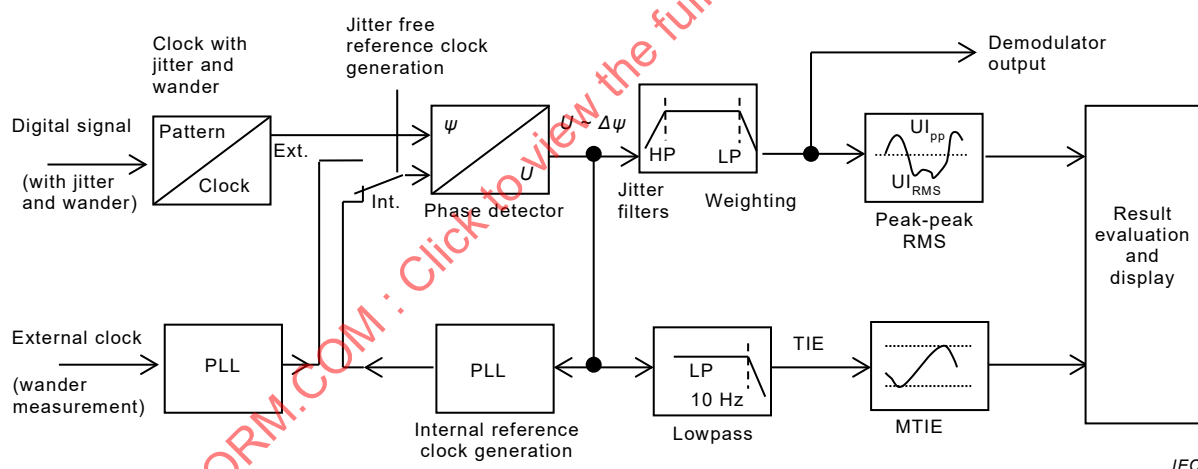


Figure 2 – Block diagram of a jitter and wander analyser according to ITU-T O.172

The advantage of these systems over the phase noise test is that a measurement of both RMS and peak-to-peak jitter is possible. The disadvantage is that these systems require an input signal (Oscillator frequency) according to the standard data bit rates for optical communication systems (SONET, SDH) – see Table 2.

Table 2 – Standard bit rates for various applications

SDH	SONET	Bit rate Mbit/s	Allowed oscillator frequencies
-	OC-1	51,84	25,92 MHz, 51,84 MHz
STM-1	OC-3	155,52	77,76 MHz, 155,52 MHz
STM-4	OC-12	622,08	311,04 MHz, 622,08 MHz
STM-16	OC-48	2488,32	1 244,16 MHz, 2 488,32 MHz
STM-64	OC-192	9953,28	4 976,64 MHz, 9 953,28 MHz

An Oscillator with other output frequencies cannot be tested, which limits the area of application.

NOTE Other applications can have different requirements.

4.2.4.3 Methods of the specially designed measurement equipment

4.2.4.3.1 General

The measurement equipment and system shall be the specially designed SONET/SDH measurement equipment using a time interval analyser.

4.2.4.3.2 Measurement items

The measurement items shall be the RMS jitter and the period (periodic) jitter.

4.2.4.3.3 Number of measurements

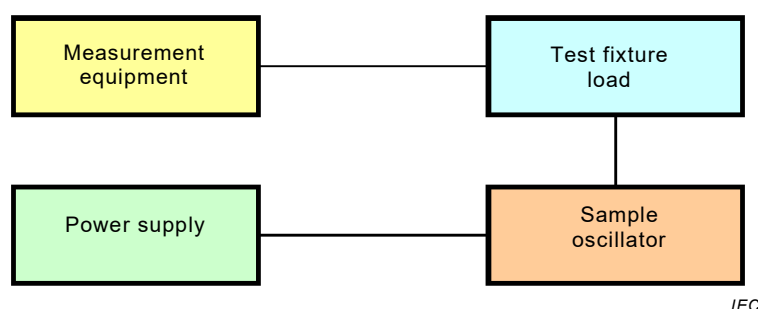
The measurement times shall be determined by contracts between customers and suppliers after discussion between them. The target measurement times shall be 20 000 times or more.

Attention is needed because this device may not meet the requirements of the Oscillator for the following reasons.

- The measurable range of the measurement equipment may not meet the frequency of the Oscillator to be measured.
- The output voltage of the Oscillator is lower as compared with this device. For this reason, an amplifier is required, and the necessity of evaluating the phase jitter of the amplifier arises.
- The realization of square waves, such as CMOS, LVDS, and LVPECL, is difficult because harmonics components decrease in the frequency bands exceeding 300 MHz. For this reason, the signal waveforms become sine waves, clipped-sine waves and the like. It is difficult to analyse them by the specially designed SONET/SDH measurement equipment, and thus a decrease in measurement accuracy is possible.

4.2.4.3.4 Block diagram of the measurement

A representative block diagram is shown in Figure 3. A practical block diagram is utilized as modified forms of Figure 1.



IEC

Figure 3 – Equivalent block diagram

4.3 Input and output impedances of the measurement system

The load impedance of the Oscillator widely ranges from 5 Ω to 100 M Ω . The parts to be applied are the types shown below. However, since numerous demands are made by customers, the values of this load impedance are infinite.

- a) capacitor only;
- b) resistor only;
- c) both capacitor and resistor;
- d) compliment output with bias.

Here, since the measurement system is unified into 50 Ω , the input-output impedances of measurement systems shall be 50 Ω . For this reason, the load impedance of the Oscillator shall also be 50 Ω .

The oscillation output voltage changes depend on the load impedance of the Oscillator. For this reason, the thermal noise of load circuits also changes.

As a result, since the amount of phase jitter changes, a recommendation is presented to suppliers and customers, when adopting any load impedance other than 50 Ω , to conduct a detailed study and examination and to determine the impedance by contract.

4.4 Measurement equipment

4.4.1 General

The specification required for the measurement equipment is described in 4.4.2 to 4.6 without any necessity of adhering to this document. The adoption of measurement equipment which satisfies sufficiently the requirements of the Oscillator is important.

4.4.2 Jitter floor

The jitter floor shall take values smaller by one digit as compared with the phase jitter demanded for the Oscillator.

4.4.3 Output wave form

The output waveforms shall be CMOS, LVDS, LVPECL, clipped-sine waves, sine waves, etc.

NOTE CMOS, LVDS, and LVPECL originally refer to the type of devices and not a waveform *per se*. However, they are also used as the terms showing the waveforms and are, therefore, described as the type of output waveforms in this document.

4.4.4 Output voltage

The output voltage shall be 350 mV or more.

4.5 Test fixture

The specification demanded for measurement implements is shown below.

- a) Connection between the Oscillator to be measured and measurement implements
The application of sockets, connectors, screws, clips, and the like may be allowed. In addition, the Oscillator to be measured and the measurement implements shall be ensured to be mechanically and electrically connectable.
- b) Compatibilization of oscillators to be measured and measurement implements
The Oscillator to be measured and the measurement implements shall be capable of being earthed.
- c) Although the load impedance may not be built in, a recommendation is presented to use measurement implements having the load impedance built therein in order to reduce influences on the phase jitter of the Oscillator to be measured from a thermal noise or the like from the load impedance.

4.6 Cable, tools and instruments, and so on

As for a cable, the double-shield type of a 50 Ω system shall be used. The cable shall be as short as possible. As connectors, the 50 Ω system shall be used. It is recommended that SMA or N-type connectors be used.

NOTE This measurement system is a 50 Ω system. This is the definition of the viewpoint of a measuring method. The actual load impedance of the Oscillator cannot say it as a 50 Ω system. When a measurement system is not a 50 Ω system, user and supplier permit mutually use of the measurement system which is not a 50 Ω system. User and supplier can define a new measurement system by a contract.

5 Measurement and the measurement environment

5.1 Set-up before taking measurements

Attention should be paid to the following matters.

- a) The entire measurement system and the Oscillator to be measured shall be installed in a measurement chamber at least 2 h previously.
- b) The measurement equipment shall be set to operate for 2 h or more.
- c) The frequency stability of clock signals in the measurement equipment shall be verified to be smaller than, or equivalent to, the frequency stability of the Oscillator to be measured.
- d) The power supply voltage of the Oscillator to be measured and the measurement equipment shall be verified to be set to the AC voltage and the DC voltage as requested.
- e) Restrictions shall be provided for the operation of surrounding electronic devices so as not to produce an electronic noise from the surrounding.

5.2 Points to be considered and noted at the time of measurement

No vibration of the measurement system shall be caused. No movement shall be caused. No shifting of the cable position shall be made.

5.3 Treatment after the measurement

It is preferable not to disassemble the measurement system after performing measurements. Periodical inspection and calibration of the measurement equipment should be ensured.

6 Measurement

6.1 Reference temperature

The reference temperature shall be $+25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.2 Measurement of temperature characteristics

Only the Oscillator to be measured shall be immobilized in the precisely variable temperature bath as appropriately selected, and the temperature characteristics shall be measured. No vibration shall be caused.

6.3 Measurement under vibration

Only the Oscillator to be measured shall be fixed to the shaker as appropriately selected and caused to vibrate. No vibration of the measurement equipment shall be caused.

6.4 Measurement at the time of impact

Only the Oscillator to be measured shall be fixed to the impact machine as appropriately selected to apply impact thereto. Moreover, no shock wave or no vibration accompanied with the impact shall be provided for the measurement equipment.

In addition, this testing is not realistic because the impact period of time is shorter than the measurement period of time. If this testing is performed, a recommendation is given to suppliers and customers to conduct a detailed study and examination and to determine the measurement by contract.

6.5 Measurement in accelerated ageing

Only the Oscillator to be measured shall be set to the temperature and time based on the specification in the temperature bath as appropriately selected, and then caused to immobilize, and thus the accelerated ageing shall be measured.

7 Other points to be noted

Consideration shall be taken so as to obtain the measurement results understandable to suppliers and customers by eliminating any possibility that an electronic noise can be involved in the measurement system from the supply source line through paying attention also to the phase jitter of the devices applied to the measurement system, or to be applied around the system.

8 Miscellaneous

With regard to the amount of phase jitter of the Oscillator, as well as modules that have a multiplication function or a division function based on these oscillators, customers and suppliers shall conduct a detailed study and examination, and determine this by contract.

Annex A (normative)

Calculation method for the amount of phase jitter

A.1 General

Annex A gives the method of calculating the amount of phase jitter from phase noise measurement results.

A.2 Explanation

When the amount of phase jitter is calculated from the phase noise measurement results, the RMS jitter can be obtained. The details are described below.

If a spectrum analyser or a phase noise measurement system is used, the phase jitter can be analysed as to the frequency components which can be used for the cause analysis of the phase jitter. According to the measurement of the phase jitter by the phase noise measurement system, the ultra-low amount of phase jitter, which cannot be measured by other jitter measurement methods, can be measured, and thus the phase noise measurement system is suitable for evaluating highly stable devices such as the Oscillator. With regard to the signals of the Oscillator, various types of signal waveforms such as sine waves and square waves are requested by customers. Among them, as for the sine wave signals, the application of the phase noise measurement system is theoretical and appropriate. However, as for the square wave signals, although error-increasing factors are involved, since any other method capable of firmly measuring the ultra-low amount of phase jitter has not yet been found, the phase noise measurement system shall be applied.

In general, when the measurement results of an SSB phase noise of the Oscillator are viewed, the offset frequency in the horizontal axis is described such as 10 Hz to 1 MHz, 1 Hz to 1 MHz, and 1 Hz to 10 MHz in many cases. In particular, for the offset frequency of 10 kHz or more as the floor level, the offset frequency is described as 1 MHz or 10 MHz. Such offset frequency is obtained because filters are provided in the measurement equipment.

On the other hand, as for the phase jitter, since such filters are not required, the measurement values can be obtained regardless of the offset frequency. Therefore, no complete coincidence can be maintained to be provided for the phase noise measurement values and the phase jitter measurement values. However, in the case of the Oscillator having the ultra-low amount of phase jitter, the phase noise measurement values and the phase jitter need to be correlated, and, therefore, the phase noise and the phase jitter are used for convenience.

A.3 Relations between phase noise and phase jitter

When phase modulations are demodulated by a phase detector (converting phase fluctuations into voltage fluctuations), the relationship between phase and voltage can be expressed by Formula (A.1), wherein K_{ϕ} is a constant, and the unit is K_{ϕ} (V/rad).

$$\Delta V_{\text{out}} = K_{\phi} \times \Delta \phi \quad (\text{A.1})$$

When the converted phase fluctuations are measured by a spectrum analyser, the relationship can be expressed by Formula (A.2):

$$\Delta V_{\text{rms}}(f) = K_{\phi} \times \Delta \phi_{\text{rms}}(f) [V] \quad (\text{A.2})$$

wherein, if $S_{v_{rms}}(f)$ is defined as the spectral density function of the voltage fluctuations (output fluctuations of the phase detector) as measured, the spectral density function of the phase fluctuations can be expressed by Formula (A.3):

$$\begin{aligned}
 S_{\phi}(f) &= \frac{(\Delta\phi_{rms}(f))^2}{B} \\
 &= \frac{(\Delta V_{rms}(f))^2}{K\phi^2 \times B} \\
 &= \frac{S_{V_{rms}}(f)}{K\phi^2} [rad^2 / Hz]
 \end{aligned}
 \tag{A.3}$$

where

B is the bandwidth of the spectrum analyser.

When the results are converted into the SSB phase noise as shown below, the SSB phase noise can be expressed by Formula (A.4):

$$L(f) = \frac{S_{\phi}(f)}{2} \tag{A.4}$$

where

$S_{\phi}(f)$ is a dB value relative to 1 radian, and also the power spectral density function of the phase fluctuations;

$L(f)$ is the single sideband (SSB) phase noise.

A total phase deviation in the designated band, namely, the phase jitter, can be expressed by Formulae (A.5) and (A.6):

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B S_{\phi}(f) \cdot df} [rad] \tag{A.5}$$

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B 2 \cdot L(f) \cdot df} [rad] \tag{A.6}$$

Therefore, the shaded parts (area of SSB phase noise) shown in Figure A.1 can be referred to as the phase jitter. This area accords with the square of the RMS jitter. Here, if the offset frequency range is different, the phase jitter calculation value becomes different. Since the fact is a shortcoming of this method, attention should be paid when calculating the phase jitter from the SSB phase noise.

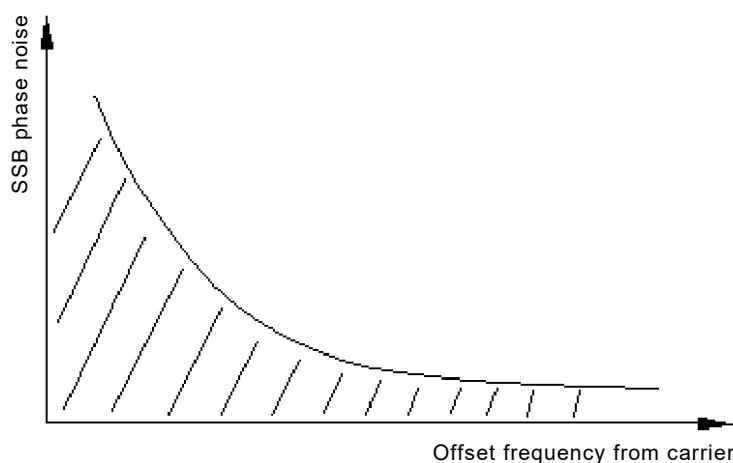


Figure A.1 – Concept diagram of SSB phase noise

A.4 Commentary on theoretical positioning of phase jitter

Frequency stability was compiled into a single work by IEEE in 1966 [3]. Then, the definition is applied to atomic oscillators, crystal oscillators, as well as electronic systems for telecommunication, information, audio-visual, and the like.

The conventional crystal oscillators and electronic systems have analogue systems with exception of a part, and the signal waveforms are sine waves. Therefore, the short-term frequency stability as one field of the frequency stability is measured as the phase noise or Allan variance. Recently, digitization of electronic systems is progressing. Under such circumstances, the short-term frequency stability has been measured as the phase jitter.

On the other hand, Oscillators are analogue-type electronic devices. For the Oscillator, the signals having square waves or waveforms similar thereto are demanded by users for facilitating to be assembled into the electronic systems. Naturally, for the short-term frequency stability, the measurement as the phase jitter is frequently demanded by users.

A.5 Description

A.5.1 General

The phase jitter of an Oscillator means an electronic noise of signal waveforms in terms of time. On the other hand, the phase jitter is described as a jitter in which the frequency of signal deflection exceeds 10 Hz and as a wander in which the frequency is 10 Hz or less.

It is difficult to observe the wander of an Oscillator. The wander is a phenomenon which is confirmed in electronic parts such as optical cables susceptible to expansion and contraction even by a small amount of temperature changes. Therefore, the wander is generally not discussed in the Oscillator. In this document also, the phase jitter is targeted only to the jitter.

As for signals, an ideal one cycle (t) is inversely proportional to a frequency (f). More specifically, the relation is expressed by Formula (A.7):

$$t = \frac{1}{f} \quad (\text{A.7})$$

Actually, the cycle is varied by receiving various influences. This phenomenon is the phase jitter and can be confirmed by thickening of edges of waveforms when using oscilloscopes or the like. As the method of measuring and evaluating such phase jitter, statistical measurement techniques are utilized. This phenomenon is shown in Figure A.2 a). The numerical values in Figure A.2 a) are treated as a symbol. The position of 0,5 of signal waveforms is defined as a reference point in the vertical axis, and the edges of the reference point are defined to be not varied. When attention is paid to the edges after one cycle, every time when the signals repeatedly move on the screen of CRT in the lateral direction, the edges after one cycle are not reproduced. Then, plurality edges have become to exist. This phenomenon is induced when repeatedly measuring the signals, and referred to as the phase jitter.

This phase jitter is treated as a normal distribution – see Figure A.2 b). Then, when analysed, the phase jitter can be divided into several types of properties. More specifically, the phase jitter is classified in several types. In this document, the phase jitter is classified in the seven types as described below. In A.5.2 to A.5.8, these properties and the cause systems are made clear.

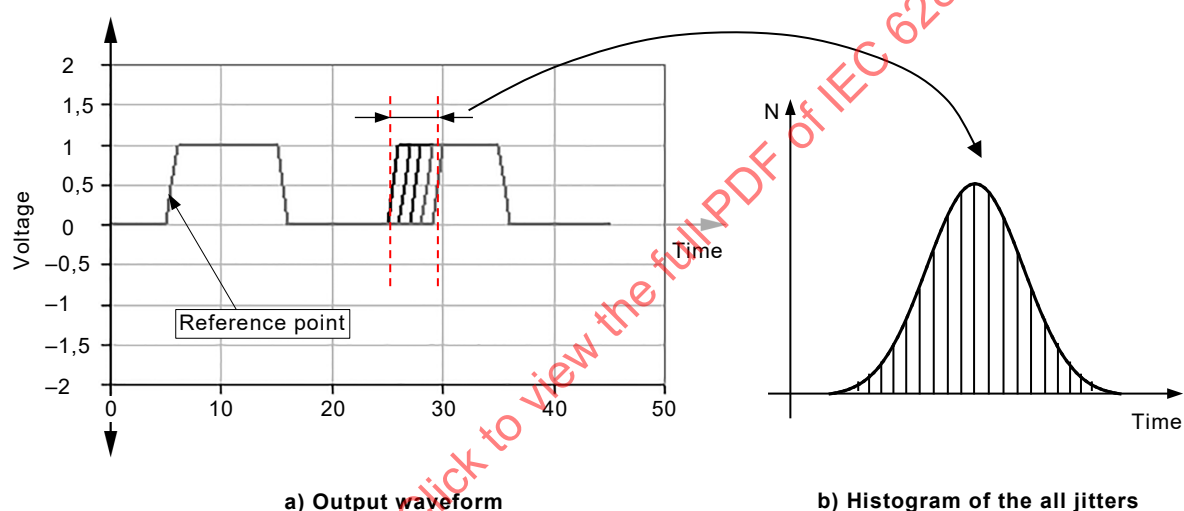


Figure A.2 – Voltage versus time

A.5.2 RMS jitter

The RMS jitter is the phase jitter which comes to have the normal distribution shown in Figure A.3. The RMS jitter is a standard deviation obtained on the basis of statistical treatments and defined as a 1σ portion.

According to statistics, any measurement data is meant to exist in 1σ at a probability of 68,26 %. Therefore, when the measurement times are 10 000, approximately 6 826 pieces of the measurement data are considered to be contained. On the contrary, 31,74 % (3 174 pieces) of the measurement data are indicated to be outside the plus and minus sides of 1σ . If the data outside the definition is considered to be errors, 31,74 % can be considered to be the error rate.

A.5.3 Peak-to-peak jitter

The peak-to-peak jitter is the phase jitter which comes to have the normal distribution shown in Figure A.3. The amount of phase jitter of one cycle is totalized and statistically treated on the base point of the reference point of phase jitter shown in Figure A.2. In this case, the amount of phase jitter is assumed to provide the normal distribution.

The difference between the maximum value and the minimum value (namely, change width) is referred to as the peak-to-peak jitter. Since the jitter values become larger as the measurement times are increased, the jitter also becomes the total jitter as described later. This term comes on when negotiating specifications between customers and Oscillator makers.

Since the peak-to-peak jitter or the RMS jitter indicates the amount of phase jitter in the measurement times thereof, the jitter indicates operating conditions of measurement samples in a short period of time. Moreover, the jitter has values effective only to an ideal normal distribution (Gaussian distributions), and the effectiveness can be maintained to be low when considered for the cases of non-Gaussian distributions having distorted distributions such as binomial distributions and chi-square distributions. Accordingly, when applying the peak-to-peak jitter or the RMS jitter, the measurement times are required to be clearly defined by contracts between customers and supplier sides.

A.5.4 Random jitter

The random jitter is shown in Figure A.4. The random jitter represents unpredictable phase jitter components.

The random jitter naturally and inductively occurs as influenced by the characteristics, thermal noise, and the like originally involved in the measurement equipment *per se* or Oscillator. Furthermore, the random jitter has characteristics that the distribution width of measurement values becomes larger (namely, boundless characteristics) as the observation period of time becomes longer. Therefore, the distribution chart can be considered as an ideal normal distribution. Moreover, the random jitter is determined as a standard deviation based on the distribution chart obtained by the measurement of phase jitter. Accordingly, in the case of an Oscillator, the random jitter may become the amount of jitter equivalent to the RMS jitter. Moreover, since the random jitter becomes the amount of jitter of the measurement equipment per second, the random jitter is one of the measures for judging applicability to measuring the phase jitter of an Oscillator.

A.5.5 Deterministic jitter

The deterministic jitter occurs by various factors of regularity (circuit designs, electromagnetic induction, or induced from external environment), and has characteristics inasmuch as the change width of distribution has a boundary and thus can be expressed by the parts sandwiched between right and left random jitters. On the other hand, the components forming the deterministic jitter include the period jitter or periodic jitter and the data-dependent jitter.

A.5.6 Period (periodic) jitter

The period jitter or periodic jitter shows variations of timings of multiple cycles consecutively provided such as two cycles and three cycles. The period jitter or periodic jitter can be determined by grasping the relationship with the RMS jitter between the multiple cycles and each cycle and thus grasping whether or not periodic irregularities appear. As for the periodic components of this jitter, such components are considered as an electronic noise caused by the power supply and cross-talk from electronic parts around the Oscillator to be measured, and further from cores in the vicinity in the case of IC.

If the fast Fourier transform (FFT) can be executed, the frequency as the cause clearly appears as a spectrum. Although this jitter is naturally required to be considered for the Oscillator, it is difficult to detect the jitter by using measurement equipment in general.

A.5.7 Data-dependent jitter

The data-dependent jitter is considered to be jitter components due to duty cycle distortion and inter symbol interference, and is negligible for the Oscillator.

A.5.8 Total jitter

The total jitter is defined as the jitter obtained by totalizing all of the jitters.

A.6 Points to be considered for measurement

A.6.1 Measurement equipment

For the Oscillator, requests of infinite variety are provided by customers. The output waveforms are not limited to square waves. The demands for output voltage as small as not applicable to the measurement equipment can also be provided.

Since the Oscillator have an ultra-low noise, such a case can be experienced that the amount of jitter of the measurement equipment per se is detected. Therefore, for the amount of jitter of the measurement equipment per se, the measurement equipment shall have the jitter floor smaller by one digit as compared with the amount of jitter of assumed Oscillator. Moreover, the frequency range and the output waveforms are requested to be applicable not only to square waves but also to sine waves.

Since measurement equipments in general are provided with the specification of a degree applicable to digital electronic systems, a sufficient study is required for adopting the measurement equipment for oscillator purpose.

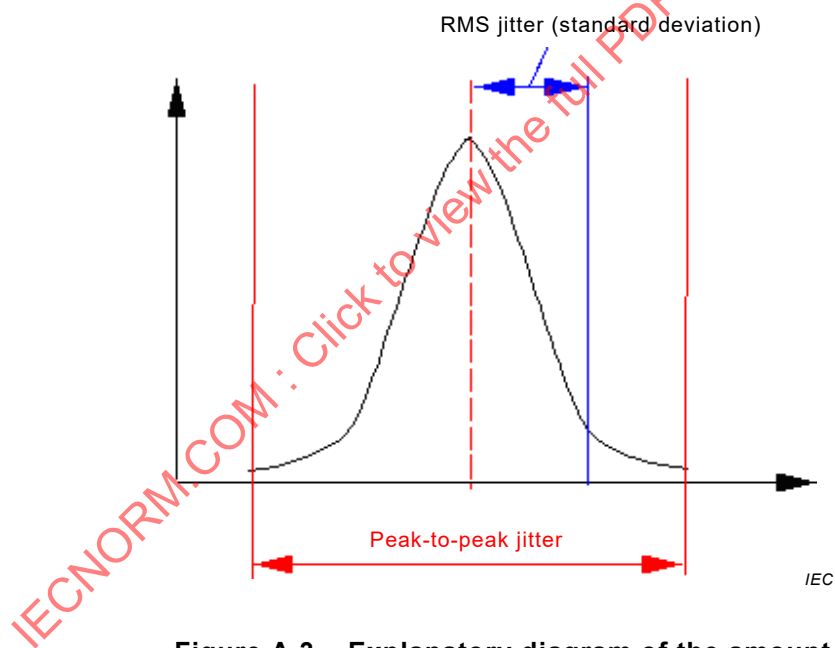


Figure A.3 – Explanatory diagram of the amount of jitter applied to RMS jitter

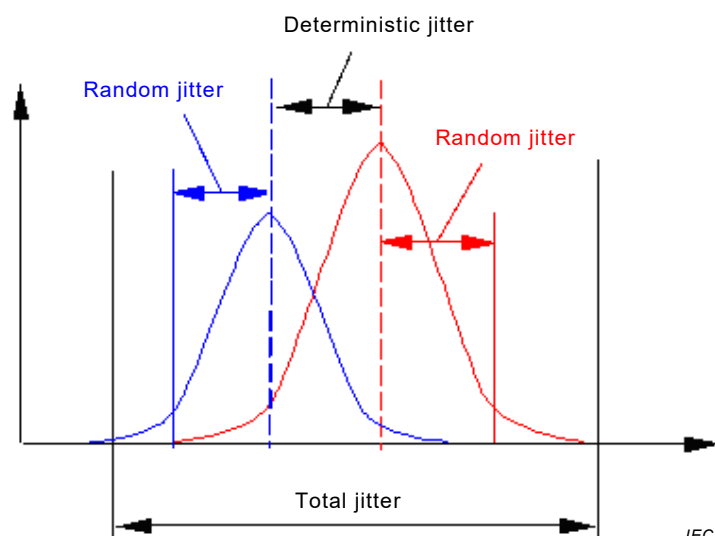


Figure A.4 – Explanatory diagrams of random jitter, deterministic jitter, and total jitter

The following points shall be considered for each measurement system.

- a) In the case of digital oscilloscopes, no appropriate measurement equipment for such oscillator purpose is found.
- b) When applying digital oscilloscopes to the phase jitter measurement, a recommendation is presented to select the measurement equipment and the measurement system capable of being sufficiently verified and confirmed, and to be determined by contract between suppliers and customers.
- c) In the case of specially designed measurement equipment to which a time interval analyser is applied, in a part of measurement equipment, the type having such shortcomings exists that the random jitter of jitter floor is equivalent to, or larger than, compared with an Oscillator, that the application of sine waves is difficult, that the low frequency cannot be applied to the range of such Oscillator, and that the output voltage is low and an amplifier is required. Therefore, sufficient consideration is required for selecting the type of specially designed measurement equipments.
- d) The phase jitter can be calculated from phase noise measurement values by using the phase noise measurement equipment or the measurement system. In this case, the detuned frequency shall be determined by contract between suppliers and customers. When the detuned frequency becomes outside the range of the phase noise measurement equipment or the measurement system, in particular, when the upper limit of the detuned frequency becomes a floor level, consideration shall be taken not to produce a misunderstanding between customers and suppliers by defining that the voltage of floor level is flat according to contract between them.

Within the range investigated during the first stage, no devices satisfying the requirements are found among sampling oscilloscopes and specially designed measurement equipments. However, since information is obtained that a part of specially designed measurement equipment satisfying the requirements has been put on the market, the specially designed measurement equipment is taken in the standard.

A.6.2 Factors of measurement errors

With regard to the Oscillator, the factors of phase jitter measurement errors are shown as follows.

- a) Power supply

The power supply is required for driving the Oscillator. If unstable power supply is used, the unstable power supply is observed as converted into the jitter, and therefore the use of

power supply having a sufficiently low noise is desirable. Since losses are produced for the wiring cable between power supply terminals and Oscillator or amplifiers, and contact resistance is produced, the amount of phase jitter can be increased from this part.

b) Test fixer and load

The load is formed of resistors and fixed capacitors. Since the resistors exist, generation of electronic noise cannot be avoided. The possibility of playing a role of collecting the electronic noise as an antenna can be exemplified.

c) Amplifier (when using an amplifier at the time of measurement)

The amplifier is formed of electronic parts including active elements and resistors. Therefore, generation of electronic noise cannot be avoided.

d) Cable

The cable includes losses therein and therefore is an electronic noise generation source. Since the reflectance changes as the impedance changes through the change of length caused by temperature characteristics, the change may be misread as the wander. An electronic noise due to contact change of connectors can be provided. The possibility of playing a role of collecting the electronic noise as an antenna can be exemplified.

e) Input-output impedances of measurement system

The load impedance of the Oscillator widely ranges from $5\ \Omega$ to $100\ \text{M}\Omega$. The parts used for the load impedance include the following three types.

- 1) only capacitor;
- 2) only resistance element;
- 3) combined use of capacitor and resistance element.

In the case of 1) only capacitor phase jitter measurement values can be neglected. In the case of 2) only resistance element, and in 3) combined use of capacitor and resistance element, attention is needed because the phase jitter measurement values cannot be neglected by the thermal noise from the resistance element.

f) Measurement of phase jitter for frequencies exceeding 1 GHz

In general, the waveforms of signals (including demodulated signals) exceeding 1 GHz are modified sine waves. Therefore, attention is needed because the amount of phase jitter, which suppliers and customers intended, may be difficult to obtain by sampling oscilloscopes or specially designed measurement equipments.

Bibliography

- [1] ITU-T Recommendation O.172, *Jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*
- [2] Eva S. Ferre-Pikal, *PM and AM Noise Measurement Techniques – Part I*, IEEE I.F.C.S. Tutorials, 2003
- [3] *Special Issue on Frequency Stability*, Proc. IEEE, 54, No.2, 1966-2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	31
4 Procédures d'essai et de mesure	32
4.1 Généralités	32
4.2 Méthodes d'essai de la gigue de phase	32
4.2.1 Généralités	32
4.2.2 Mesurage dans le domaine temporel	32
4.2.3 Mesurage dans le domaine des données	33
4.2.4 Mesurage dans le domaine fréquentiel	33
4.3 Impédances d'entrée et de sortie du système de mesure	37
4.4 Matériel de mesure	37
4.4.1 Généralités	37
4.4.2 Valeur plancher de la gigue	37
4.4.3 Forme d'onde de sortie	37
4.4.4 Tension de sortie	38
4.5 Montage d'essais	38
4.6 Câble, outils et instruments, etc.	38
5 Mesurage et environnement de mesure	38
5.1 Installation préalable aux mesurages	38
5.2 Éléments à prendre en considération et à observer au moment de la prise de mesure	38
5.3 Traitement après le mesurage.....	39
6 Mesurage	39
6.1 Température de référence.....	39
6.2 Mesurage des caractéristiques de température	39
6.3 Mesurage en présence de vibrations.....	39
6.4 Mesurage au moment du choc	39
6.5 Mesurage en condition de vieillissement accéléré	39
7 Autres éléments à observer	39
8 Divers.....	39
Annexe A (normative) Méthode de calcul de la quantité de gigue de phase	40
A.1 Généralités	40
A.2 Explication	40
A.3 Relations entre le bruit de phase et la gigue de phase	40
A.4 Commentaire relatif au positionnement théorique de la gigue de phase	42
A.5 Description	42
A.5.1 Généralités	42
A.5.2 Gigue en valeur efficace	43
A.5.3 Gigue crête à crête	43
A.5.4 Gigue aléatoire	44
A.5.5 Gigue déterministe	44
A.5.6 Gigue temporelle (périodique).....	44
A.5.7 Gigue dépendante des données	45

A.5.8	Gigue totale	45
A.6	Éléments à prendre en considération lors du mesurage	45
A.6.1	Matériel de mesure	45
A.6.2	Facteurs d'erreurs de mesure	46
Bibliographie.....		48
Figure 1	– Mesurage de la gigue de phase avec un oscilloscope d'échantillonnage	33
Figure 2	– Schéma de principe d'un analyseur de gigue et de dérapage selon l'UIT-T O.172	35
Figure 3	– Schéma de principe équivalent.....	37
Figure A.1	– Schéma de principe du bruit de phase à BLU.....	42
Figure A.2	– Tension par rapport au temps	43
Figure A.3	– Schéma explicatif de la quantité de gigue appliquée à la gigue en valeur efficace.....	45
Figure A.4	– Schémas explicatifs de la gigue aléatoire, de la gigue déterministe et de la gigue totale	46
Tableau 1	– Plage de fréquences de Fourier pour l'essai de bruit de phase	34
Tableau 2	– Débits binaires normalisés pour différentes applications.....	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES DE MESURE DES OSCILLATEURS PIÉZOÉLECTRIQUES, DIÉLECTRIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES –

Partie 2: Méthode de mesure de la gigue de phase

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62884-2 a été établie par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

La présente version bilingue (2019-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-08.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 49/1212/CDV et 49/1243/RVC.

Le rapport de vote 49/1243/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62884, publiée sous le titre général *Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatique*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous « <http://webstore.iec.ch> » dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

INTRODUCTION

L'oscillateur à quartz étant une source d'oscillation de fréquence très efficace et très précise, il est largement utilisé dans les domaines tels que le matériel électronique, le matériel de communication, le matériel de mesure et les horloges. De même, récemment, la numérisation de ces matériels a connu une progression rapide. Dans cette situation, la fréquence de l'oscillateur à quartz exige une grande précision, une grande stabilité et une réduction du bruit avec le phénomène d'oscillation. Une gigue de phase est l'une des caractéristiques de bruit dans la caractéristique d'oscillation et un mesurage précis est nécessaire lors de la livraison d'un composant à un client.

Pour une application avancée dans la technologie d'information et de communication électronique (communications avancées par satellite, circuits de commande des véhicules électriques (VE)), il devient nécessaire, pour la méthode de mesure, d'utiliser des lignes directrices communes pour la gigue de phase. Aujourd'hui, la méthode de mesure de la gigue de phase devient également plus importante du point de vue de l'influence électromagnétique (EMI - *electromagnetic influence*).

Le présent document a été restructuré à partir de l'IEC 60679-1:2007 (troisième édition) et de l'IEC 60679-6:2011 (première édition). Les méthodes d'essai des oscillateurs ont été déplacées de l'IEC 60679-6:2011 dans l'IEC 62884 (toutes les parties). Le présent document couvre le mesurage de la gigue de phase.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-2:2017

TECHNIQUES DE MESURE DES OSCILLATEURS PIÉZOÉLECTRIQUES, DIÉLECTRIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES –

Partie 2: Méthode de mesure de la gigue de phase

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62884 spécifie les méthodes de mesure et d'évaluation du mesurage de la gigue de phase des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques, y compris les oscillateurs à résonateur diélectrique (DRO – *dielectric resonator oscillators*) et les oscillateurs utilisant un résonateur à ondes acoustiques de volume à couches fines (FBAR – *film bulk acoustic resonator*) (appelés ici « oscillateur ») et donne des recommandations relatives à la gigue de phase permettant de mesurer avec exactitude la gigue efficace.

Dans la méthode de mesure, un matériel ou système de mesure du bruit de phase est utilisé.

NOTE Les oscillateurs à résonateur diélectrique (DRO - *dielectric resonator oscillator*) et les oscillateurs utilisant un FBAR sont à l'étude.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60050-561, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Partie 561: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence*

IEC 60679-1:2017, *Oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques sous assurance de la qualité – Partie 1: spécification générique*

IEC 60469, *Transitions, impulsions et formes d'ondes associées – Termes, définitions et algorithmes*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas (disponible à l'adresse <http://std.iec.ch/iec60617>)*

IEC 62884-1:2017, *Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques – Partie 1: Méthodes fondamentales pour le mesurage*

ISO 80000-1, *Grandeurs et unités – Partie 1: Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60027 (toutes les parties), de l'IEC 60050-561, de l'IEC 60469, de l'IEC 60617, de l'IEC 60679-1 et de l'ISO 80000-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Procédures d'essai et de mesure

4.1 Généralités

Les procédures d'essai et de mesure sont données à l'Article 4 de l'IEC 62884-1:2017 et doivent être appliquées comme cela est indiqué du 4.2 à l'Article 8.

4.2 Méthodes d'essai de la gigue de phase

4.2.1 Généralités

En tant que méthode de mesure, le matériel (système) de mesure du bruit de phase ou le matériel de mesure de la gigue de phase spécialement conçu doit être utilisé.

Trois méthodes de base sont décrites:

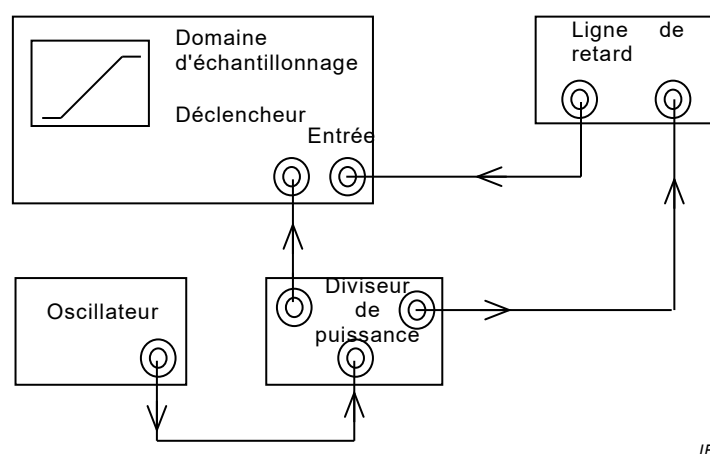
- a) mesurage dans le domaine temporel à l'aide d'un oscilloscope numérique en temps réel ou d'échantillonnage;
- b) mesurage dans le domaine des données (ensemble d'essais TEB);
- c) mesurage dans le domaine fréquentiel à l'aide
 - 1) d'un ensemble d'essais de bruit de phase, ou
 - 2) d'un ensemble d'essais de gigue ou de dérapage.

La méthode c) 1) utilisant un ensemble d'essais de bruit de phase est la méthode recommandée, car elle offre une exactitude suffisante pour des fréquences de sortie aléatoires de l'oscillateur.

- Lors du mesurage de la gigue de phase et du dérapage des circuits de l'oscillateur, il convient de veiller à la reproductibilité relative de la mesure.
- Il convient qu'un utilisateur et un fabricant approfondissent leur compréhension par des discussions sur la reproductibilité relative de mesure.
- Il convient de préciser le matériel de mesure (y compris le programme logiciel) dans le cadre d'un contrat entre un fabricant et un utilisateur.
- Lorsque la gigue de phase et le dérapage sont calculés à partir du bruit de phase, il convient de clairement établir la plage d'écarts de fréquences dans le cadre d'un contrat entre un utilisateur et un fabricant.

4.2.2 Mesurage dans le domaine temporel

Les oscilloscopes numériques en temps réel ou d'échantillonnage à grande largeur de bande, à vitesses d'échantillonnage rapides et à mémoires de données volumineuses sont disponibles dans le commerce (voir la Figure 1), parfois avec un logiciel spécial d'évaluation de la gigue.



IEC

Figure 1 – Mesurage de la gigue de phase avec un oscilloscope d'échantillonnage

La variation de temps des bords du signal d'horloge par rapport au bord du déclencheur s'affiche et est stockée sur un grand nombre de cycles (en général des milliers). Le logiciel de l'instrument permet de déterminer la valeur de gigue crête à crête et de procéder à une évaluation statistique de sa distribution. La méthode de l'oscilloscope d'échantillonnage ne permet pas une évaluation exacte de la répartition spectrale de la gigue. De même, une gigue supérieure à un intervalle unitaire (UI - *unit interval*) ne peut pas être distinguée.

La valeur de gigue mesurée est moins favorable que la gigue du dispositif en essai, en raison de la gigue interne de l'horloge de l'instrument.

$$J_{\text{DUT}} = \sqrt{(J_{\text{meas}})^2 - (J_{\text{int}})^2}$$

où

J_{DUT} est la gigue mesurée;

J_{meas} est la gigue du dispositif en essai;

J_{int} est la gigue interne de l'horloge de mesure.

Un oscillateur haute stabilité/faible bruit présente une gigue bien inférieure à la gigue d'horloge et à la stabilité de déclencheur de l'instrument. Par conséquent, cette technologie n'est actuellement pas adaptée à un mesurage exact de la gigue de ce type d'oscillateurs.

4.2.3 Mesurage dans le domaine des données

Les ensembles d'essais de taux d'erreur binaire (TEB) permettent de mesurer le taux d'erreur binaire afin de caractériser les performances globales du système d'un sous-système de communication. Il est difficile de déduire la contribution de la gigue de l'oscillateur au TEB du système. De même, cette méthode ne donne pas de valeurs de performance quantitatives de la gigue pour l'oscillateur.

4.2.4 Mesurage dans le domaine fréquentiel

4.2.4.1 Méthodes de l'ensemble d'essais de bruit de phase

La gigue de phase peut être soumise à l'essai dans le domaine fréquentiel à l'aide d'une méthode d'essai de bruit de phase éprouvée, avec une boucle à verrouillage de phase telle que décrite en 4.5.25 de l'IEC 62884-1:2017.

La plage de fréquences désaccordées doit être déterminée, après discussion, dans le cadre de contrats entre les clients et les fournisseurs. La formule de calcul de la gigue en valeur

efficace à partir du bruit de phase repose sur la méthode de calcul de la quantité de gigue de phase indiquée à l'Annexe A.

Pour des applications SDH/SONET données, la plage de fréquences de Fourier ($f_{\min} \dots f_{\max}$) peut être choisie selon 3.2.53 de l'IEC 60679-1:2017. Si elle n'est pas indiquée dans la fiche technique correspondante, la plage recommandée de fréquences de Fourier est telle que donnée par f_3 à f_4 dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Plage de fréquences de Fourier pour l'essai de bruit de phase

Fréquence de sortie de l'oscillateur	$f_0 = f_{\min}$	f_3	$f_4 = f_{\max}$
1 MHz à < 10 MHz	10 Hz	10 kHz	100 kHz
10 MHz à < 50 MHz	20 Hz	20 kHz	500 kHz
50 MHz à < 200 MHz	100 Hz	50 kHz	1,5 MHz
200 MHz à < 1 000 MHz	1,0 kHz	200 kHz	5,0 MHz
1 000 MHz à < 5 000 MHz	5,0 kHz	500 kHz	15 MHz
$\geq 5\,000$ MHz	20 kHz	2 MHz	80 MHz

À partir du Tableau 1, il peut être constaté que l'exigence la plus stricte s'applique sur la plage comprise entre f_3 et f_4 .

La performance de gigue sur une bande de fréquences autre que f_3 à f_4 peut également être définie.

Pour calculer la gigue de phase, les données de bruit de phase $L(f)$ doivent être intégrées dans les plages de fréquences à l'étude, puis évaluées comme suit.

Calculer la densité spectrale des fluctuations de phase $S_\varphi(f)$ à partir du tracé de bruit de phase à bande latérale unique $10 \log_{10} L(f)$:

$$S_\varphi(f) = 2L(f)$$

Intégrer $S_\varphi(f)$ sur la plage de fréquences de Fourier spécifiée $f_{\min}$ à $f_{\max}$ pour obtenir la gigue de phase au carré moyenne dans cette largeur de bande:

$$\langle \Delta\varphi^2(f) \rangle = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_\varphi(f) df$$

La gigue de phase au carré moyenne peut être approchée par une intégration pas à pas sur la plage de fréquences de Fourier spécifiée comprise entre $f_{\min}$ et $f_{\max}$ et segmentée par n , par exemple:

$$\langle \Delta\varphi^2(f) \rangle \approx \sum S_\varphi(f_i) \Delta f_i$$

où

$$\Delta f_i = f_{i+1} - f_i \quad (i = 1 \dots n - 1)$$

avec

$$f_l = f_{\min} \text{ et } f_h = f_{\max}$$

La racine carrée $\Delta\phi(f)$ de l'intégrale est la gigue de phase effective ou efficace, en radians. Elle peut être convertie en degrés, en fractions d'intervalle unitaire (UI) ou en temps (secondes) par une multiplication par le facteur k suivant:

	Degré °	Intervalle unitaire UI	Temps s
$k =$	$360/2\pi$	$1/(2\pi)$	$1/(2\pi f_c)$

Pour la gigue aléatoire, la valeur crête à crête est par hypothèse égale à 7 fois la valeur calculée ci-dessus (voir 3.2.53 de l'IEC 60679-1:2017).

Exactitude:

Une erreur de 1 dB des données de bruit de phase $10 \log_{10} L(f)$ sur toute la plage de fréquences de Fourier provoque une inexactitude de gigue d'environ 10 %.

4.2.4.2 Méthodes de l'analyseur de communication

Un analyseur de communication disponible dans le commerce peut être utilisé pour mesurer la gigue et le dérapage des sources du signal d'horloge avec la méthode décrite dans la Recommandation UIT-T O.172 (voir la Figure 2). Le principe de travail s'apparente à la technique de mesure du bruit de phase à l'aide de la méthode de quadrature. Les logiciels fournis avec les ensembles d'essais délivrent directement toutes les valeurs caractéristiques de la gigue et du dérapage sous forme numérique et graphique.

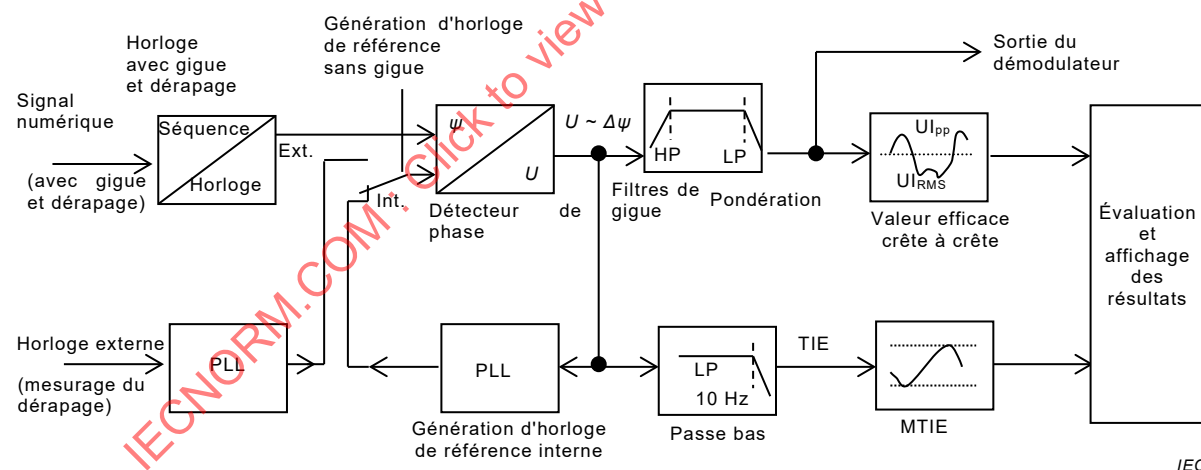


Figure 2 – Schéma de principe d'un analyseur de gigue et de dérapage selon l'UIT-T O.172

Dans le cadre de l'essai de bruit de phase, ces systèmes présentent l'avantage de mesurer tant la gigue en valeur efficace que la gigue crête à crête. Ils présentent néanmoins l'inconvénient d'exiger un signal d'entrée (fréquence de l'oscillateur) selon les débits binaires de données normalisés pour les systèmes de communication optiques (SONET, SDH) – voir le Tableau 2.

Tableau 2 – Débits binaires normalisés pour différentes applications

SDH	SONET	Débit binaire Mbit/s	Fréquences admises de l'oscillateur
-	OC-1	51,84	25,92 MHz, 51,84 MHz
STM-1	OC-3	155,52	77,76 MHz, 155,52 MHz
STM-4	OC-12	622,08	311,04 MHz, 622,08 MHz
STM-16	OC-48	2488,32	1 244,16 MHz, 2 488,32 MHz
STM-64	OC-192	9953,28	4 976,64 MHz, 9 953,28 MHz

Un oscillateur avec d'autres fréquences de sortie ne peut pas être soumis à l'essai, ce qui limite le domaine d'application.

NOTE D'autres applications peuvent avoir des exigences différentes.

4.2.4.3 Méthodes du matériel de mesure spécialement conçu

4.2.4.3.1 Généralités

Le matériel et le système de mesure doivent être un matériel de mesure SONET/SDH spécialement conçu utilisant un analyseur d'intervalle de temps.

4.2.4.3.2 Éléments de mesure

Les éléments de mesure doivent être la gigue en valeur efficace et la gigue temporelle (périodique).

4.2.4.3.3 Nombres de mesurages

Les temps de mesure doivent être déterminés, après discussions, dans le cadre de contrats entre les clients et les fournisseurs. Les temps de mesure cible doivent être d'au moins 20 000 fois.

Il est nécessaire de faire attention, car ce dispositif peut ne pas satisfaire aux exigences de l'oscillateur pour les raisons suivantes.

- La plage mesurable du matériel de mesure peut ne pas correspondre à la fréquence de l'oscillateur à mesurer.
- La tension de sortie de l'oscillateur est inférieure à celle de ce dispositif. C'est la raison pour laquelle un amplificateur est exigé et pour laquelle il est nécessaire d'évaluer sa gigue de phase.
- La réalisation d'ondes carrées (CMOS, LVDS et LVPECL, par exemple) est difficile, car les composantes harmoniques diminuent dans les bandes de fréquences supérieures à 300 MHz. C'est la raison pour laquelle les formes d'onde du signal deviennent des ondes sinusoïdales, des ondes sinusoïdales tronquées et des éléments analogues. Comme il est difficile de les analyser à l'aide du matériel de mesure SONET/SDH spécialement conçu, l'exactitude de mesure peut diminuer.

4.2.4.3.4 Schéma de principe du mesurage

Un schéma de principe représentatif est représenté à la Figure 3. Un schéma de principe pratique est utilisé comme forme modifiée de la Figure 1.

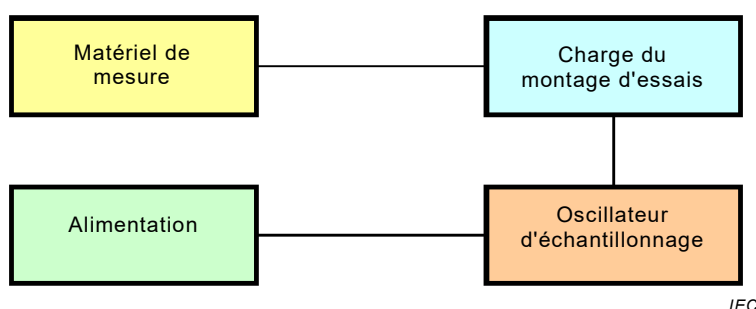


Figure 3 – Schéma de principe équivalent

4.3 Impédances d'entrée et de sortie du système de mesure

La plage d'impédances de charge de l'oscillateur s'étend de $5\ \Omega$ à $100\ M\Omega$. Les parties à appliquer sont les types présentés ci-dessous. Toutefois, compte tenu des nombreuses demandes formulées par les clients, les valeurs de cette impédance de charge sont infinies.

- a) condensateur uniquement;
- b) résistance uniquement;
- c) condensateur et résistance;
- d) sortie avec polarisation complémentaire.

Ici, étant donné que le système de mesure est unifié en $50\ \Omega$, les impédances d'entrée/sortie des systèmes de mesure doivent être de $50\ \Omega$. C'est la raison pour laquelle l'impédance de charge de l'oscillateur doit être également de $50\ \Omega$.

La tension de sortie d'oscillation varie en fonction de l'impédance de charge de l'oscillateur. C'est la raison pour laquelle le bruit thermique des circuits de charge varie également.

Par conséquent, étant donné que la quantité de gigue de phase varie, il est recommandé aux fournisseurs et aux clients, lors de l'adoption d'une impédance de charge différente de $50\ \Omega$, de procéder à une étude et un examen détaillés et de déterminer l'impédance dans le cadre d'un contrat.

4.4 Matériel de mesure

4.4.1 Généralités

La spécification exigée pour le matériel de mesure est décrite de 4.4.2 à 4.6 sans nécessairement adhérer au présent document. Il est important de choisir un matériel de mesure qui satisfait suffisamment aux exigences de l'oscillateur.

4.4.2 Valeur plancher de la gigue

La valeur plancher de la gigue doit être inférieure d'un chiffre à la gigue de phase demandée pour l'oscillateur.

4.4.3 Forme d'onde de sortie

Les formes d'onde de sortie doivent être CMOS, LVDS, LVPECL, des ondes sinusoïdales tronquées, des ondes sinusoïdales, etc.

NOTE À l'origine, CMOS, LVDS et LVPECL faisaient référence au type de dispositifs et pas à une forme d'onde *en soi*. Toutefois, ils sont également utilisés comme termes indiquant les formes d'onde et sont donc décrits comme des types de formes d'onde de sortie dans le présent document.

4.4.4 Tension de sortie

La tension de sortie doit être d'au moins 350 mV.

4.5 Montage d'essais

La spécification demandée pour mettre en œuvre le mesurage est présentée ci-dessous.

a) Connexion entre l'oscillateur à mesurer et les mises en œuvre de mesure

L'utilisation de socles, de connecteurs, de vis, de broches et d'éléments analogues peut être admise. De plus, l'oscillateur à mesurer et les mises en œuvre de mesure doivent pouvoir être connectés mécaniquement et électriquement.

b) Comptabilisation des oscillateurs à mesurer et mises en œuvre de mesure

L'oscillateur à mesurer et les mises en œuvre de mesure doivent pouvoir être mis à la terre.

c) Bien que l'impédance de charge puisse ne pas être intégrée, il est recommandé d'utiliser des mises en œuvre de mesure à impédance de charge intégrée, afin de réduire les influences sur la gigue de phase de l'oscillateur à mesurer à partir d'un bruit thermique ou de l'impédance de charge.

4.6 Câble, outils et instruments, etc.

Dans le cas d'un câble, le type à double blindage d'un système de 50 Ω doit être utilisé. Le câble doit être aussi court que possible. Dans le cas de connecteurs, le système de 50 Ω doit être utilisé. Il est recommandé d'utiliser des connecteurs de type SMA ou N.

NOTE Ce système de mesure est un système de 50 Ω . Il s'agit de la définition du point de vue d'une méthode de mesure. L'impédance de charge réelle de l'oscillateur ne peut pas dire s'il s'agit d'un système de 50 Ω . S'il ne s'agit pas d'un système de 50 Ω , l'utilisateur et le fournisseur permettent une utilisation mutuelle du système de mesure qui n'est pas un système de 50 Ω . L'utilisateur et le fournisseur peuvent définir un nouveau système de mesure dans le cadre d'un contrat.

5 Mesurage et environnement de mesure

5.1 Installation préalable aux mesurages

Il convient de veiller aux éléments suivants.

- a) L'ensemble du système de mesure et l'oscillateur à mesurer doivent être installés dans une chambre de mesure au moins 2 h avant.
- b) Le matériel de mesure doit être réglé pour fonctionner pendant au moins 2 h.
- c) Il doit être vérifié que la stabilité de fréquence des signaux d'horloge du matériel de mesure est inférieure ou égale à celle de l'oscillateur à mesurer.
- d) Il doit être vérifié que la tension d'alimentation de l'oscillateur à mesurer et du matériel de mesure est réglée à la tension alternative et à la tension continue, comme cela est demandé.
- e) Des restrictions doivent être fournies pour le fonctionnement des dispositifs électroniques environnants, de sorte qu'ils ne génèrent pas de bruit électronique à partir de l'environnement.

5.2 Éléments à prendre en considération et à observer au moment de la prise de mesure

Le système de mesure ne doit faire l'objet d'aucune vibration. Aucun mouvement ne doit se produire. Aucun décalage de la position du câble ne doit être généré.

5.3 Traitement après le mesurage

Il est préférable de ne pas démonter le système de mesure après les mesurages. Il convient de procéder à un examen et un étalonnage réguliers du matériel de mesure.

6 Mesurage

6.1 Température de référence

La température de référence doit être de $+25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.2 Mesurage des caractéristiques de température

Seul l'oscillateur à mesurer doit être immobilisé dans le bain à température variable soigneusement sélectionné, puis les caractéristiques de température doivent être mesurées. Aucune vibration ne doit se produire.

6.3 Mesurage en présence de vibrations

Seul l'oscillateur à mesurer doit être fixé à l'agitateur soigneusement sélectionné et soumis à des vibrations. Le matériel de mesure ne doit faire l'objet d'aucune vibration.

6.4 Mesurage au moment du choc

Seul l'oscillateur à mesurer doit être fixé à la machine à chocs soigneusement sélectionnée pour appliquer des chocs. De plus, le matériel de mesure ne doit faire l'objet d'aucune onde de choc et d'aucune vibration accompagnée du choc.

En outre, cet essai n'est pas réaliste, car la période de choc est plus courte que la période de mesure. Si cet essai est réalisé, il est recommandé aux fournisseurs et aux clients de procéder à une étude et un examen détaillés, et de déterminer le mesurage dans le cadre d'un contrat.

6.5 Mesurage en condition de vieillissement accéléré

Seul l'oscillateur à mesurer doit être réglé sur la température et la durée en fonction de la spécification dans le bain de température soigneusement sélectionné, puis immobilisé, et le vieillissement accéléré doit être mesuré.

7 Autres éléments à observer

Il faut veiller à obtenir des résultats de mesure compréhensibles par les fournisseurs et les clients en éliminant toute possibilité qu'un bruit électronique puisse être impliqué dans le système de mesure à partir de la source linéaire d'alimentation, et en faisant également attention à la gigue de phase des dispositifs appliqués au système de mesure ou à appliquer aux alentours du système.

8 Divers

En ce qui concerne la quantité de gigue de phase de l'oscillateur, ainsi que des modulateurs comportant une fonction de multiplication et d'une fonction de division selon ces oscillateurs, les clients et les fournisseurs doivent procéder à une étude et un examen détaillés et déterminer ces éléments dans le cadre d'un contrat.