

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators –

Part 1: Basic methods for the measurement

Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques –

Partie 1: Méthodes fondamentales pour le mesurage



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 1: Basic methods for the measurement

Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques –

Partie 1: Méthodes fondamentales pour le mesurage

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-7263-3

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.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
3.1 General.....	9
3.2 Terms and definitions.....	10
4 Test and measurement procedures.....	10
4.1 General.....	10
4.2 Test and measurement conditions.....	10
4.2.1 Standard conditions for testing	10
4.2.2 Equilibrium conditions.....	10
4.2.3 Air flow conditions for temperature tests	10
4.2.4 Power supplies	11
4.2.5 Precision of measurement	11
4.2.6 Precautions	11
4.2.7 Alternative test methods	11
4.3 Visual inspection.....	11
4.3.1 General	11
4.3.2 Visual test A	11
4.3.3 Visual test B	11
4.3.4 Visual test C	11
4.4 Dimensions and gauging procedures.....	12
4.4.1 Dimensions – Test A.....	12
4.4.2 Dimensions – Test B.....	12
4.5 Electrical test procedures.....	12
4.5.1 Insulation resistance.....	12
4.5.2 Voltage proof.....	12
4.5.3 Input power	13
4.5.4 Output frequency.....	14
4.5.5 Frequency/temperature characteristics	15
4.5.6 Frequency/load coefficient.....	16
4.5.7 Frequency/voltage coefficient	17
4.5.8 Frequency stability with thermal transient	17
4.5.9 Oscillation start-up.....	18
4.5.10 Stabilization time	22
4.5.11 Frequency adjustment range.....	22
4.5.12 Retrace characteristics	23
4.5.13 Oscillator output voltage (sinusoidal)	23
4.5.14 Oscillator output voltage (pulse waveform)	24
4.5.15 Oscillator output waveform (sinusoidal)	25
4.5.16 Oscillator output waveform (pulse).....	27
4.5.17 Oscillator output power (sinusoidal)	27
4.5.18 Oscillator output impedance (sinusoidal)	27
4.5.19 Re-entrant isolation	28
4.5.20 Output suppression of gated oscillators	28
4.5.21 3-state output characteristics.....	29
4.5.22 Amplitude modulation characteristics	30

4.5.23	Frequency modulation characteristics	36
4.5.24	Spurious response	40
4.5.25	Phase noise	40
4.5.26	Phase noise – vibration	41
4.5.27	Phase noise – acoustic	41
4.5.28	Noise pedestal	41
4.5.29	Spectral purity	43
4.5.30	Incidental frequency modulation	43
4.5.31	RMS fractional frequency fluctuations	44
4.5.32	Electromagnetic interference (radiated)	48
4.6	Mechanical and environmental test procedures	52
4.6.1	Robustness of terminations (destructive)	52
4.6.2	Sealing test (non-destructive)	54
4.6.3	Soldering (solderability and resistance to soldering heat) (destructive)	54
4.6.4	Rapid change of temperature: severe shock by liquid immersion (non-destructive)	57
4.6.5	Rapid change of temperature: thermal shock in air (non-destructive)	57
4.6.6	Bump (destructive)	57
4.6.7	Vibration (destructive)	58
4.6.8	Shock (destructive)	59
4.6.9	Free fall (destructive)	59
4.6.10	Acceleration, steady-state (non-destructive)	59
4.6.11	Acceleration – 2g tip over	59
4.6.12	Acceleration noise	59
4.6.13	Low air pressure (non-destructive)	59
4.6.14	Dry heat (non-destructive)	59
4.6.15	Damp heat, cyclic (destructive)	60
4.6.16	Cold (non-destructive)	60
4.6.17	Climatic sequence (destructive)	60
4.6.18	Damp heat, steady-state (destructive)	60
4.6.19	Salt mist, cyclic (destructive)	60
4.6.20	Mould growth (non-destructive)	60
4.6.21	Immersion in cleaning solvent (non-destructive)	60
4.6.22	Radiation hardness	60
	Bibliography	61
	Figure 1 – Test circuits for insulation resistance measurements	12
	Figure 2 – Test circuit for voltage proof test	13
	Figure 3 – Test circuit for oscillator input power measurement	13
	Figure 4 – Test circuit for oven and oscillator input power measurement	14
	Figure 5 – Test circuit for measurement of output frequency, method 1	15
	Figure 6 – Test circuit for measurement of output frequency, method 2	15
	Figure 7 – Test circuit for measurement of frequency/temperature characteristics	16
	Figure 8 – Thermal transient behaviour of typical oscillator	18
	Figure 9 – Generalized oscillator circuit	19
	Figure 10 – Test circuit for start-up behaviour and start-up time measurement	20
	Figure 11 – Typical start-up behaviour with slow supply voltage ramp	20

Figure 12 – Definition of start-up time	21
Figure 13 – Supply voltage waveform for periodical t_{SU} measurement	22
Figure 14 – Typical oscillator stabilization characteristic	22
Figure 15 – Example of retrace characteristic	23
Figure 16 – Test circuit for the measurement of output voltage	24
Figure 17 – Test circuit for the measurement of pulse outputs	24
Figure 18 – Characteristics of an output waveform.....	24
Figure 19 – Test circuit for harmonic distortion measurement	25
Figure 20 – Quasi-sinusoidal output waveforms	25
Figure 21 – Frequency spectrum for harmonic distortion	26
Figure 22 – Test circuit for the determination of isolation between output ports.....	28
Figure 23 – Test circuit for measuring suppression of gated oscillators.....	29
Figure 24 – Test circuit for 3-state disable mode output current	29
Figure 25 – Test circuit for output gating time – 3-state.....	30
Figure 26 – Test circuit for modulation index measurement.....	31
Figure 27 – Modulation waveform for index calculation	31
Figure 28 – Logarithmic signal amplitude scale.....	31
Figure 29 – Test circuit to determine amplitude modulation sensitivity	33
Figure 30 – Frequency spectrum of amplitude modulation distortion	33
Figure 31 – Test circuit to determine pulse amplitude modulation	34
Figure 32 – Pulse modulation characteristic.....	35
Figure 33 – Test circuit for the determination of modulation input impedance.....	36
Figure 34 – Test circuit for the measurement of f.m. deviation	36
Figure 35 – Test circuit for the measurement of f.m. sensitivity	38
Figure 36 – Test circuit for the measurement of frequency modulation distortion.....	39
Figure 37 – Test circuit for the measurement of single-sideband phase noise	40
Figure 38 – Typical noise pedestal spectrum	42
Figure 39 – Test circuit for the measurement of incidental frequency modulation	44
Figure 40 – Test circuit for method 1.....	45
Figure 41 – Test circuit for method 2.....	46
Figure 42 – Circuit modifications for methods 1 and 2.....	47
Figure 43 – Time-domain short-term frequency stability of a typical 5 MHz precision oscillator	48
Figure 44 – Radiated interference tests	49
Figure 45 – Characteristics of line impedance of stabilizing network	50
Figure 46 – Circuit diagram of line impedance of stabilizing network.....	51
Figure 47 – Reflow temperature profile for solderability	55
Figure 48 – Reflow temperature profile for resistance to soldering heat	56
Table 1 – Measuring sets bandwidth	52
Table 2 – Tensile force	52
Table 3 – Thrust force.....	53
Table 4 – Bending force.....	53

Table 5 – Torque force.....	54
Table 6 – Solderability – Test condition, reflow method.....	55
Table 7 – Resistance to soldering heat – Test condition and severity, reflow method.....	57

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-1:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT TECHNIQUES OF PIEZOELECTRIC,
DIELECTRIC AND ELECTROSTATIC OSCILLATORS –****Part 1: Basic methods for the measurement**

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 62884-1 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 (2019-08) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-06.

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

CDV	Report on voting
49/1187A/CDV	49/1200/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.

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 62884-1:2017

MEASUREMENT TECHNIQUES OF PIEZOELECTRIC, DIELECTRIC AND ELECTROSTATIC OSCILLATORS –

Part 1: Basic methods for the measurement

1 Scope

This part of IEC 62884 specifies the measurement techniques for piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators, including Dielectric Resonator Oscillators (DROs) and oscillators using FBAR (hereinafter referred to as "Oscillator").

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*. Available at <http://www.electropedia.org>

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-7, *Basic environmental testing procedures – Part 2-7: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*

IEC 60068-2-10:2005, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-13, *Basic environmental testing procedures – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-45, *Basic environmental testing procedures – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium, chloride solution)*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

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

Where any discrepancies occur for any reason, documents shall rank in the following order of precedence:

- detail specification;
- sectional specification;
- generic specification;
- any other international documents (for example of the IEC) to which reference is made.

The same order of precedence shall apply to equivalent national documents.

3 Terms and definitions

3.1 General

Units, graphical symbols, letter symbols and terminology shall, wherever possible, be taken from the following standards:

- IEC 60027;
- IEC 60050-561;
- IEC 60469;
- IEC 60617;
- ISO 80000-1.

3.2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60679-1 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 shall be carried out in accordance with the relevant detail specification.

4.2 Test and measurement conditions

4.2.1 Standard conditions for testing

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out under the standard atmospheric conditions for testing as specified in 4.3 of IEC 60068-1:2013.

- Temperature: 15 °C to 35 °C;
- Relative humidity: 25 % to 75 %;
- Air pressure: 86 kPa to 106 kPa (860 mbar to 1 060 mbar).

In case of dispute, the referee conditions are the following:

- Temperature: 25 °C $\pm$ 2 °C;
- Relative humidity: 48 % to 52 %;
- Air pressure: 86 kPa to 106 kPa (860 mbar to 1 060 mbar).

Before measurements are made, Oscillator shall be stored at the measuring temperature for a time sufficient to allow Oscillator to reach thermal equilibrium. Controlled recovery conditions and standard conditions for assisted drying are given in 4.4 and 4.5 of IEC 60068-1:2013.

The ambient temperature during the measurements shall be recorded and stated in the test report.

4.2.2 Equilibrium conditions

All electrical tests shall be conducted under equilibrium conditions, unless otherwise specified.

When test conditions cause a significant change with time of the characteristic being measured, means of compensation for such effects shall be specified, for example the period of time that Oscillator shall be maintained at specified test conditions before making a measurement.

4.2.3 Air flow conditions for temperature tests

When devices are to be measured at temperatures other than 25 °C $\pm$ 2 °C, they shall be subjected to adequate forced air circulation to ensure close temperature control.

If heat loss due to forced air circulation affects the performance of Oscillator, still air conditions shall be simulated by enclosing Oscillator in a draught shield consisting of a thermally conducting box, having internal dimensions so that a sufficient clearance is maintained from all surfaces of Oscillator. The temperature at which measurements should be taken under these conditions is the reference point temperature on the surface of the draught shield.

If a draught shield is necessary, it shall be used for both high and low temperature tests.

4.2.4 Power supplies

DC power sources used in the testing of crystal controlled oscillators shall not have a ripple content large enough to effect the desired accuracy of measurement; AC power sources shall be transient free. When the ripple and/or the transient content of the power sources are critical to the measurement being performed, their effects shall be fully defined in the detail specification.

4.2.5 Precision of measurement

The limits given in the detail specification are true values. Measurement inaccuracies shall be taken into account when evaluating the results. Precautions should be taken to reduce measurement errors to a minimum.

4.2.6 Precautions

4.2.6.1 Measurements

The measurement circuits shown for specified electrical tests are the preferred circuits. Due allowance shall be made for any loading effects in cases where the measuring apparatus modifies the characteristics being examined.

4.2.6.2 Electrostatic sensitive devices

Where the component is identified as electrostatic sensitive, precautions shall be taken to prevent damage from electrostatic charge before, during, and after test (see IEC 61000-4-2).

4.2.7 Alternative test methods

Measurements shall preferably be carried out using the methods specified. Any other method giving equivalent results may be used, except in case of dispute.

NOTE "Equivalent" means that the value of the characteristic established by such other methods falls within the specified limits when measured by the specified method.

4.3 Visual inspection

4.3.1 General

Unless otherwise specified, external visual examination shall be performed under normal factory lighting and visual conditions.

4.3.2 Visual test A

Oscillator shall be visually examined to ensure that the condition, workmanship and finish are satisfactory. The marking shall be legible.

4.3.3 Visual test B

Oscillator shall be visually examined under $\times 10$ magnification. There shall be no cracks in the glass or damage to the terminations. Minute flaking around the further edge of a meniscus shall not be considered a crack.

4.3.4 Visual test C

Oscillator shall be visually examined. There shall be no corrosion or other deterioration likely to impair satisfactory operation. The marking shall be legible.

4.4 Dimensions and gauging procedures

4.4.1 Dimensions – Test A

The dimensions, spacing, and alignment of the terminations shall be checked and shall comply with the specified values.

4.4.2 Dimensions – Test B

The dimensions shall be measured and shall comply with the specified values.

4.5 Electrical test procedures

4.5.1 Insulation resistance

A maximum voltage of 20 V, unless otherwise stated in the detail specification, shall be applied to the specified test points using the test circuit shown in Figure 1a. The resulting current shall be measured. It shall be less than the specified maximum value.

Alternatively, the resistance shall be directly measured with an ohmmeter (see Figure 1b). It shall be greater than the minimum specified.

Precautions shall be taken to ensure that measurements are made across the specified points with an applied voltage of the correct polarity and not exceeding the specified value. Failure to observe any of these conditions can result in damage to the device under test.

After the test, measurements shall be made to ensure that Oscillator is still functional.

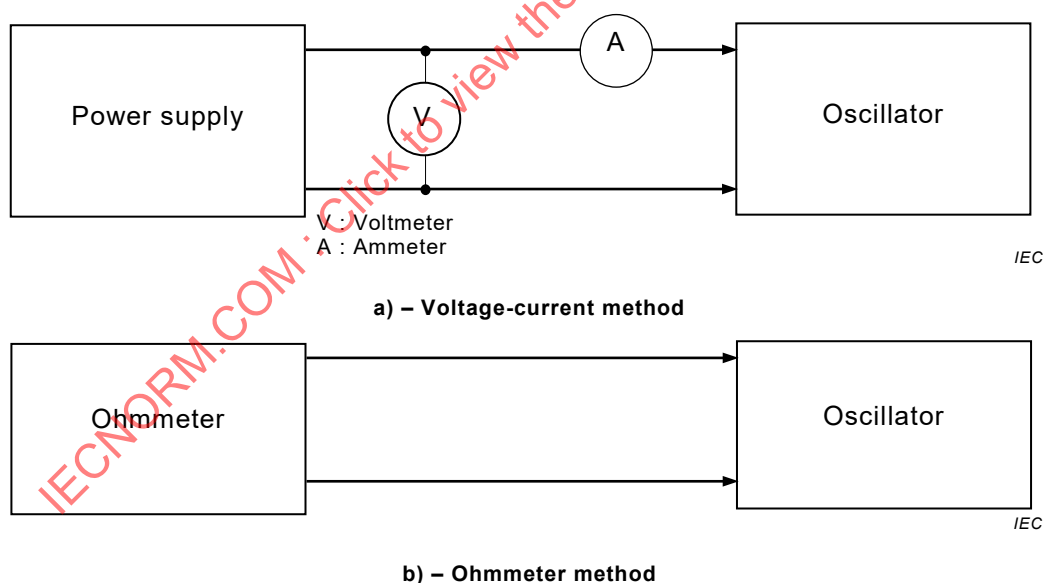


Figure 1 – Test circuits for insulation resistance measurements

4.5.2 Voltage proof

The specified voltage shall be applied only across the designated terminals, using the test circuit shown in Figure 2, after any specified preconditioning procedures have been applied. The source resistance and maximum permissible current flow shall be stated in the detail specification.

There shall be no arcing or other evidence of electrical breakdown.

After the test, measurements shall be made to ensure that Oscillator is still functional.

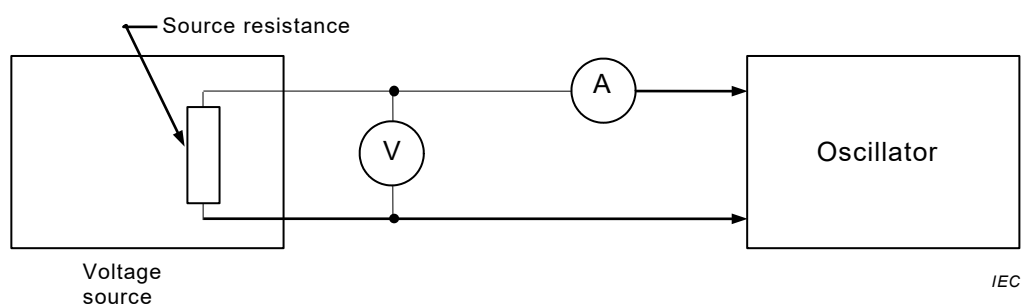


Figure 2 – Test circuit for voltage proof test

4.5.3 Input power

4.5.3.1 Oscillator input power

Oscillator shall be connected to the power supply and specified load as shown in Figure 3. The specified voltage shall be applied and allowed to stabilize for the specified time. Measurements of the voltage and current shall be made at the reference temperature, unless otherwise stated in the detail specification. The input power shall be calculated using these measurements.

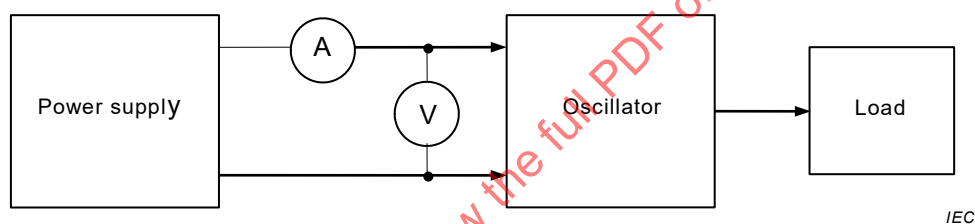


Figure 3 – Test circuit for oscillator input power measurement

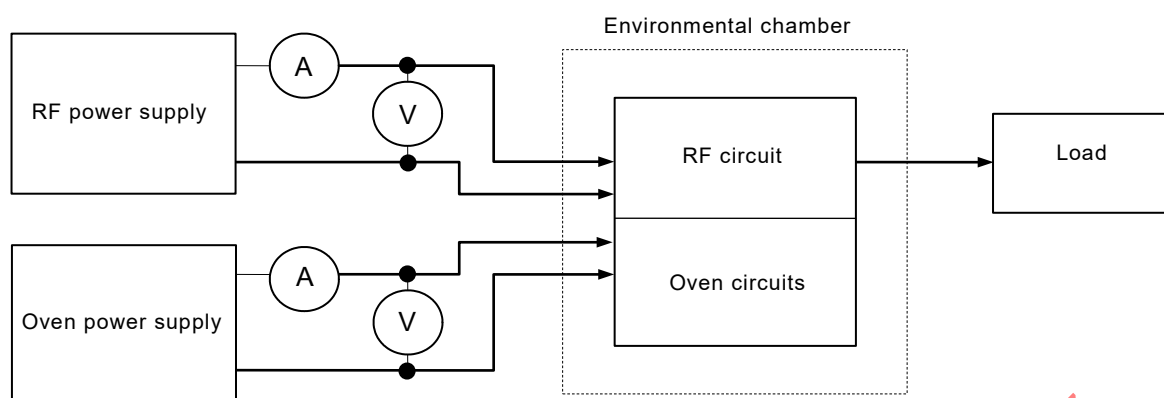
4.5.3.2 Oven and oscillator input power

Oscillator shall be connected to the test circuit (see note to Figure 4) and placed in the environmental chamber as shown in Figure 4. The load and supply voltage(s) shall be as specified in the detail specification. Where the input power to Oscillator will be affected by forced air circulation, still air conditions shall be simulated by enclosing Oscillator in a draught shield, as described in 4.2.3. Readings of voltage and current shall be taken at the specified temperatures as stated in the detail specification (usually at the minimum and maximum of the operating temperature range, as well as at the reference temperature).

The temperature will normally be taken as the reference point temperature on the surface of the draught shield, when used. If peak power is specified, the transient values of voltage and current shall be measured when the environmental chamber is adjusted to each of the specified temperatures. In this case, it can be necessary to attach a recording meter to the ammeter and/or voltmeter, so as to measure adequately the transient values.

Oscillator and oven shall be allowed to reach thermal equilibrium at the operating temperature, while unenergized, prior to any measurement of peak power. Should peak power be required, the environmental chamber shall have a thermal time constant significantly less than that of the oven-oscillator combination being measured.

The input power is calculated using the measured values of voltage and current.



IEC

NOTE The power to Oscillator can be supplied from the same power supply.

Figure 4 – Test circuit for oven and oscillator input power measurement

4.5.3.3 Oven input power

To measure the oven input power only, the test procedure described in 4.5.3.2 shall be used, except that the power supply to Oscillator shall be disconnected.

4.5.4 Output frequency

4.5.4.1 General

Output frequency measurements shall be made using either method 1 or method 2 described below, according to the accuracy specified for Oscillator.

The following precautions shall be observed:

- the accuracy and resolution of the system shall always be an order better than that of the frequency to be determined;
- Oscillator shall be correctly loaded;
- the stability and accuracy of the system shall be verified by periodic checks of the frequency standard against an internationally recognized standard;
- for accurate measurements, it is essential that great care be taken to ensure that environmental conditions do not influence the results.

4.5.4.2 Method 1 – Measurement for accuracies less than or equal to 1×10^{-8}

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 5, to the specified supply voltage and load. It shall be allowed to stabilize for the specified time under normal operating conditions.

The frequency shall then be measured on the frequency counter. The frequency may be determined either by direct frequency measurement or by period averaging. The time period of measurement will normally lie in the range of 0,1 s to 10 s. Period averaging will generally be used for the measurement of frequencies less than 5 MHz.

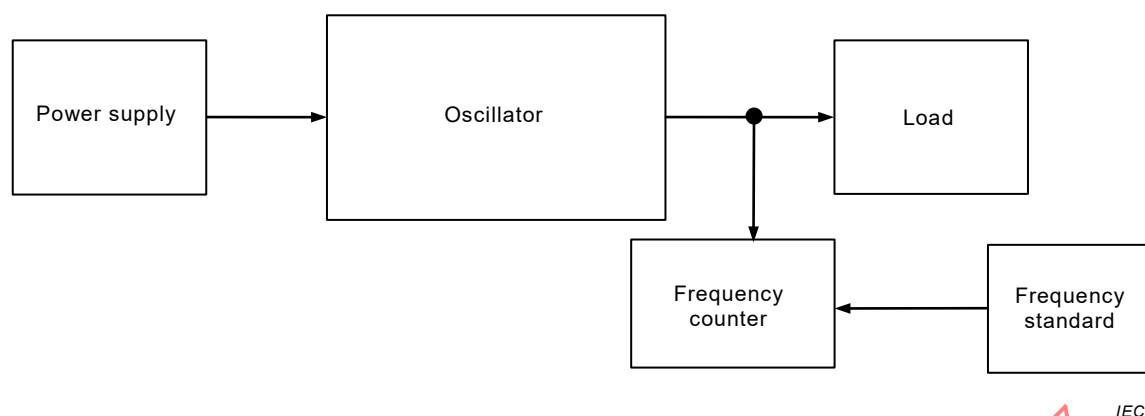


Figure 5 – Test circuit for measurement of output frequency, method 1

4.5.4.3 Method 2 – Measurement for accuracies greater than 1×10^{-8}

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 6, to the specified supply voltage and load. It shall be allowed to stabilize for the specified time under normal operating conditions.

The frequency shall be measured on the frequency counter after multiplication to a frequency commensurate with the required accuracy. The time period will normally be in the range of 0,1 s to 10 s. For example a 2,5 MHz signal would need to be multiplied to 25 MHz to enable a measurement of frequency to be obtained to an accuracy better than 1×10^{-8} within 10 s.

Alternative methods include the use of a high speed counter in place of the frequency multiplier. It is also possible to use a system of phase comparison against a frequency synthesizer which is driven from a frequency standard, for accuracies of 1×10^{-10} or better.

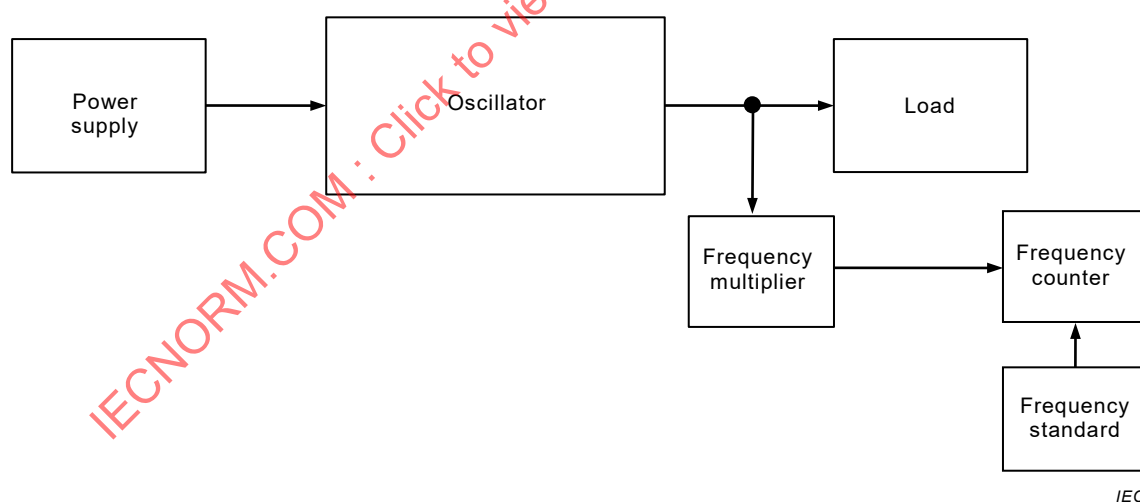


Figure 6 – Test circuit for measurement of output frequency, method 2

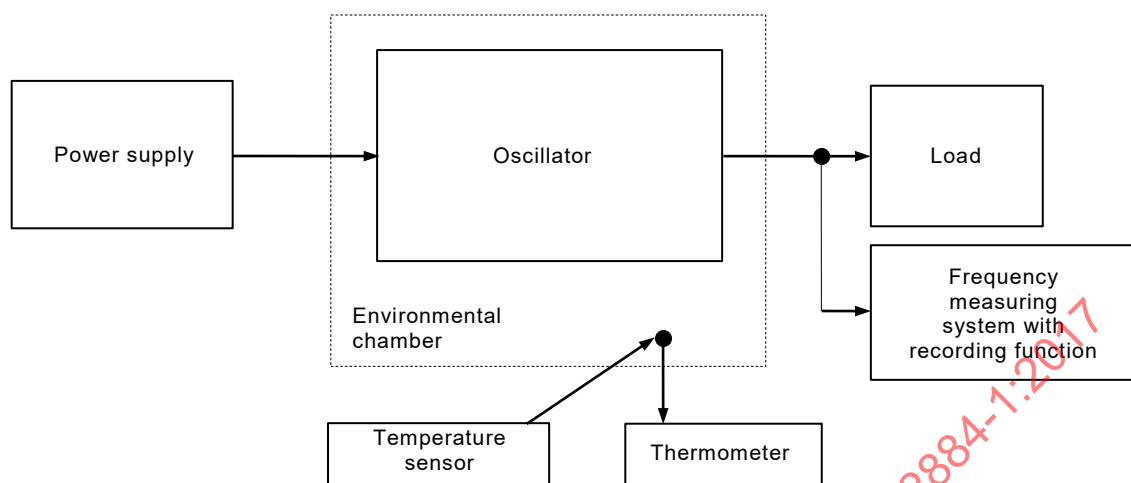
4.5.5 Frequency/temperature characteristics

4.5.5.1 Frequency at specified temperature

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and connected to the specified load using the test circuit shown in Figure 7. The specified supply voltage shall then be applied to Oscillator.

Where the input power to Oscillator will be affected by forced air circulation, still air conditions shall be simulated by enclosing Oscillator in a draught shield as described in 4.2.3.

The chamber shall be allowed to stabilize at the specified temperature and, when Oscillator has reached equilibrium (see 4.2.2), measurements of the frequency shall be made using the appropriate measurement method given in 4.5.4.2 or 4.5.4.3.



IEC

Figure 7 – Test circuit for measurement of frequency/temperature characteristics

4.5.5.2 Total frequency excursion

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and connected to the specified load using the test circuit shown in Figure 7. The specified supply voltage shall then be applied to Oscillator.

Where the input power to Oscillator will be affected by forced air circulation, still air conditions shall be simulated by enclosing Oscillator in a draught shield as described in 4.2.3.

The chamber shall be allowed to stabilize at a temperature extreme and, when Oscillator has reached equilibrium (see 4.2.2), the frequency and temperature shall be recorded using the appropriate frequency measurement method given in 4.5.4.2 or 4.5.4.3.

The test chamber temperature shall be changed in incremental steps of 1,5 °C, ensuring that equilibrium is reached after each temperature step, or changed at a rate of 0,5 °C/min to the other extreme of temperature, unless otherwise specified in the detail specification.

Recordings of the frequency and temperature shall be made during the test.

If it is required by the detail specification to determine the reproducibility of the frequency/temperature characteristics, the frequencies shall be recorded with temperature changes in both directions.

NOTE In some applications, it can be required to determine the reproducibility of the frequency/temperature characteristics as the temperature is first increased from minimum to maximum, then decreased from maximum to minimum. Differences in the characteristics obtained during increasing and decreasing temperatures are called retrace errors, or hysteresis, and are of particular importance when testing TCXO devices.

4.5.6 Frequency/load coefficient

Using a frequency measuring system as described in 4.5.4, measurements of Oscillator output frequency shall be made for the specified nominal load, minimum load and maximum load, all other operating parameters being maintained constant at their specified values. The load values shall then be calculated taking into account the effect of the measuring equipment connected to the output of Oscillator, which shall be included in the total load value.

4.5.7 Frequency/voltage coefficient

Using a frequency measuring system as described in 4.5.4, and maintaining all other operating parameters at their specified values, measurement of Oscillator frequency shall be made when the power supply voltage is adjusted to its specified nominal value, to its minimum value and to its maximum value. In all cases, the specified stabilization time shall be allowed between adjustment of supply voltage and measurement of frequency.

A transient frequency excursion can occur immediately after adjustment of the power supply voltage, particularly if the device under test is either an OCXO or TCXO type. When the magnitude of this transient excursion is of importance, recording type meters shall be used to record the frequency excursion. The maximum permissible deviations during the transient interval shall be separately specified.

When required, an environmental chamber shall be used to maintain the ambient temperature at its specified value during the performance of this test.

4.5.8 Frequency stability with thermal transient

4.5.8.1 The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and connected to the specified load, using the test circuit shown in Figure 7. The specified voltage shall then be applied to Oscillator. The chamber shall be allowed to stabilize and Oscillator to reach equilibrium (see 4.2.2) at the specified initial temperature T_1 . Oscillator output frequency shall be recorded.

The environmental chamber temperature shall then be changed at the specified rate to the final temperature T_2 .

Oscillator output frequency and the environmental chamber temperature (as measured at the reference point) should be continuously recorded during and after this operation, resulting in a plot of both frequency change and temperature change similar to that in Figure 8, from which the thermal response time and the overshoot can be determined.

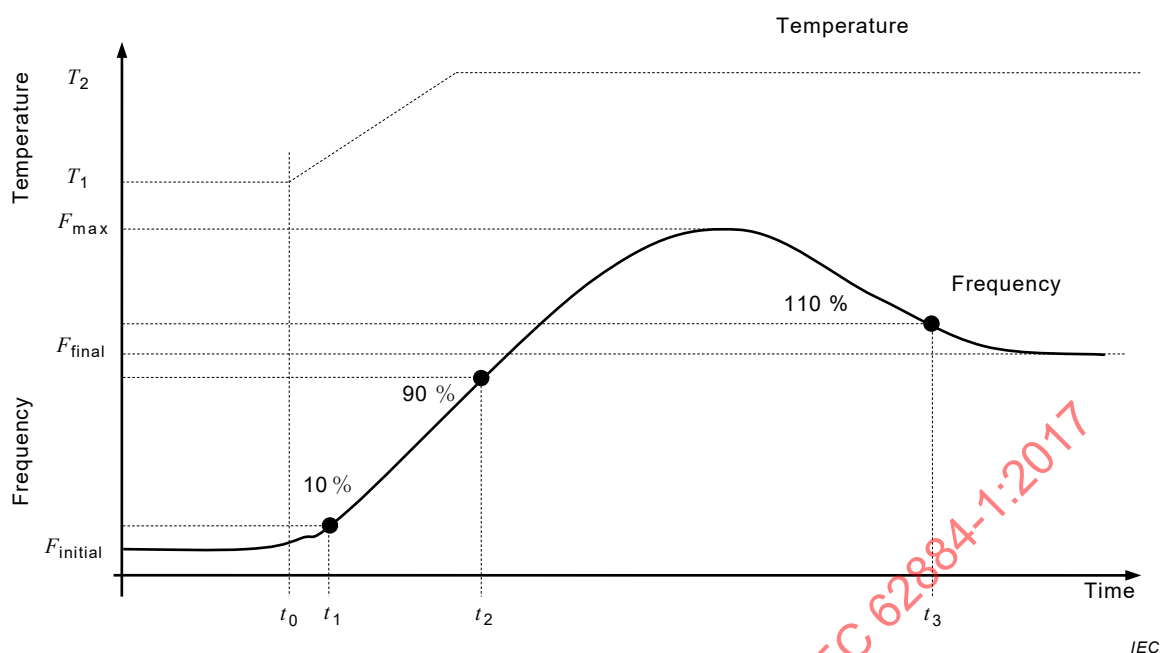
The overshoot of the transient excursion shall be specified in fractional parts of the nominal frequency (e.g. overshoot shall not exceed 2×10^{-7}):

$$\Delta F_{OS} = \frac{F_{\max} - F_{\text{final}}}{F_{\text{nominal}}}$$

4.5.8.2 Unless otherwise specified, the thermal response time is the time interval between the instant the frequency has changed 10 % of the overall change and the instant the frequency has attained a value within 10 % (of the change) of its final frequency.

There are two possible cases, as shown by the sample recordings in Figure 8:

- when the overshoot is less than 10 %, the thermal response time is equal to $t_2 - t_1$ min;
- when the overshoot is equal or greater than 10 %, the thermal response time is equal to $t_3 - t_1$ min.



t_0 is start time of measurement;

t_1 is time for frequency to change 10 % of the steady-state increment;

t_2 is time for frequency to change 90 % of the steady-state increment;

t_3 is time for frequency to reach 110 % of the steady-state increment on the recovery form overshoot (in the case where overshoot is greater than 10 %).

Figure 8 – Thermal transient behaviour of typical oscillator

4.5.9 Oscillation start-up

4.5.9.1 General

The purpose is to determine the reliable start-up of the oscillation amplitude and to measure the start-up time.

Figure 9 depicts the generalized oscillator circuit.

The start-up characteristics of a real crystal oscillator depend on the following major factors.

Oscillator stage:

- noise factor of the active device;
- open loop gain (or excess negative resistance) of the oscillation sustaining stage;
- amplitude limiting of the active circuit;
- loaded Q (or effective bandwidth of the resonator);
- drive level dependency of the crystal resonance resistance.

Output stage:

- analog sinusoidal output;
- logic output.

Internal power lines:

- blocking capacitors;
- voltage regulators.

Supply voltage:

- rise time, soak time, off time;
- output impedance.

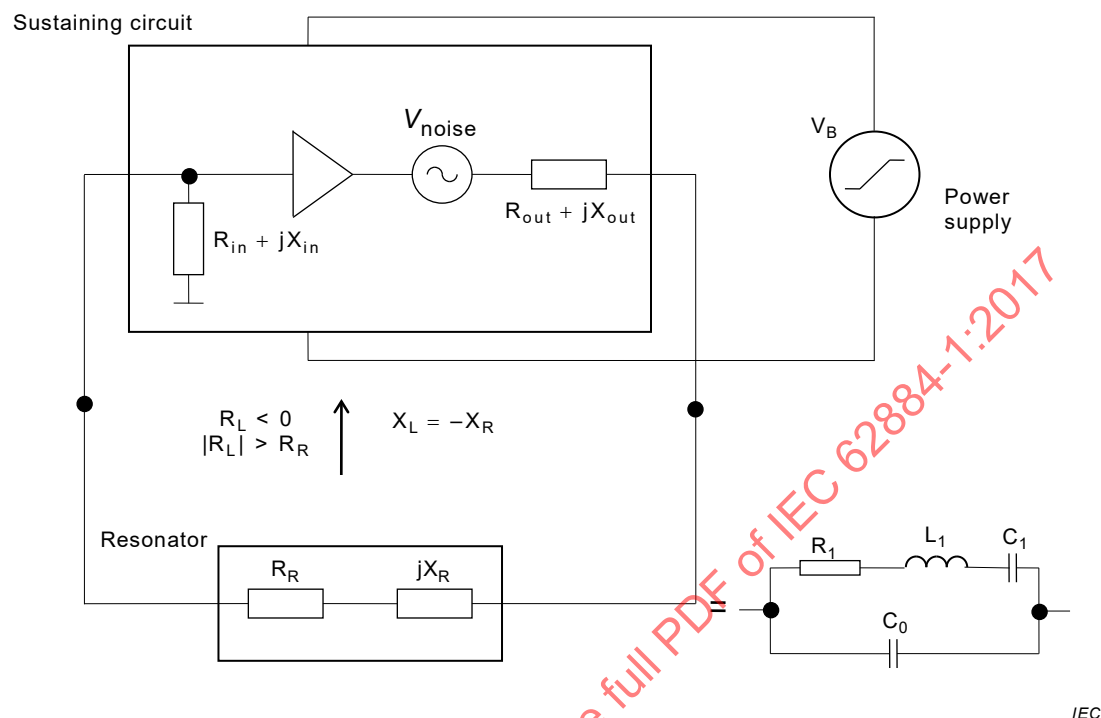


Figure 9 – Generalized oscillator circuit

4.5.9.2 Start-up behaviour

In order to determine whether the oscillation starts up reliably, Oscillator shall be connected to the test circuit for start-up behaviour shown in Figure 10.

Oscillator shall be connected to a programmable power supply. The r.f. output signal and the supply voltage are registered by an oscilloscope, the time scale of which is suitably set to display the whole start-up interval.

The supply voltage ramps linearly from zero to the nominal operating voltage. The ramp time t_{ramp} is chosen to be at least 100 to 1 000 times the specified or expected start-up time of Oscillator.

Oscillator shall show a regular and repeatable start-up behaviour within the time interval of the supply voltage ramp, as shown in Figure 11.

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- power supply voltage;
- load details;
- start-up time;
- in case of VCXO, DC control voltage.

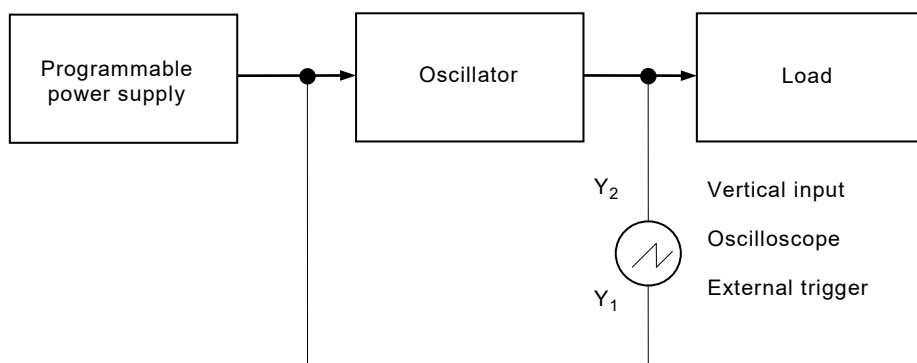


Figure 10 – Test circuit for start-up behaviour and start-up time measurement

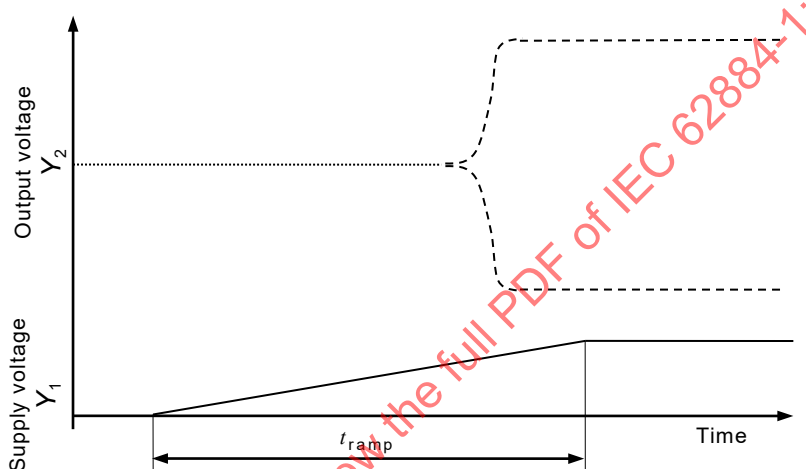


Figure 11 – Typical start-up behaviour with slow supply voltage ramp

4.5.9.3 Start-up time

In order to measure the start-up time of oscillation t_{SU} under specified conditions, Oscillator shall be connected to a programmable power supply (see Figure 10).

The r.f. output signal and the supply voltage shall be registered by an oscilloscope, the time scale of which is suitably set to display the whole start-up interval.

The supply voltage ramps up linearly from zero to the nominal operating voltage. The ramp time t_{ramp} is chosen to be less than one tenth of the specified or expected start-up time of Oscillator.

The start-up time t_{SU} is measured as the difference between the starting point of the DC ramp and the time when the r.f. output signal fulfils certain conditions which are given below:

a) quasi-sinusoidal waveforms

the signal envelope is 90 % of the steady-state peak-to-peak amplitude, unless otherwise specified;

b) pulse waveforms

the output pulse sequence is periodical near the steady-state frequency while its low level V_{LO} remains below V_{OL} and its high level V_{HI} exceeds V_{OH} permanently, where V_{OH} and V_{OL} are defined by the applicable logic family.

Precaution:

Logic output may show spurious oscillations prior to the appearance of the steady-state signal.

Make sure that the internal blocking capacitors of Oscillator are discharged before the start of the measurement.

An example is given in Figure 12.

The described procedure can be applied either as a single shot or as a periodical measurement. In the latter case, the following conditions shall be fulfilled (see Figure 13):

t_{ramp} as above;

$t_{\text{hold}} \geq 100 t_{\text{SU}}$;

t_{off} minimum length shall be chosen so that a further prolongation does not change the result for t_{SU} , for example $t_{\text{off}} \geq 100 t_{\text{SU}}$.

During t_{off} the supply voltage terminal of Oscillator shall be short-circuited to ground in order to discharge internal blocking capacitors properly.

The factor 100 in formulae for t_{hold} and t_{off} can be reduced to smaller volumes, however, it should be verified that the measured start-up time is not changed, particularly for high Q resonators.

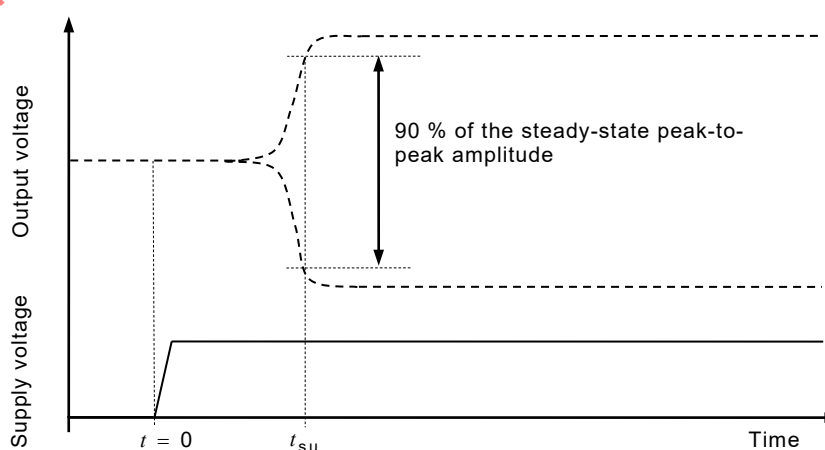
Precaution:

The power supply shall be able to deliver sufficient current to realize the specified voltage ramp at Oscillator supply voltage terminal. It shall be able to drain the discharge current of Oscillator during the t_{off} period.

Specified conditions

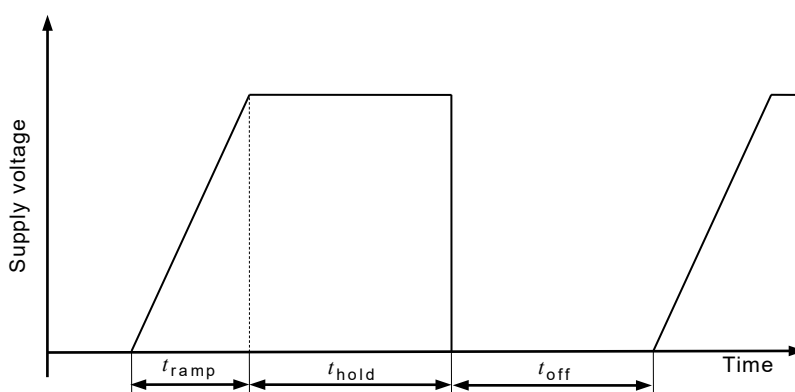
The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- power supply voltage;
- load details;
- start-up time;
- in the case of VCXO: DC control voltage.



IEC

Figure 12 – Definition of start-up time

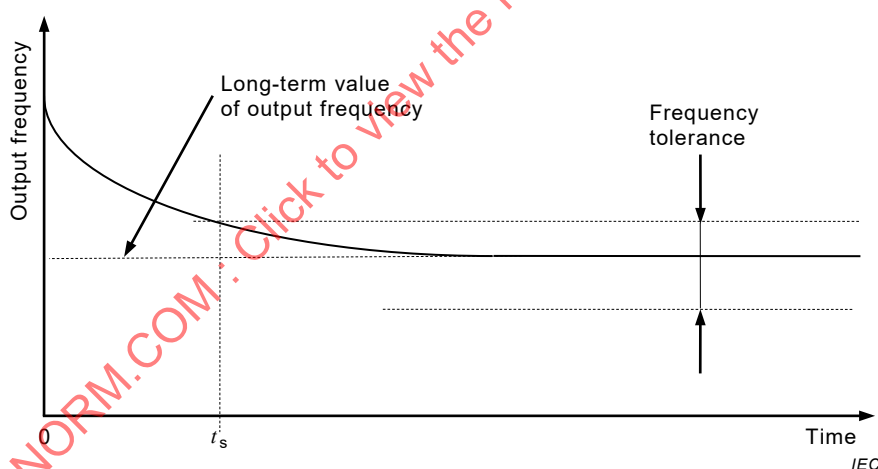


IEC

Figure 13 – Supply voltage waveform for periodical t_{SU} measurement

4.5.10 Stabilization time

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and connected to the specified load using the test circuit shown in Figure 7. The frequency measurement used shall be as described in 4.5.4. The temperature of the chamber shall be adjusted to that specified in the detail specification. Oscillator shall then be energized and the output frequency registered on the recording meter as a function of time. The stabilization time t_s shall be the time taken for Oscillator output frequency to remain within a specified tolerance of its long-term value determined after a specified elapsed time (see Figure 14).



IEC

Figure 14 – Typical oscillator stabilization characteristic

4.5.11 Frequency adjustment range

Oscillator shall be connected as shown in 4.5.4 and, where necessary, to an appropriate control voltage. Oscillator shall be energized and allowed to stabilize for the specified time under normal operating conditions. The means by which Oscillator output frequency adjustment is made shall be adjusted to its maximum and minimum and the output frequency measured, unless otherwise stated in the detail specification.

4.5.12 Retrace characteristics

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and connected to the specified load, using the test circuit shown in Figure 7. The chamber shall be maintained at a temperature in the range 20 °C to 30 °C, controlled within $\pm 0,5$ °C, unless otherwise stated in the detail specification. Oscillator shall be energized and all operating parameters adjusted to specified values, after which the frequency shall be measured as a function of time.

Following a specific period of operation (t_1 , Figure 15, which shall exceed the stabilization time), the output frequency shall be recorded. Oscillator is then turned off, and allowed to assume the specified storage temperature for the specified time period t_2 . At the end of the storage period, power is again applied, and frequency recorded as a function of time. The retrace time t_r is the time period following application of power required for the output frequency to return to within the specified tolerance of the value recorded before turn-off.

If Oscillator is stored (during period t_2) elsewhere than in the environmental chamber, adequate time shall be allowed for Oscillator to settle to the temperature specified for frequency measurement before any measurement of frequency takes place; this stabilization time (in an unenergized condition) should be taken as a part of the storage period t_2 .

NOTE Provision is made for a separate specification of measurement temperature as, although the temperatures can be the same, the tolerance of the storage temperature can be considerably greater than that of the measurement temperature.

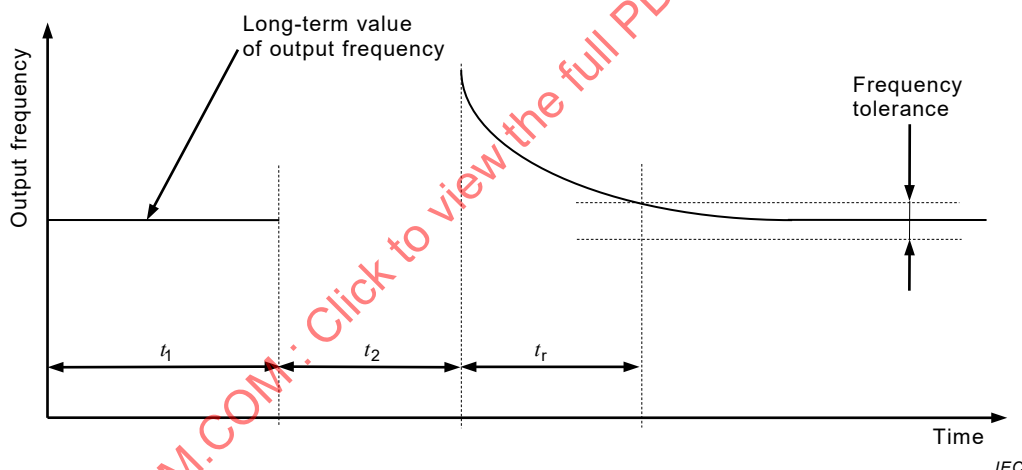


Figure 15 – Example of retrace characteristic

4.5.13 Oscillator output voltage (sinusoidal)

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 16, to the specified supply voltage and load. It shall be allowed to stabilize for the specified period of time. The output voltage shall be measured across the load, and shall remain within the specified limits over the range of any frequency adjustment specified. Measurements shall be performed at the reference temperature, but may be carried out over the operating temperature range if required by the detail specification. Measurement shall be made with an r.f. voltmeter for r.m.s. voltages and an oscilloscope for peak-to-peak voltages.

In the case of quasi-sinusoidal waveforms, the measurement of output power shall always be performed by a direct-reading power meter or by means of a true r.m.s. reading voltmeter.

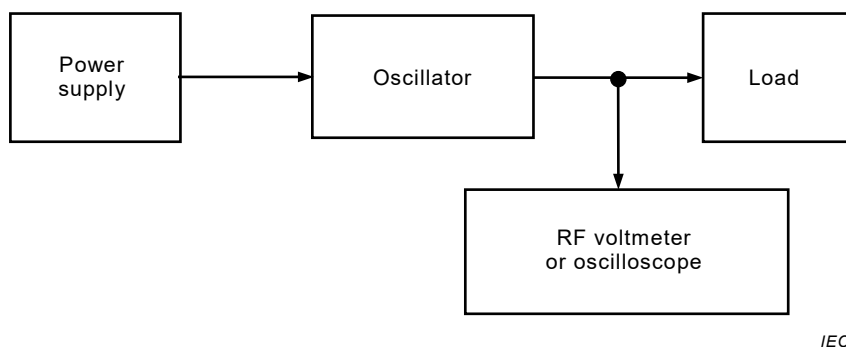


Figure 16 – Test circuit for the measurement of output voltage

4.5.14 Oscillator output voltage (pulse waveform)

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 17, with the specified load (see Annex A of IEC 60679-1:2017 for details of load circuits for logic drive).

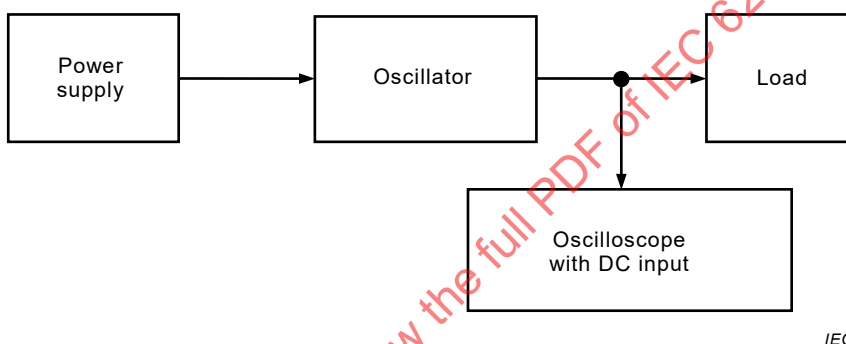


Figure 17 – Test circuit for the measurement of pulse outputs

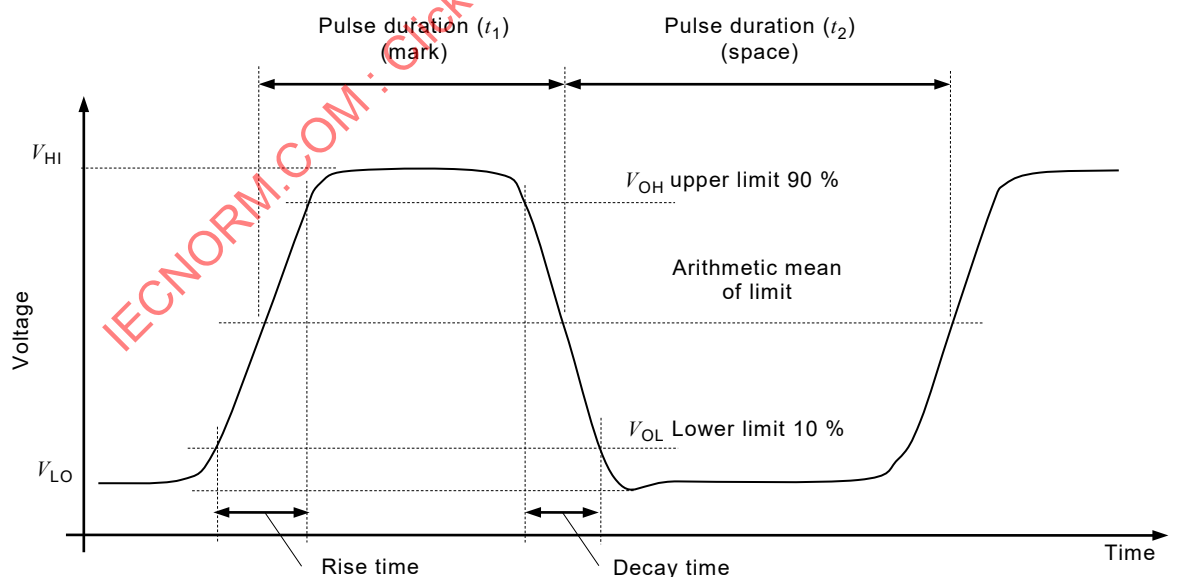


Figure 18 – Characteristics of an output waveform

The high and low level output voltages, as shown in Figure 18, shall be measured on the oscilloscope, and shall be within the limits specified in the detail specification.

4.5.15 Oscillator output waveform (sinusoidal)

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 19.

The spectrum analyzer shall be adjusted to display a frequency range which embraces the appropriate harmonics of Oscillator. Typical quasi-sinusoidal waveforms are shown in Figure 20, and typical frequency spectra are shown in Figure 21.

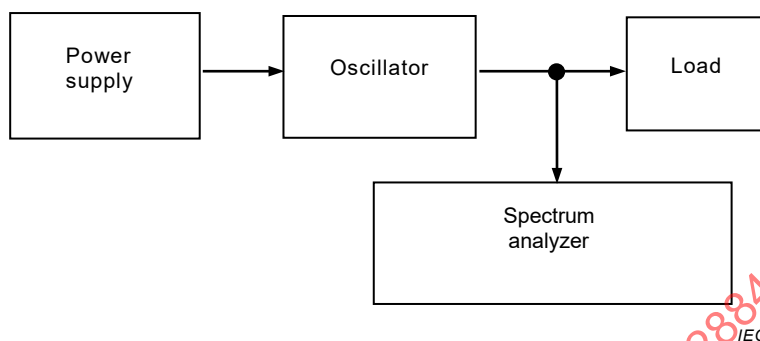


Figure 19 – Test circuit for harmonic distortion measurement

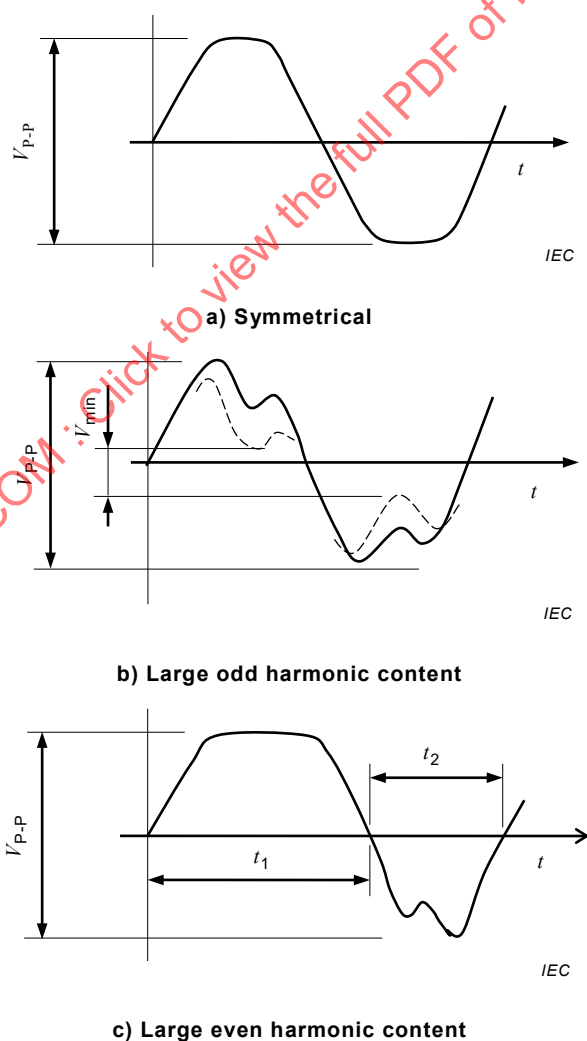


Figure 20 – Quasi-sinusoidal output waveforms

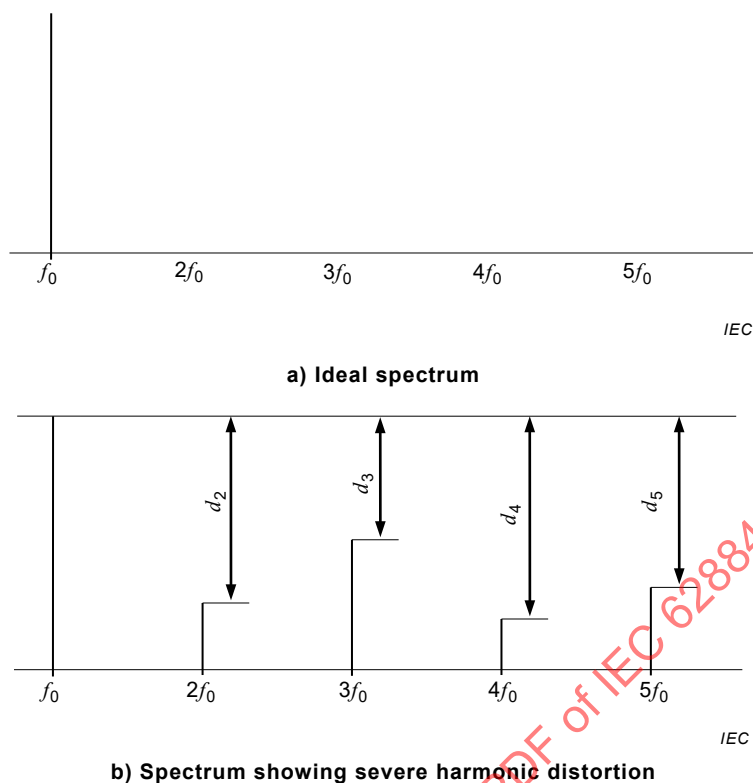


Figure 21 – Frequency spectrum for harmonic distortion

The spectra on the spectrum analyzer shall be measured, usually directly in decibels, as a power ratio with respect to the carrier power, expressed in decibels or, alternatively, the percentage distortion of the harmonic shall be calculated as follows:

$$D_x = \frac{100}{10^{d_x/20}}$$

where

D_x is the percentage of harmonic distortion;

d_x is the difference in level of fundamental and harmonic (in decibels) as measured on the spectrum analyzer;

x is the harmonic number.

When using this test method it shall be necessary to observe the following precautions:

- care shall be taken to ensure that the distortion is not produced in the input mixer of the spectrum analyzer;
- non-linear distortion (having the appearance of harmonic distortion) will be produced if the input mixer is over-loaded. This may be checked by placing an attenuator between Oscillator and the spectrum analyzer, and taking measurements at various power levels. The attenuator setting should not affect the percentage of harmonic distortion.

NOTE The total harmonic distortion can be obtained from a summation of the individual harmonically related responses.

$$D_{\text{total}} = 100 \left[10^{\frac{d_2}{10}} + 10^{\frac{d_3}{10}} + \dots + 10^{\frac{d_n}{10}} \right]^{-1/2}$$

4.5.16 Oscillator output waveform (pulse)

4.5.16.1 General

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 17, and with the specified load (see Annex A of IEC 60679-1:2017 for details of load circuits for logic drive).

4.5.16.2 Rise and decay times

Measurements shall be made on both the rising and falling edges between the limits of the input voltage over which the operation of the particular logic family is guaranteed, for example, for TTL and CMOS logic families between V_{OH} min. and V_{OL} max. or at the 10 % and 90 % points with respect to the flat portion of the maximum amplitude level, as shown in Figure 18. Overshoot shall be disregarded in this measurement if its peak does not exceed the limits specified for the steady-state levels, or if the cause for the overshoot can be traced to inductances external to Oscillator and oscilloscope.

Where higher accuracies are required, the following correction formula shall be used:

$$t_a = \sqrt{(t_i)^2 - (t_s)^2}$$

where

t_i is the measured rise or decay time;

t_s is the oscilloscope rise or decay time;

t_a is the actual time.

4.5.16.3 Pulse duration

The pulse duration of Oscillator shall be measured with the oscilloscope when the rise and decay times are measured. Unless otherwise specified, measurements shall be made at the midpoint between V_{OL} max. and V_{OH} min. or at the 50 % level, as shown in Figure 18.

4.5.16.4 Symmetry

When specified, the symmetry of the waveform from Oscillator shall be determined when the rise and decay times are measured. Unless otherwise specified, measurements shall be made at the midpoint between V_{OL} max. and V_{OH} min. or at the 50 % level, as shown in Figure 18.

4.5.17 Oscillator output power (sinusoidal)

The test procedure shall be carried out as for 4.5.13, output voltage. The output power shall be calculated from the r.m.s. output voltage and the load impedance or, alternatively, it may be read directly from an appropriate power meter. In the case of quasi-sinusoidal waveforms, the measurement of output power shall always be performed by a direct-reading power meter or by means of a true r.m.s. reading voltmeter.

4.5.18 Oscillator output impedance (sinusoidal)

Oscillator shall be connected, as shown in Figure 16, except that the load shall be a precision (± 1 % non-reactive) resistor R_L , equal to the specified load minus 10 %. Oscillator shall be energized and allowed to stabilize for the specified period of time after which the output voltage V_L shall be measured. The load shall then be replaced with a precision (± 1 % non-reactive) resistor R_H , equal to the specified load plus 10 % and the output voltage V_H measured. The output impedance shall be calculated using the expression:

$$Z = \frac{R_L R_H (V_H - V_L)}{V_L R_H - V_H R_L}$$

NOTE This method is only valid if the output impedance of Oscillator is resistive, and it is not accurate when the output resistance is considerably lower than the load impedance.

4.5.19 Re-entrant isolation

Oscillator shall be connected to the test circuit, as shown in Figure 22. The ports between which the isolation is to be measured shall be shorted together. The level and frequency of the re-entrant signal, as specified, shall be set on the signal generator. Using the spectrum analyzer (or selective voltmeter), the output level of this signal shall be measured at the port to which the signal is not being applied (or at the specified port in the case of oscillators with multiple ports). The shorting link shall then be removed and the output level again measured.

The ratio of the two signals measured with and without the shorting link (usually expressed in decibels) is the re-entrant isolation between the appropriate ports at that frequency. This ratio shall be as stated in the detail specification.

When carrying out this test, the following precautions shall be observed:

- the loads presented to Oscillator are a combination of the output impedance of the signal generator, the input impedance of the spectrum analyzer (or selective voltmeter) and any externally applied loads;
- care shall be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer (or selective voltmeter), as this will cause signal limiting and an apparent reduction in re-entrant isolation;
- if isolation is to be measured at a frequency which is a harmonic of Oscillator, then a pessimistic value of re-entrant isolation will be obtained. However, if the harmonic level is considerably lower than the isolation to be measured, a usable result can still be achieved. Where the harmonic content of the output signal is high, it is necessary to disable Oscillator (that is, to cause the device to cease oscillation while still remaining energized) before measurements can be made.

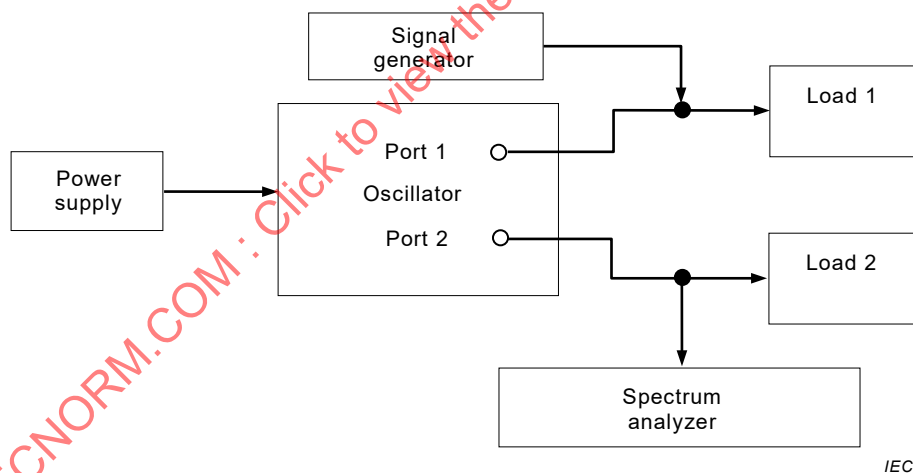


Figure 22 – Test circuit for the determination of isolation between output ports

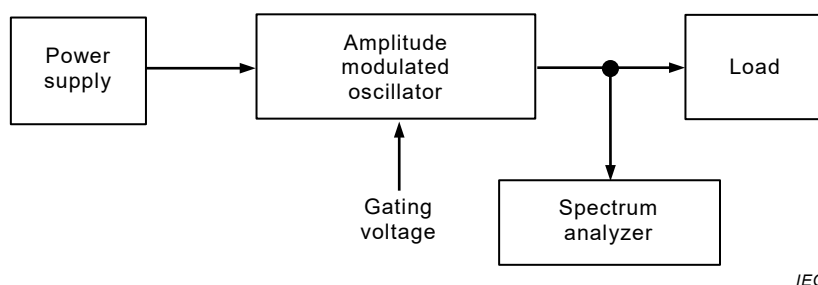
4.5.20 Output suppression of gated oscillators

Oscillator shall be connected to the test circuit, as shown in Figure 23, and the tests carried out as follows.

The specified signal necessary to gate the ON output of Oscillator shall be applied, and the level of the output at its fundamental frequency and at any harmonic frequency or frequencies, as specified, shall be measured on the spectrum analyzer. The specified signal necessary to gate the OFF output of Oscillator shall then be applied and the new output level(s) measured.

The ratio of the ON and OFF output levels, usually expressed in decibels, is the output suppression at a particular frequency, and shall be as specified in the detail specification.

Care shall be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer, as this will cause signal limiting and an apparent reduction in output suppression.



IEC

Figure 23 – Test circuit for measuring suppression of gated oscillators

4.5.21 3-state output characteristics

4.5.21.1 3-state disable mode output current

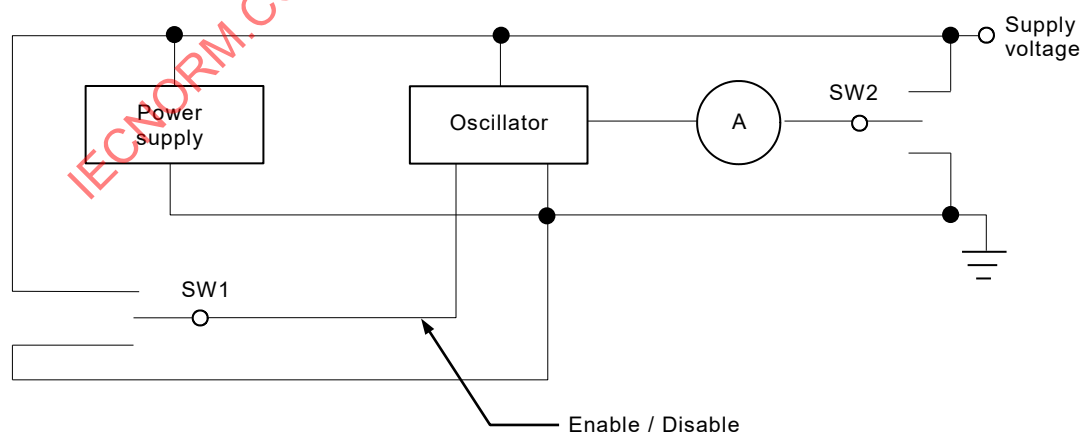
This test is used to determine the short-circuit output current drawn from Oscillator with a 3-state output when held in the disable mode.

Oscillator shall be connected as shown in Figure 24. With the enable/disable pin connected to the appropriate DC level via switch 1, that is to the specified supply voltage for oscillators designed for "enable low", or to earth for those designed for "enable high", the power to Oscillator shall be applied.

The enable/disable voltage levels shall be as specified in the detail specification. However, care shall be taken to ensure that the voltages applied to the enable/disable pin and the output pin cannot exceed the voltage applied to Oscillator.

Oscillator output is then switched, by switch 2, in turn between the supply voltage and earth, and the output current at each setting measured.

The maximum permissible output current in the disable mode, as specified in the detail specification, shall not be exceeded.



IEC

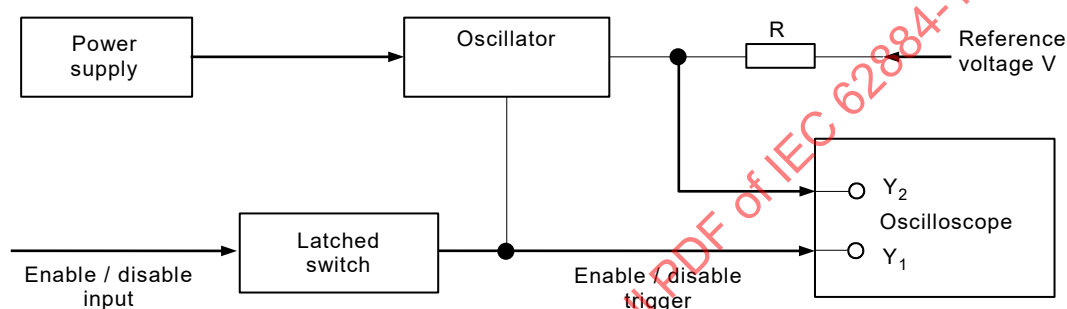
Figure 24 – Test circuit for 3-state disable mode output current

4.5.21.2 Output gating time

To measure the time taken for Oscillator output stage to switch between the enable and disable modes, Oscillator shall be connected as shown in Figure 25. The value of R shall be chosen so that the time constant formed by R and the oscilloscope input capacitance shall not affect the measurement accuracy.

The specified supply, reference, enable/disable voltages shall be applied to Oscillator, care being taken to ensure that the enable/disable voltages do not exceed the value of the supply voltage.

With an oscilloscope adjusted to trigger from either the enabling or disabling transition of the enable/disable input signal, as appropriate, and displaying the corresponding oscillator transition, together with the trigger transition, the gating time between the trigger transition and the time when Oscillator output stabilizes to the reference voltage shall be measured.



IEC

where

$V = \frac{(V_{OH} - V_{OL})}{2} + V_{OL}$ is the reference voltage;

V_{OL} is Oscillator low level output voltage;

V_{OH} is Oscillator high level output voltage.

Figure 25 – Test circuit for output gating time – 3-state

4.5.22 Amplitude modulation characteristics

4.5.22.1 Amplitude modulation index

The procedure of test A shall be used for a modulation index greater than 0,1 and less than 1,0. Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 26, and the specified modulating signal applied. Measurements of x and y (see Figure 27) on the waveform shall be taken, and the modulation index (m) calculated from the expression:

$$m = \frac{y - x}{y + x}$$

The index obtained shall be as stated in the detail specification and the percentage modulation shall be 100 m %. This method of measurement shall not be used when m is less than 0,1 because of inherently low measurement accuracy.

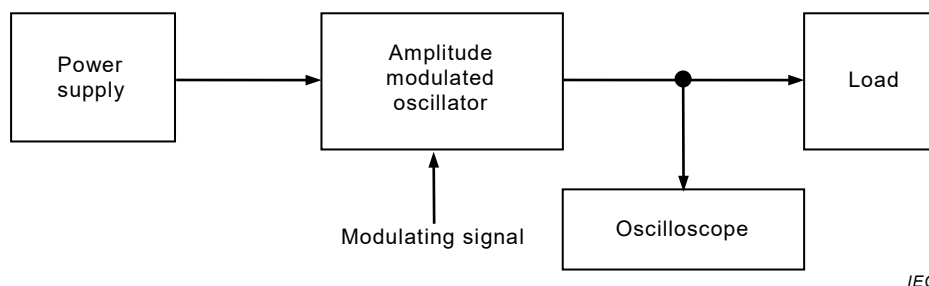


Figure 26 – Test circuit for modulation index measurement

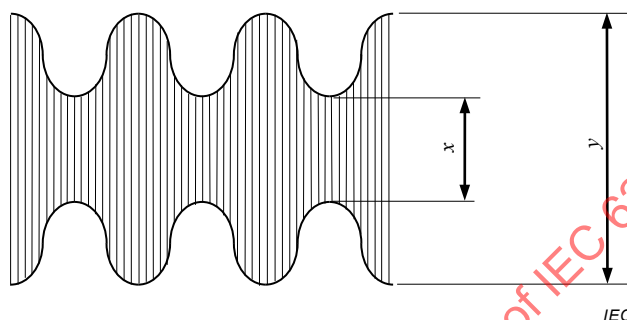


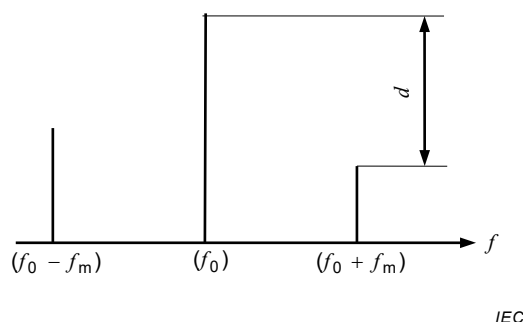
Figure 27 – Modulation waveform for index calculation

NOTE 1 The accuracy for this method is unaffected by the presence of frequency modulation.

NOTE 2 This method is valid for non-sinusoidal waveforms.

The procedure of test B shall be used for a modulation index less than 0,1.

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 26, except that the oscilloscope shall be replaced by a spectrum analyzer having an i.f. bandwidth sufficiently narrow to provide adequate discrimination between Oscillator output and its sideband signals. With the specified modulating signal applied to Oscillator, the spectrum analyzer shall be adjusted to present a display of the frequency spectrum in the region of the output frequency of Oscillator, using a logarithmic signal amplitude scale (see Figure 28).



- f_0 is Oscillator output frequency;
- f_m is the frequency of the modulating signal;
- $f_0 - f_m$ is the lower sideband signal frequency;
- $f_0 + f_m$ is the upper sideband signal frequency;
- d is the difference between Oscillator output signal frequency (f_0) level and the level of either of the sideband signals, in decibels.

Figure 28 – Logarithmic signal amplitude scale

The modulation index (m) shall be calculated using the expression:

$$m = 10^{\frac{6-d}{20}} \quad (m < 0,1)$$

where d is the difference between Oscillator output signal frequency (f_0) level and the level of either of the sideband signals, in decibels.

The modulation index shall be as stated in the detail specification.

Care shall be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer, causing signal limiting. This may be checked by placing an attenuator between Oscillator and the spectrum analyzer, and taking measurements at various power levels; the attenuator setting should not affect the value of d obtained.

NOTE 3 This method cannot readily be used if significant resultant frequency modulation is present (see 4.5.22.7), usually causing the two sideband signals to be unequal in amplitude. The effect of the resultant f.m. on the spectrum analyzer display can be reduced by choosing a high modulating signal frequency (frequency modulation index $\beta \propto \frac{1}{f_m}$).

NOTE 4 This method cannot readily be used if the modulation waveform is non-sinusoidal, whether because of harmonic content in the modulating signal or because of a.m. non-linear distortion (see 4.5.22.3).

4.5.22.2 Amplitude modulation sensitivity

Oscillator shall be connected to the specified load as shown in Figure 29. The signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the external modulation terminal of Oscillator. Its output shall be set to the specified amplitude as measured by the oscilloscope or r.f. voltmeter. The modulation index of the output signal shall be measured as described in 4.5.22.1 (as appropriate).

In general, the amplitude modulation sensitivity is taken as the percentage modulation peak-to-peak voltage of the modulating signal and shall be as stated in the detail specification.

NOTE This method can be used to determine the immunity of an oscillator to power supply line ripple etc., by superimposing the modulating signal on the DC supply voltage.

4.5.22.3 Amplitude modulation distortion (non-linearity)

Oscillator shall be connected to the specified load as shown in Figure 29, except that the oscilloscope shall be replaced by a spectrum analyzer having an i.f. bandwidth sufficiently narrow to provide adequate discrimination between Oscillator output and its sideband signals.

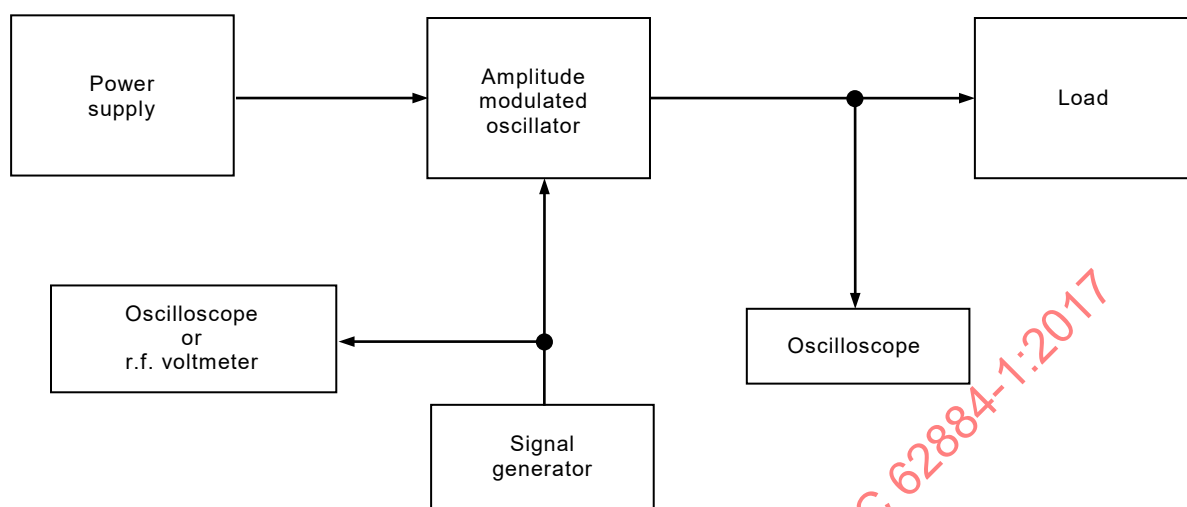
A sinusoidal modulating signal at the specified frequency, and at a level such as to modulate Oscillator to the specified modulation index, shall be applied to the external modulation terminal of Oscillator; the spectrum analyzer shall be adjusted to present a display of the frequency spectrum in the region of the output frequency of Oscillator (see Figure 30).

The second, third, etc. harmonic distortions are usually expressed as d_2 , d_3 , etc. decibels, but may also be expressed as $\frac{100}{10^{\frac{d}{20}}}$ percentage distortion for each individual harmonic.

The distortion shall be within the limits stated in the detail specification.

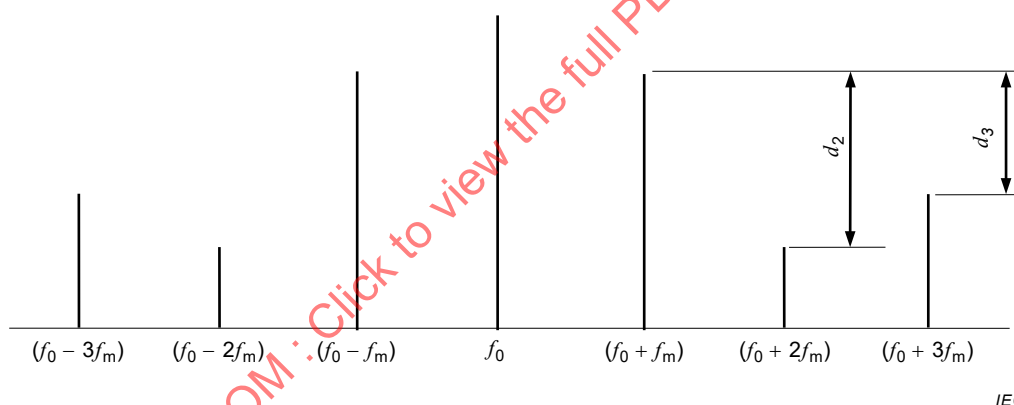
When carrying out this test, the following precautions shall be observed:

- care shall be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer, causing an apparent increase in modulation distortion. This may be checked by connecting an attenuator between Oscillator and the spectrum analyzer, and taking measurements at various power levels.



IEC

Figure 29 – Test circuit to determine amplitude modulation sensitivity



IEC

where

- f_0 is Oscillator output frequency;
- f_m is the frequency of modulating signal;
- $(f_0 - f_m)$ is the lower sideband caused by the modulating signal;
- $(f_0 - 2f_m)$ is the lower sideband caused by the second harmonic of the modulation signal;
- $(f_0 - 3f_m)$ is the lower sideband caused by the third harmonic of the modulation signal.

Figure 30 – Frequency spectrum of amplitude modulation distortion

The attenuator setting should not affect the measurement of modulation distortion, that is the values of d_2 , d_3 , etc. If the harmonic content of the modulating signal is significant, the results obtained shall be corrected, or the modulating signal filtered so as to reduce its harmonic content.

NOTE Total modulation distortion can be assessed by detecting the output of Oscillator and measuring this signal with an appropriate distortion analyzer; this method measures the total sideband content of an amplitude modulated signal. The result can be obtained from the measurements made with a spectrum analyzer by summation of the sideband signals.

4.5.22.4 Amplitude modulation frequency response

The test procedure given in 4.5.22.2 with a sinusoidal modulating signal applied shall be used. The amplitude modulation sensitivity at a specified reference frequency shall be measured. Measurements shall then be taken at the other specified frequencies, giving the change in modulation sensitivity, usually expressed in decibels, which shall be within the limits stated in the detail specification.

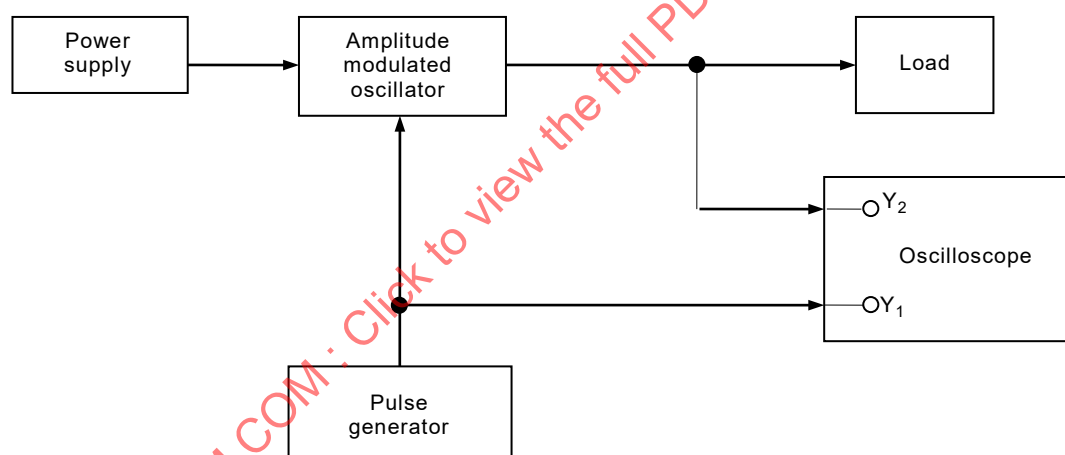
$$\text{Total distortion} = \frac{100}{\sqrt{10^{\frac{d_2}{10}} + 10^{\frac{d_3}{10}} + \dots}}$$

4.5.22.5 Pulse amplitude modulation

Oscillator shall be connected to the specified load and as shown in Figure 31.

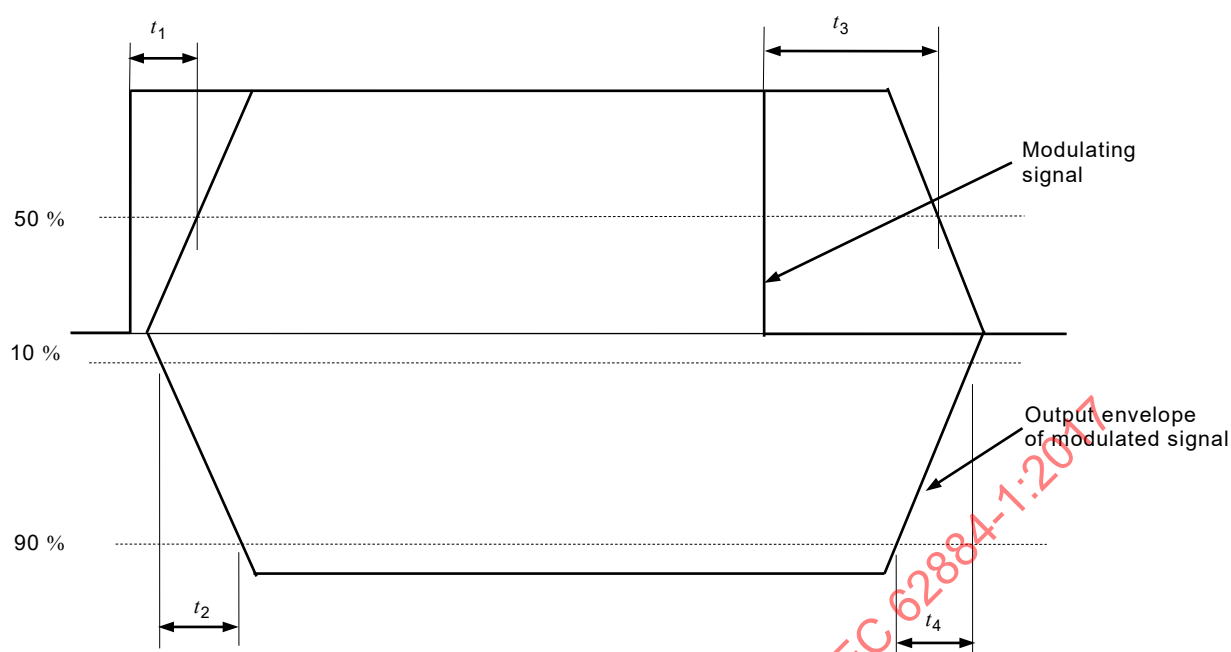
A pulse generator, providing a modulating signal of specified waveform and repetition frequency, and which shall not be harmonically related to Oscillator frequency, shall be connected to the modulation input terminal of Oscillator.

Both this signal and the output waveform of Oscillator shall be displayed simultaneously on the oscilloscope, with the peak-to-peak amplitude of the output waveform adjusted to be twice that of the modulating signal, as shown in Figure 32.



IEC

Figure 31 – Test circuit to determine pulse amplitude modulation



IEC

Figure 32 – Pulse modulation characteristic

The following parameters shall be determined and shall be as stated in the detail specification:

- t_1 is the turn-on time, the time interval between the 50 % value of the modulating signal and the 50 % value of the output waveform, at the leading edge;
- t_2 is the rise time, the time interval between the 10 % and 90 % values of the leading edge of the output waveform (assuming that the modulating signal rise time is negligible);
- t_3 is the turn-off time, the time interval between the 50 % value of the modulating signal and the 50 % value of the output waveform, at the trailing edge;
- t_4 is the decay time, the time interval between the 90 % and 10 % values of the trailing edge of the output waveform (assuming that the modulating signal fall time is negligible).

4.5.22.6 Amplitude modulation input impedance

A signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the external modulation terminal of Oscillator and to a resistance box through a shielded transformer, as shown in Figure 33. The resistance box shall be non-reactive at the specified measurement frequency.

An oscilloscope (or suitable AC voltmeter) shall be connected so as to measure either the signal level across the resistance box (V_1) or the input level of the modulating signal to Oscillator (V_2).

The signal generator shall be adjusted so that the voltage level of the modulating signal at the input to Oscillator is at the specified level.

The modulation input impedance shall be calculated as:

$$Z = \frac{V_2}{V_1} R$$

and shall be as stated in the detail specification.

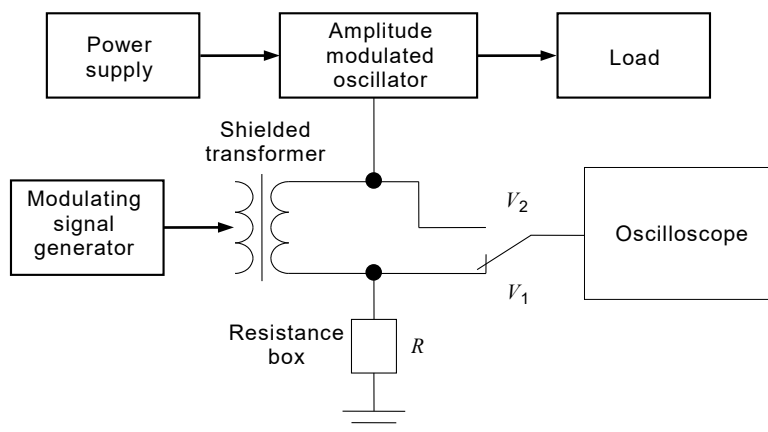


Figure 33 – Test circuit for the determination of modulation input impedance

4.5.22.7 Incidental frequency modulation on an amplitude modulation signal

The amplitude modulation shall be adjusted to the specified index, as described in 4.5.22.1. The resultant frequency modulation deviation shall then be measured, as described in 4.5.23.1. The magnitude of the deviation of the incidental frequency modulation of the amplitude modulated signal shall be within the limits stated in the detail specification. The limiting action of the frequency multiplier(s) will remove most of the amplitude modulation from the signal. However, care shall be taken to ensure that the residual a.m. is insufficient to affect the accuracy of the frequency modulation meter.

4.5.23 Frequency modulation characteristics

4.5.23.1 Frequency modulation deviation

Test A shall be used for a peak frequency deviation greater than 100 Hz.

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 34, with a modulating signal of specified frequency applied to its modulation input terminal.

The peak frequency deviation of the output signal shall be measured using an FM modulation (or deviation) meter, and shall be within the limits as stated in the detail specification.

When measuring very high frequency signals having a low peak frequency deviation, it may be necessary to use a local oscillator which is phase locked to a source having a low incidental FM content (for example a crystal oscillator), in order to reduce its FM noise deviation.

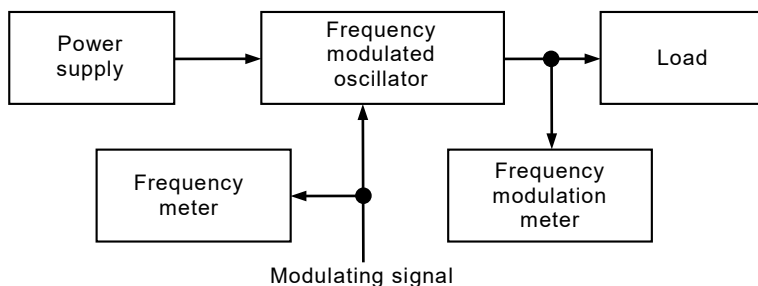


Figure 34 – Test circuit for the measurement of FM deviation

NOTE 1 Frequency modulation index:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$$

where

Δf is the actual peak frequency deviation;

f_m is the frequency of the modulating signal.

Test B shall be used for a peak frequency deviation smaller than 100 Hz.

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 34, with the addition of a frequency multiplier before the f.m. modulation meter (see Note 2).

A modulating signal of specified frequency shall be applied to the modulation input terminal of Oscillator and the peak frequency of the output signal measured through the frequency multiplier using an f.m. modulation (or deviation) meter.

Hence

$$\Delta f = \frac{\Delta f_{\text{mult}}}{M}$$

where

Δf is the actual peak frequency deviation;

Δf_{mult} is the measured peak deviation;

M is multiplication factor.

The value obtained shall be within the limits stated in the detail specification.

When using this test method it shall be necessary to observe the following precautions:

- when measuring very high frequency signals having a low peak frequency deviation, it may be necessary to use a local oscillator which is phase locked to a source having a low incidental f.m. content (for example a crystal oscillator), in order to reduce its f.m. noise deviation;
- most oscillators are in some measure susceptible to ripple on the supply voltage; when measuring signals having a small frequency modulation index, great care shall be taken to ensure that supply voltage variations do not affect the measurement of peak frequency deviation.

NOTE 2 Frequency modulation index:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$$

where

Δf is the actual peak frequency deviation;

f_m is the frequency of the modulating signal.

NOTE 3 It can be necessary to use a mixer, before and/or after frequency multiplication, to down-convert the signal to bring it within the range of the frequency modulation meter.

4.5.23.2 Frequency modulation sensitivity

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 35. A signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the modulation input terminal of Oscillator and its output set to the specified amplitude as measured by the oscilloscope or r.f. voltmeter. The specified modulation input level shall be such that the specified maximum permissible peak deviation of Oscillator is not exceeded. The peak frequency deviation of the output signal shall be measured as described in 4.5.23.1, tests A or B, as appropriate.

The frequency modulation sensitivity is defined as:

$$S_{FM} = \frac{\Delta f_{p-p}}{V_{p-p}}$$

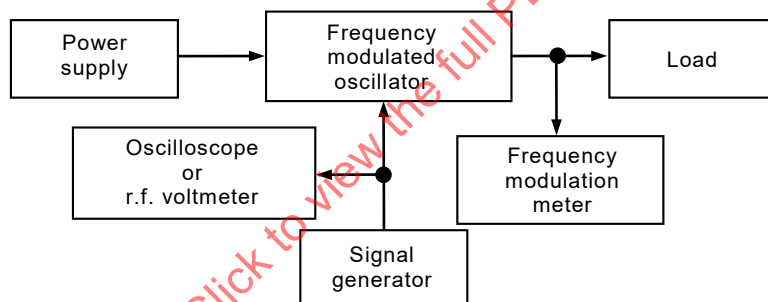
where

Δf_{p-p} is the peak-to-peak frequency deviation;

V_{p-p} is the peak-to-peak modulating signal voltage.

Its value shall be within the limits stated in the detail specification.

NOTE This method can be used to determine the immunity of an oscillator to power supply line ripple, etc. by superimposing the modulating signal on the DC supply voltage.



IEC

Figure 35 – Test circuit for the measurement of f.m. sensitivity

4.5.23.3 Frequency modulation distortion (non-linearity)

4.5.23.3.1 Test A (static test)

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 36a, with a variable voltage DC power supply connected to the modulation input terminal. Measurements of Oscillator output frequency at the specified DC modulation voltages shall be made. A graph of output frequency against control voltage shall be plotted and hence the linearity of the frequency modulation deviation determined. This shall be within the limits stated in the detail specification.

4.5.23.3.2 Test B (dynamic test)

Oscillator shall be connected to the specified load, as shown in Figure 36b.

A sinusoidal signal, at the specified frequency and at a voltage level such as to produce the specified modulation frequency deviation (see 4.5.23.1, tests A or B, as appropriate), shall be applied to the external modulation terminal of Oscillator.

The distortion of the output signal from the modulation detector (in modulation meter) shall be measured with a distortion meter. The distortion shall be within the limits stated in the detail specification.

When using this test method, it shall be necessary to observe the following precautions:

- if the harmonic content of the modulating signal is significant, the results obtained shall be corrected, or filtering may be added to the modulating signal to reduce the harmonic content;
- the distortion introduced by the detector of the modulation meter shall be low compared with that of Oscillator under test.

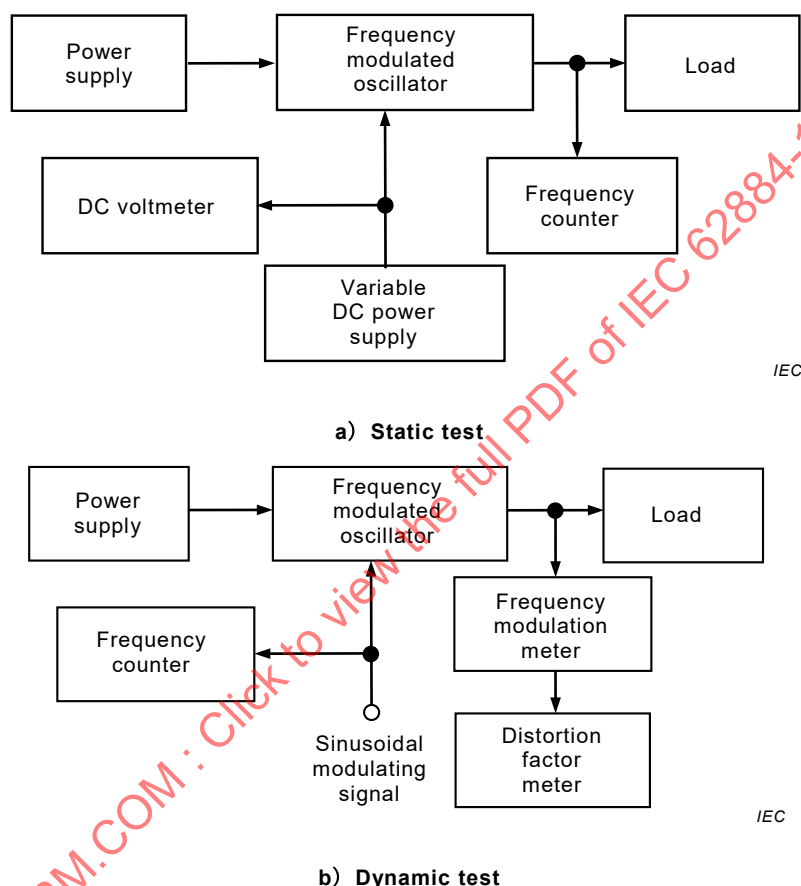


Figure 36 – Test circuit for the measurement of frequency modulation distortion

4.5.23.4 Frequency modulation frequency response

Using the procedures described in 4.5.23.2 with a sinusoidal modulating signal applied, the frequency modulation sensitivity at a specified reference frequency shall be measured. Measurements shall be made at other specified frequencies and the change in modulation sensitivity, usually expressed in decibels, determined. This change shall be within the limits stated in the detail specification.

4.5.23.5 Frequency modulation input impedance

This test shall be performed exactly as described in 4.5.22.6.

The resultant impedance shall be as specified in the detail specification.

4.5.24 Spurious response

The spurious response(s) shall be measured using the procedures exactly as described in 4.5.15, except that the measuring system shall be screened against any high level signals in the environment of Oscillator under test.

NOTE Spurious response(s) are, by definition, not harmonically related to the fundamental frequency and so it is difficult to differentiate between oscillator-generated spurious signals and those which can be picked up from the operating environment. This can be checked by removing the supply voltage from Oscillator.

4.5.25 Phase noise

4.5.25.1 General

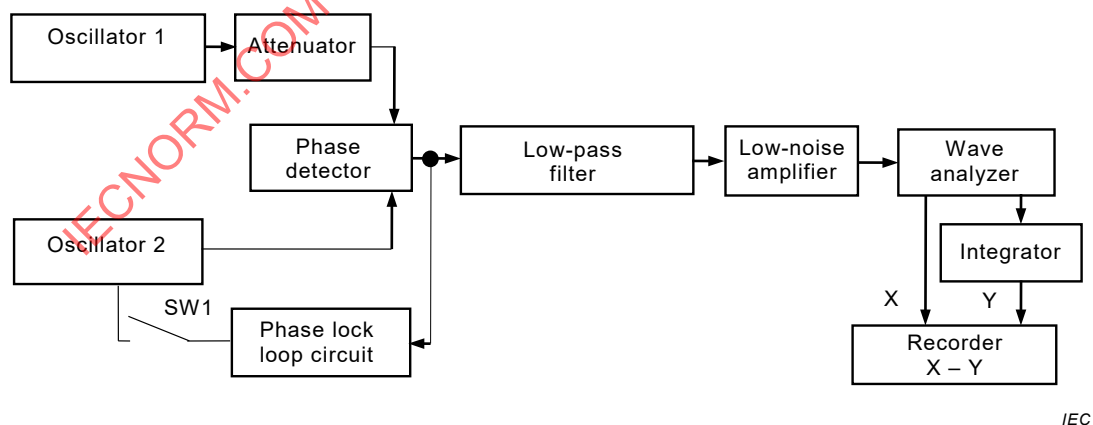
Phase noise gives rise to a sideband distribution that consists of symmetrical pairs whose relative amplitude, compared to the carrier, is equal to half the peak phase deviation of that component in radians.

For the measurement of phase noise, synchronous signals are compared by means of a phase detector.

The output of the phase detector is the instantaneous voltage analog of the phase noise contribution. For the phase detector to be held to zero output, except for the phase noise contributions, it is essential that Oscillator under test (oscillator 2 in Figure 37) be kept in quadrature with the reference oscillator. This is achieved by using a DC amplifier to sense a zero phase detector output and hence drive the test oscillator to phase quadrature.

The output phase noise is monitored with a low frequency wave analyzer. The noise measured by the wave analyzer will be r.m.s. noise (it may be necessary to perform a conversion for average/r.m.s.) in both sidebands; this may be converted to a single-sideband phase noise by subtracting 6 dB.

Ideally, the reference oscillator (oscillator 1 in Figure 37) should have a very low noise contribution. It frequently occurs that both oscillators are of similar type; if this is so, it may be assumed that both oscillators have equal noise contributions, that is the signal-to-phase noise ratio will be degraded by 3 dB for similar oscillators. An appropriate allowance should be made when calculating the results.



IEC

Figure 37 – Test circuit for the measurement of single-sideband phase noise

4.5.25.2 Procedure

The circuit shall be connected as shown in Figure 37. The feed-back loop from the phase detector shall be arranged such that oscillator 1 and oscillator 2 may be phase-locked in quadrature. The wave analyzer shall be set to the specified resolution bandwidth (frequency 1 Hz) and the integrator time constant to 1 s, unless otherwise stated in the detail specification.

Switch 1 shall be opened and a difference frequency will be established between oscillator 1 and oscillator 2. The wave analyzer shall be adjusted to the difference frequency and the scale of the X-Y recorder calibrated by means of the attenuator in the region –60 dB to –80 dB (high attenuation to prevent overloading of the low-noise amplifier).

Switch 1 shall then be closed. Oscillators 1 and 2 are phase locked in quadrature. The attenuator shall be set to –10 dB, unless otherwise stated in the detail specification, and the wave analyzer tracked in frequency over the specified range of offset frequencies over which the phase noise is to be measured.

4.5.25.3 Precautions

The response time of the frequency-control loop shall be very long compared with the period of the lowest sideband noise to be measured. For example, a 10 s response time (or 0,1 Hz cut-off frequency) would be indicated in order to measure phase noise sidebands at 1 Hz. Within the pass-band of the locking loop, the output signal is proportional to frequency noise; far outside the locking-loop pass-band, the output signal is proportional to phase noise, but in the transition region, the situation is somewhat complicated.

General precautions pertaining to the use of narrow-band tuned detectors shall be followed; in particular, the tuning rate (Hz/s) shall be small compared with the detector bandwidth (Hz) and the post-detector integration time shall be long compared with the inverse detector bandwidth.

For example, with a 10 Hz detector pass-band, the tuning (or slew) rate should be no greater than 1 Hz/s, and an integration time of at least 1 s should be used.

NOTE The limit of resolution of this measurement system is determined by the minimum bandwidth of the wave analyzer. In this case, spectral components having a Fourier frequency lower than the analyzer bandwidth cannot be measured.

It is assumed that the noise contribution from the phase locked loop is small compared with Oscillator contribution. An alternative circuit arrangement is to manufacture the two oscillators with, for example, a 4,5 kHz frequency separation and then to examine (with the wave analyzer) the noise distribution around the 4,5 kHz output from a mixer, which should be used in place of the phase detector. In this arrangement, a band-pass filter (centered on the difference frequency) should be used instead of the low-pass filter. The disadvantage of this system is that it has an inherently lower stability and, in general, it will not be possible to use such low resolution bandwidths.

4.5.26 Phase noise – vibration

Using the procedure described in 4.5.25, the phase noise shall be measured with Oscillator operating whilst being subjected to vibration, as described in 4.6.7.2 (sinusoidal) or 4.6.7.4 (random).

The phase noise (vibration) shall be as specified in the detail specification.

4.5.27 Phase noise – acoustic

Using the procedure described in 4.5.25, the phase noise shall be measured with Oscillator operating whilst being subjected to acoustic noise, as required by 4.6.12.

4.5.28 Noise pedestal

4.5.28.1 General

The noise pedestal refers to the relative level of Oscillator frequency and the far-out noise level from Oscillator.

The graph in Figure 38 shows a typical spectrum as obtained from a crystal oscillator as displayed on a spectrum analyzer. Subclause 4.5.25 relates to the measurement of the noise contribution close to Oscillator frequency, while this test relates to the far-out contribution, usually expressed in decibels, below Oscillator frequency.

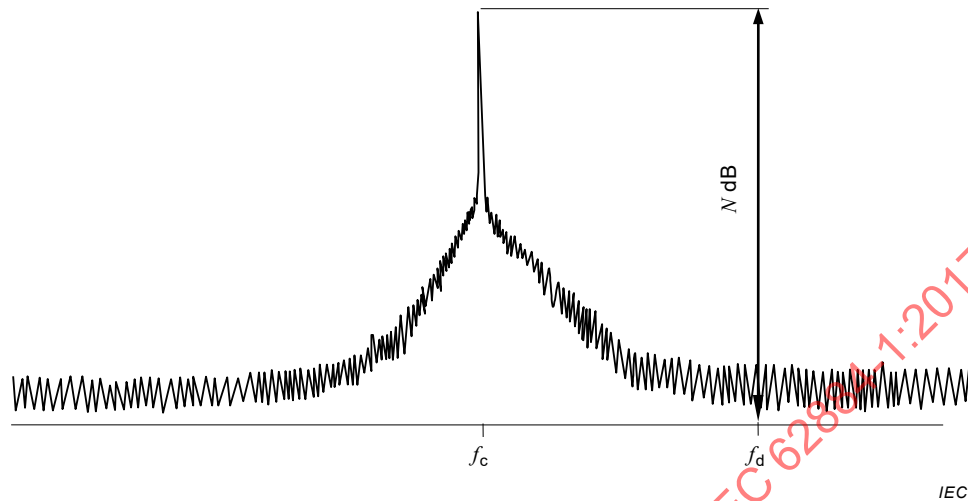


Figure 38 – Typical noise pedestal spectrum

4.5.28.2 Procedure

Oscillator shall be connected to the specified load and spectrum analyzer of specified resolution bandwidth, as shown in Figure 19.

From the output spectrum of Oscillator displayed on the spectrum analyzer, the noise pedestal shall be measured from the noise base line where it reaches asymptotic level, or at a specified frequency (f_d).

The measurement frequency (f_d) or separation from Oscillator frequency ($f_c - f_d$), if a specific frequency offset is relevant, shall be specified in the detail specification.

The mean level of the noise should be taken as the base line. This can be easily assessed if the spectrum analyzer incorporates a video filter which can be set for a long time constant, for example to a 10 Hz low-pass bandwidth.

4.5.28.3 Precautions

The following precautions shall be observed:

- care shall be taken to ensure that the noise contribution of the spectrum analyzer does not degrade the measurement of noise pedestal; this can be checked by changing the input attenuator setting of the spectrum analyzer. This should not change the value of N (see Figure 38), but rather reduce both Oscillator frequency level and the level of the far out noise. Spectrum analyzer noise will limit the applicability of this test to oscillators having a noise pedestal of about 70 dB to 90 dB (depending on the spectrum analyzer) or worse;
- should the noise pedestal be below the threshold level of the spectrum analyzer, the method described in 4.5.25 may be used to obtain an estimate of the noise pedestal; this is perfectly valid because, at low levels, the major contribution to the overall noise results from frequency or phase effects.

4.5.29 Spectral purity

4.5.29.1 General

Out-band noise refers to the relative level of the noise of frequencies far from Oscillator frequency, including discrete harmonic or spurious single frequency tones, to the level of Oscillator frequency.

Subclause 4.5.25 deals with the measurement of phase noise in the enhancement region near (within several bandwidths) Oscillator frequency, while Subclause 4.5.25 refers to the flat additive noise region extending from several kilohertz to as much as several megahertz away from Oscillator frequency.

4.5.29.2 Procedure

Oscillator shall be connected as shown in Figure 19 and the spectrum analyzer adjusted to display the specified frequency range. The level of the noise pedestal may be determined directly from the spectrum analyzer display (in decibels), with appropriate correction for the analyzer bandwidth (that is 10 dB per decade bandwidth) in order to reduce the data to a 1 Hz basis.

4.5.29.3 Precautions

Care shall be taken to ensure that the noise contribution of the spectrum analyzer does not degrade the measurement. This can be checked by inserting a variable attenuator between Oscillator and the spectrum analyzer, and ensuring that both carrier and noise levels respond equally to attenuator setting.

In many cases, the signal-to-wideband noise ratio of crystal controlled oscillators will greatly exceed the dynamic range of available spectrum analyzers; in this case, it will be necessary to use a narrow-band elimination filter to attenuate the carrier to some known amount (that is 80 dB or 90 dB) in order to avoid saturation of the analyzer. Alternatively, some demodulation scheme may be used, such as the narrow-band phase locked loop of 4.5.25, to remove the carrier effectively.

Since the additive noise level from a crystal controlled oscillator can be comparable to the thermal noise generated by the load impedance itself, great care is recommended in the selection of any amplifier or signal processing equipment used in its measurement.

4.5.30 Incidental frequency modulation

Oscillator is connected as shown in Figure 39 and allowed to stabilize. The frequency discriminator shall provide a linear characteristic over a sufficiently wide band to prevent distortion of base-band spectral components in the specified frequency range. The incidental f.m. spectrum will be obtained directly on the X – Y recorder and shall be within the limits stated in the detail specification.

If it is specified to determine the total FM signal in a particular base-band region, a suitable band-pass filter and RMS voltmeter may be substituted for the wave analyzer and X – Y recorder. In either case, it shall be necessary to determine the discriminator characteristic (volts/hertz deviation) in order to establish the calibration system.

It shall be necessary to take into consideration the following precaution.

The incidental FM of high-quality crystal controlled oscillators is commonly very small, especially at low base-band frequencies, requiring careful selection of low-noise discriminators and video amplifiers. Post-detection integration time and wave analyzer scanning rate shall be adjusted to be compatible with the wave analyzer bandwidth, in order to ensure accurate measurement of discrete FM tones, such as those produced by power supply ripple voltage, etc.

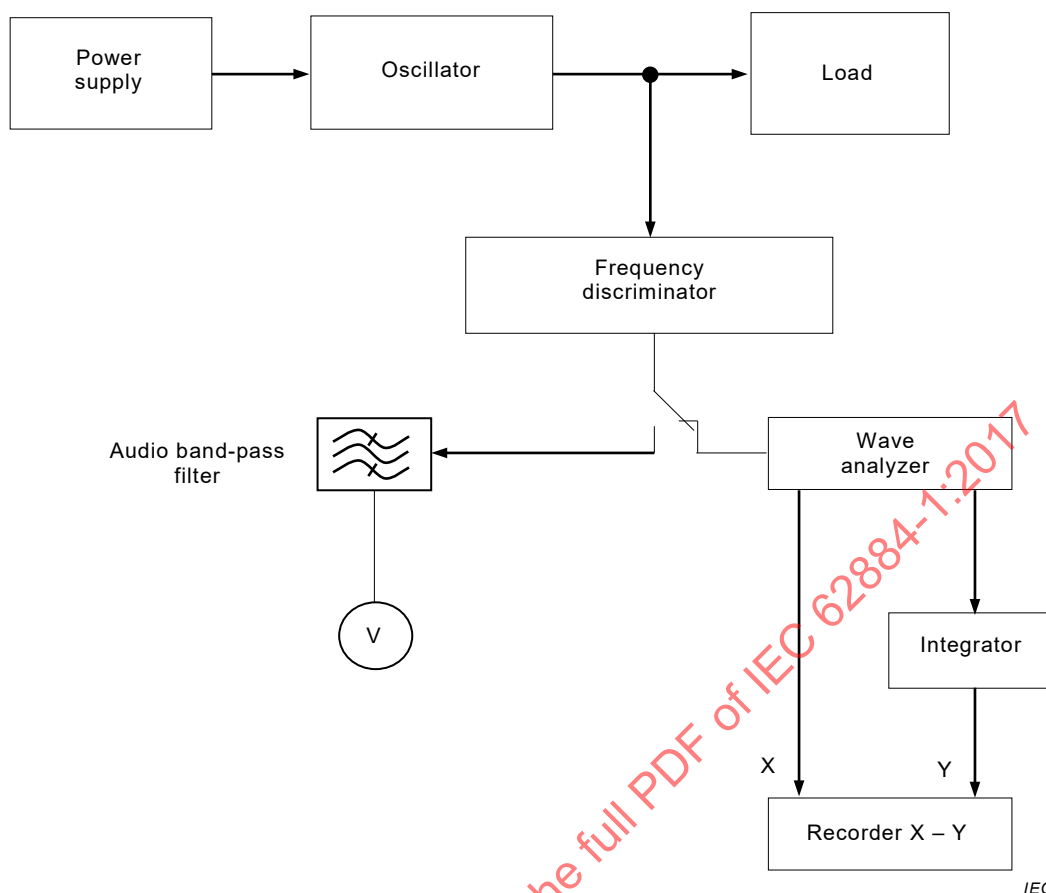


Figure 39 – Test circuit for the measurement of incidental frequency modulation

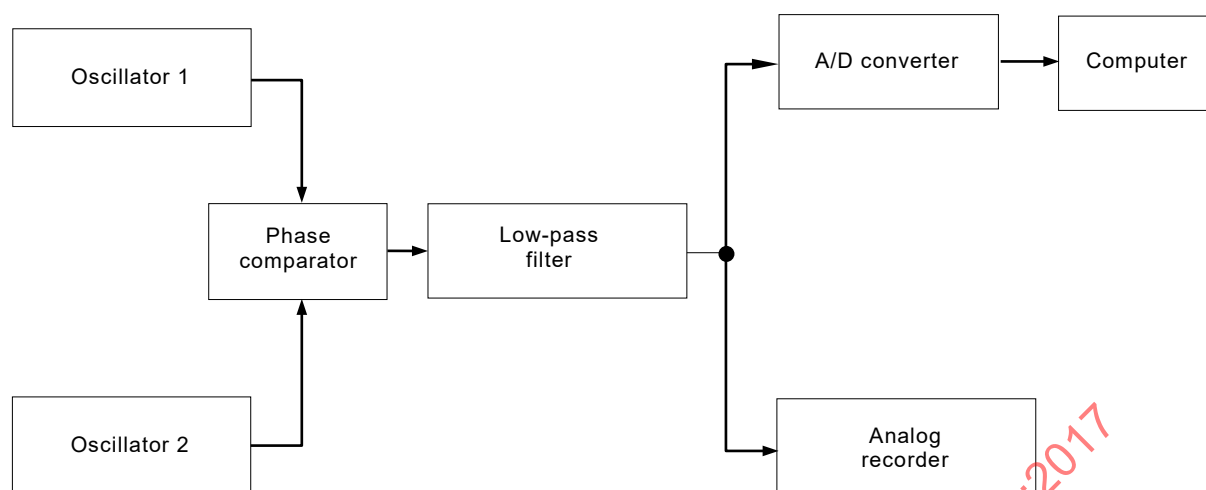
4.5.31 RMS fractional frequency fluctuations

4.5.31.1 Procedure

In principle, time domain stability measurements are made with respect to a reference source having much better stability than the unit under test.

In general practice, however, comparisons are commonly made between two oscillators of similar design, and it is usually assumed that the probability densities and distribution functions of their random noise processes are nearly the same. Since the noise processes combine on a power basis, the fractional frequency fluctuations between the two similar oscillators shall be divided by $\sqrt{2}$ to arrive at an estimate of the fluctuation due to one of Oscillator alone. This is reflected in the formulae derived for each of the two methods:

- Method 1 – Two oscillators having exactly the same mean frequency.
The two oscillators shall be connected as shown in Figure 40.



IEC

NOTE Phase comparators are often sensitive to both phase and amplitude deviations. In order to minimize sensitivity to amplitude, it is normal practice to use a double-balanced mixer as a quadrature detector.

Figure 40 – Test circuit for method 1

In the case of method 1, the phase comparator produces an analog signal which is directly proportional to the instantaneous phase fluctuations between the two oscillator signals (for Fourier frequencies below the cut-off of the low-pass filter). This signal may be examined by analog methods (such as continuous strip-chart recorder, RMS voltmeter or spectrum analyzer), or it can be examined by time domain methods using a sampling type A/D converter with a controlled sample averaging time τ , and the repetitive sampled measurements stored for analysis by a computer. Using this method, there is no dead time introduced in the measurement system, and the RMS fractional frequency fluctuation is:

$$\frac{\Delta F}{F}(\tau)_{rms} = \frac{1}{4\pi F_0 \tau} \left[\frac{1}{(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} [\varphi(t_k + 2\tau) - \varphi(t_k + \tau)] - [\varphi(t_k + \tau) - \varphi(t_k)] \right]^2 \right]^{1/2}$$

where

M is the number of repetitive measurements;

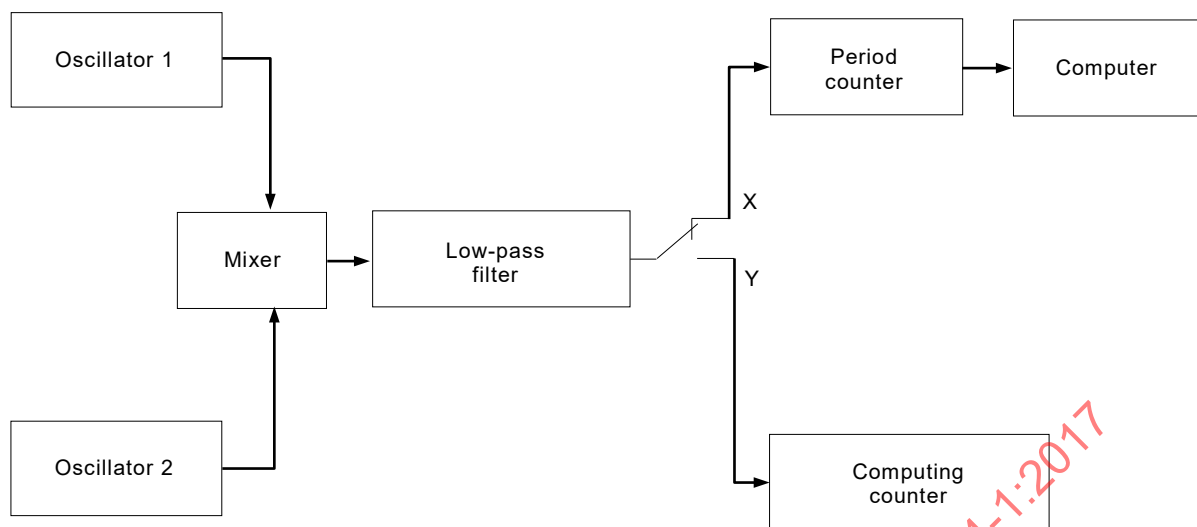
τ is the sample averaging time.

If, in fact, the reference oscillator used has much better stability than the unit under test, then all of the frequency fluctuations can be attributed to the unit under test and the equation above should be multiplied by $\sqrt{2}$.

- Method 2 – Two oscillators having slightly different frequencies.

The two oscillators shall be connected as shown in Figure 41.

In this case, the two oscillators being compared are usually made to be essentially identical, except that one of the controlling crystals is adjusted to a slightly different frequency. Therefore, the output of the mixer will have a sinusoidal waveform whose frequency is the difference between the two oscillator frequencies. This is commonly chosen to be somewhere in the range from 100 Hz to 10 kHz. It is assumed that the small difference in crystal unit adjustment will not significantly influence the random noise characteristics of Oscillator.



IEC

NOTE Position X or Y can be used to obtain the Allan variance and deviation. X allows determination of the standard deviation as well.

Figure 41 – Test circuit for method 2

The specified number of measurements M of the period of the beat frequency is made, using the specified averaging time τ (τ should be an integral number of periods of the beat frequency). The interval between successive measurements T will usually be at least one period of the beat frequency longer than the sample averaging time τ and may be two or more periods greater depending upon the beat frequency and the recycling time of the counter-data acquisition system. The fractional frequency fluctuation is:

$$\frac{\Delta F}{F_0}(\tau)_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{B_2(r, \mu)}} \times \frac{1}{2F_0} \left[\frac{1}{(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (F_{k+1} - F_k)^2 \right]^{1/2}$$

where

τ is the sample averaging time;

$B_2(r, \mu)$ is the correction factor for dead time;

T is the sampling period;

$\gamma = \frac{T}{\tau}$ is the ratio of sampling period to sample averaging time;

F_k, F_{k+1} are the successive measurements of the beat frequency averaged for sample time τ , as described above.

As for method 1 above, if the reference oscillator has much better stability than the unit under test, all of the frequency fluctuations can be attributed to the unit under test and the value above should be multiplied by $\sqrt{2}$.

4.5.31.2 Modification of methods 1 and 2

In special instances (for example if only very short averaging times are of interest), a narrow-band crystal filter may be inserted between the reference oscillator and the mixer or phase comparator, as shown in Figure 42. For averaging times τ much less than the reciprocal of the filter bandwidth, this modification can remove the noise sidebands from the reference signal, so that only the frequency fluctuations of the unit under test will be observed. To be effective, however, the crystal filter itself shall be free from excess noise, protected from mechanical disturbances and maintained at constant temperature.

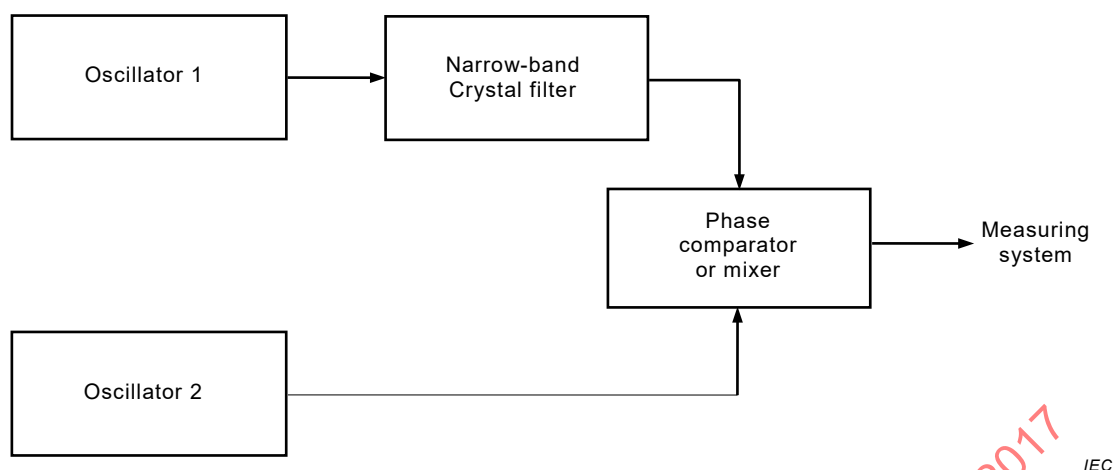


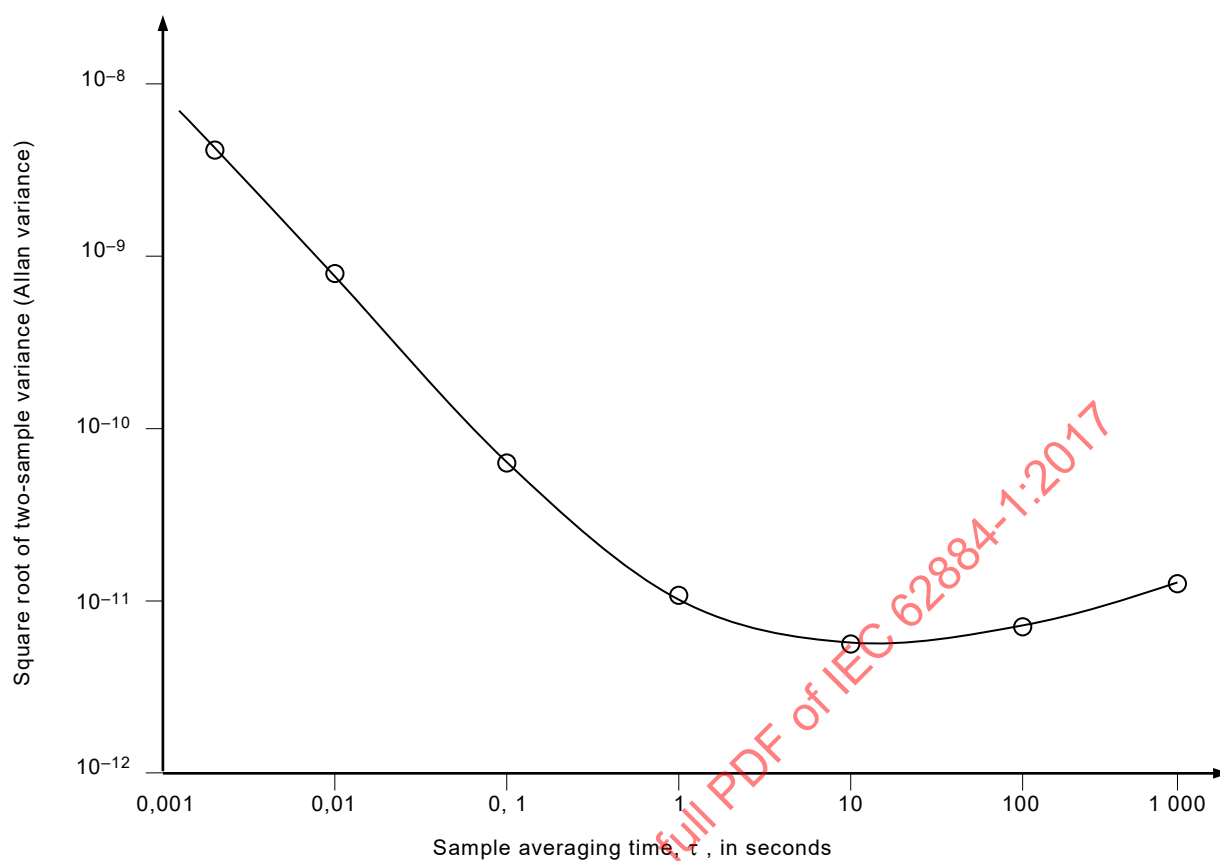
Figure 42 – Circuit modifications for methods 1 and 2

4.5.31.3 Precautions

The short-term frequency stability of Oscillator is a very sensitive measure of the spectral purity and, as such, should be performed under controlled conditions. For high orders of stability, screened enclosures should be used, the recording apparatus being outside the enclosure.

4.5.31.4 Results

The short-term frequency stability of Oscillator shall be given in a graphical form. An example is given in Figure 43.



IEC

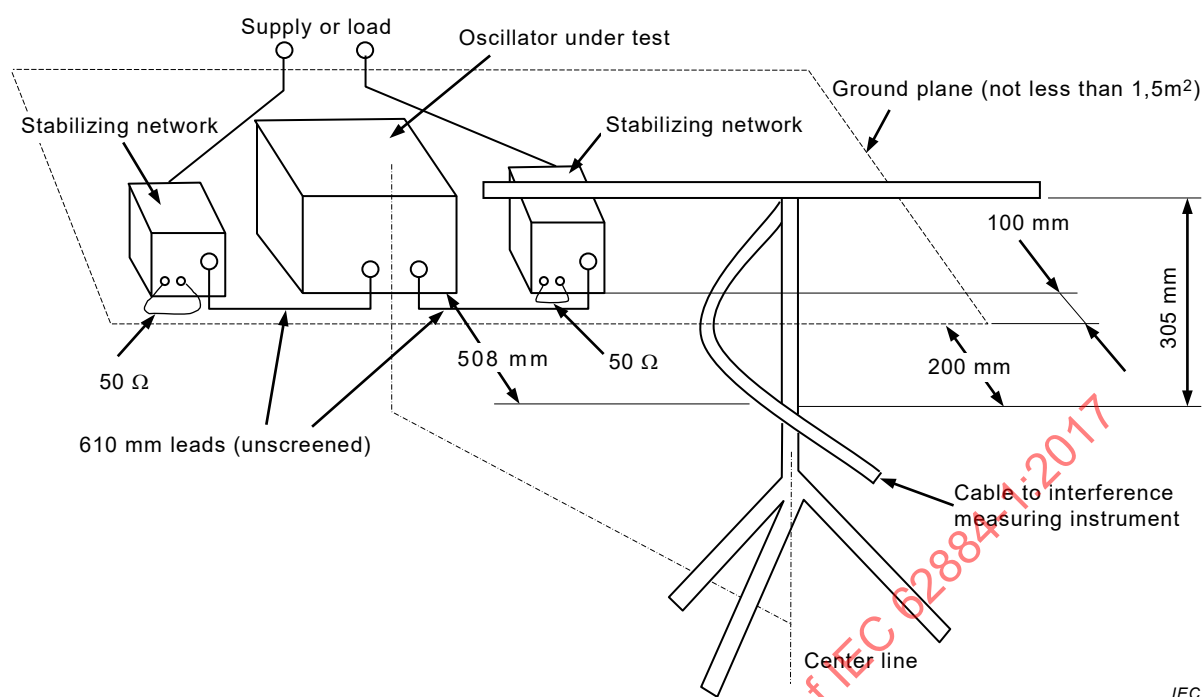
Figure 43 – Time-domain short-term frequency stability of a typical 5 MHz precision oscillator

4.5.32 Electromagnetic interference (radiated)

4.5.32.1 General

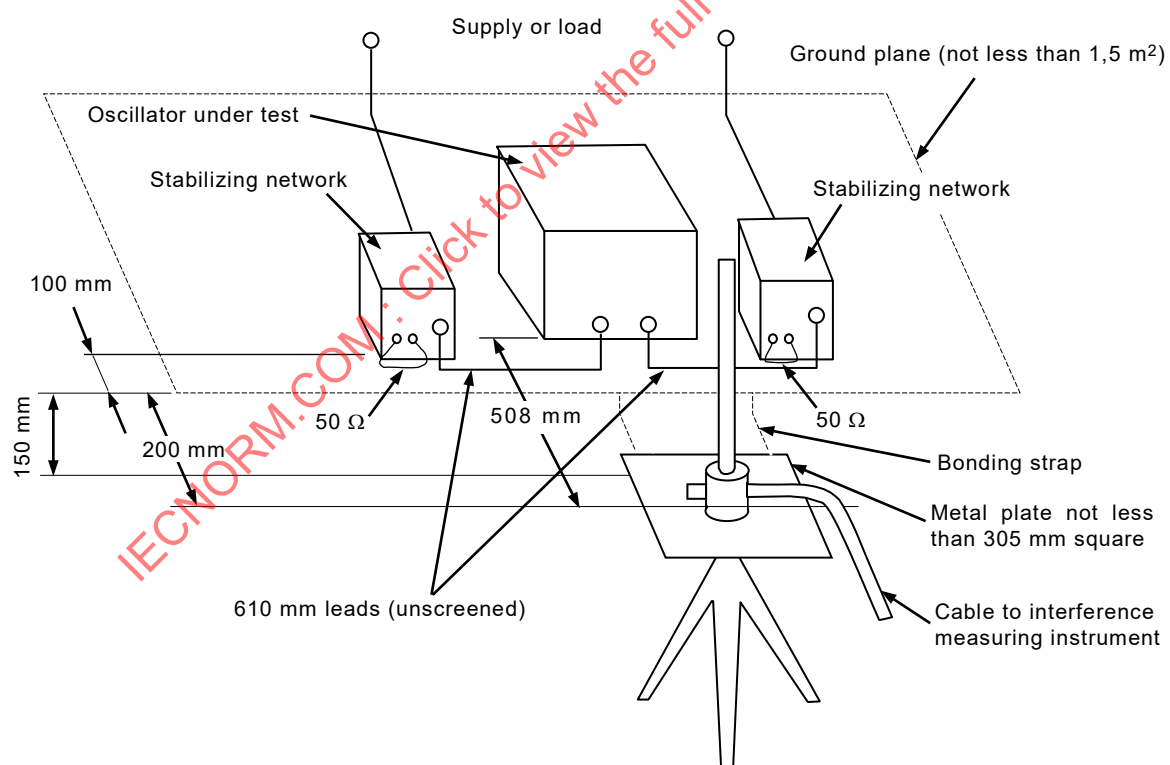
This method shall be used, unless otherwise specified by national regulations.

The test arrangements shall be as described in Figures 44a) and 44b).



NOTE Stabilizing network to be bonded to the ground plane.

a) – Typical arrangement for radiated interference tests, 30 MHz and above



NOTE Stabilizing network to be bonded to the ground plane.

b) – Typical arrangement for radiated interference tests, below 30 MHz

Figure 44 – Radiated interference tests

4.5.32.2 Test conditions

For tests of radiated interference, it is essential that the test should be made in a screened room having dimensions not less than 2,4 m high, 2,1 m wide, and 4,6 m long.

Ideally, the tests for radiated interference should be made in a screened room having adequate filters in all incoming supply lines. If this is impracticable, precautions should be taken to ensure that the results are not affected by noise voltages and fields other than those due to Oscillator under test. This will involve the use of additional filters in the supply and/or load circuits.

Oscillator under test should be mounted on the ground plane. The ground plane shall be bonded to the screened room at points not more than 0,9 m apart, and at the ends of the ground plane.

The leads from Oscillator under test to the line impedance stabilizing network shall be 610 mm in length, and shall be screened or unscreened, as shown in the appropriate figure. The stabilizing networks in the lines not being measured shall be terminated by 50 Ω non-reactive resistors.

The impedance characteristics of the stabilizing network shall be within the limits of Figure 45. One practical method of attaining this impedance is shown in Figure 46.

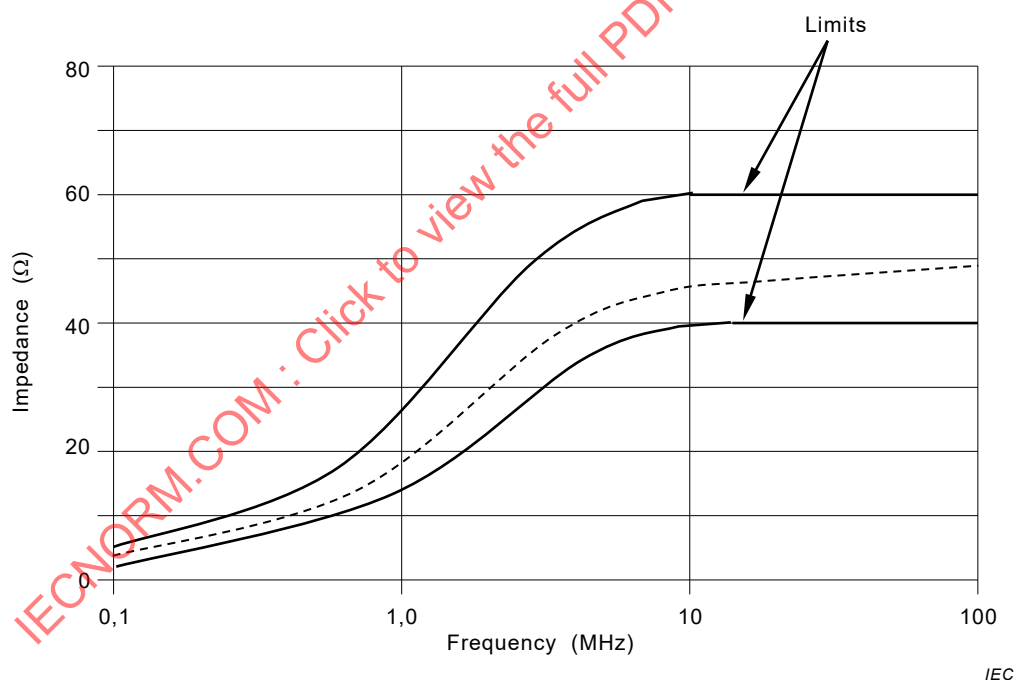
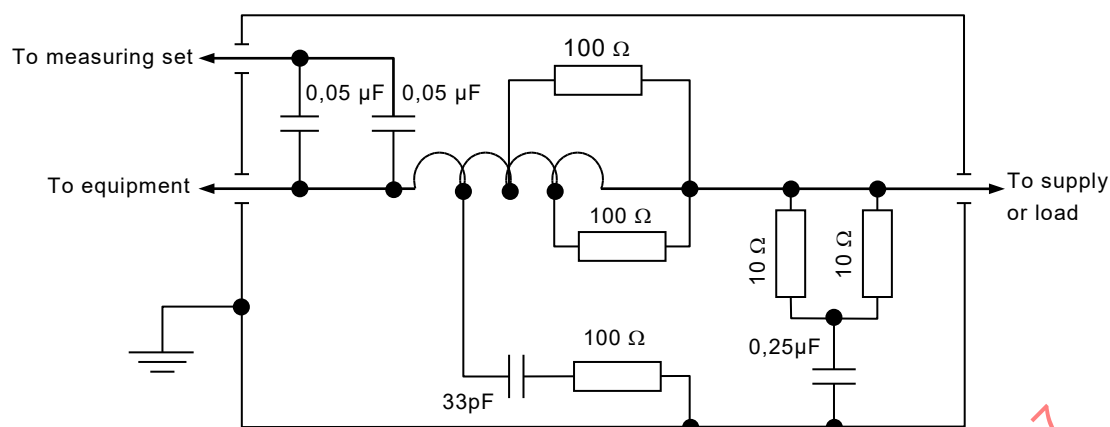


Figure 45 – Characteristics of line impedance of stabilizing network



IEC

Coil characteristics:

5 μ H, 10 turns, 5.89 mm (0.232 in) 4 SWG¹ wound on 51.0 mm(2 in) diameter former.

Figure 46 – Circuit diagram of line impedance of stabilizing network

4.5.32.3 Procedure

Oscillator shall be set up in a screened room and with a measuring system as described above.

The measurements shall be made under the load conditions producing the worst operating conditions from the point of view of radio interference.

A vertical rod aerial of $1\,016\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$ long shall be used at frequencies below 30 MHz. It shall be located at the point where maximum interference is obtained when it is moved along a line parallel to the front edge of the ground plane. At 30 MHz and above, a horizontal dipole aerial shall be used; over the frequency range 30 MHz to 50 MHz, a 50 MHz dipole shall be used and above 50 MHz a resonant dipole shall be used. It shall be placed parallel to the front edge of the ground plane. Its height shall be $305\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$ above the level of the ground plane and its centre shall be adjacent to the geometrical centre of the unit under test. The rod or the dipole aerial shall be located 508 mm from the nearest point on the surface of Oscillator under test. When the length of the dipole is less than that of the test layout, it shall be moved parallel to the edge of the ground plane to the point of maximum response.

4.5.32.4 Measuring sets

Measuring sets having facilities for the measurement of peak values and having bandwidths within the limits shown in Table 1 are preferred for measurements specified in this standard. Measuring sets having other bandwidths are acceptable, when suitable correlation factors are used.

1 British standard wire gauge.

Table 1 – Measuring sets bandwidth

Frequency range MHz	Bandwidths limits, at –6 dB
0,05 to 0,15	200 Hz ± 100 Hz
0,15 to 30	9 kHz ± 1 kHz
30 to 300	150 kHz ± 50 kHz
300 to 1 000	150 kHz ± 50 kHz

All voltages measured shall be referred to 50 Ω .

If the input impedance of the measuring set differs from this value, a suitable matching network shall be used and the appropriate correction factor applied.

When a measuring set has a quasi-peak voltmeter only, it will need to be modified to read peak voltages.

As the impulse bandwidth of measuring sets normally differs from 1 kHz, appropriate correction factor shall be applied on a linear basis.

In all cases, the measuring set shall be tuned for a maximum response to the interfering signal.

4.6 Mechanical and environmental test procedures

4.6.1 Robustness of terminations (destructive)

4.6.1.1 Tensile and thrust tests on terminations

The tests shall be performed in accordance with test Ua₁ (tensile) and test Ua₂ (thrust) of IEC 60068-2-21.

Unless otherwise stated in the detail specification, the values of tensile force shall be as given in Table 2 and the values of thrust force shall be as given in Table 3.

Table 2 – Tensile force

Nominal cross-sectional area ^{a)} mm ²	Corresponding diameter for circular-section wires mm	Force with tolerance of ± 10 % N
0,1 < s ≤ 0,2	0,35 < d ≤ 0,5	5
0,2 < s ≤ 0,5	0,5 < d ≤ 0,8	10
0,5 < s ≤ 1,2	0,8 < d ≤ 1,25	20

^{a)} For circular-section wires, strips or pins :

the nominal cross-sectional area is equal to the value calculated from the nominal dimension(s) given in the relevant specification.

For stranded wires:

the nominal cross-sectional area is obtained by taking the sum of the cross-sectional areas of the individual strands of the conductor specified in the relevant specification.

Table 3 – Thrust force

Nominal cross-sectional area ^{a)} mm ²	Corresponding diameter for circular-section wires mm	Force with tolerance of ±10 % N
0,1 < s ≤ 0,2	0,35 < d ≤ 0,5	1
0,2 < s ≤ 0,5	0,5 < d ≤ 0,8	2
0,5 < s ≤ 1,2	0,8 < d ≤ 1,25	4
a) For circular-section wires, strips or pins : the nominal cross-sectional area is equal to the value calculated from the nominal dimension(s) given in the relevant specification.		

4.6.1.2 Flexibility of wire terminations

The test shall be performed in accordance with test Ub (bending) of IEC 60068-2-21.

Unless otherwise stated in the detail specification, the load shall be so restricted that the bend starts 2,5 mm ±0,5 mm from the body of Oscillator, the number of bends shall be three, and the loading mass and the values of bending force shall be as given in Table 4.

Table 4 – Bending force

Section modulus mm ³	Diameter of corresponding round leads mm	Force with tolerance of ±10% N
4,2 × 10 ⁻³ < Z _x ≤ 1,2 × 10 ⁻²	0,35 < d ≤ 0,5	2,5
1,2 × 10 ⁻² < Z _x ≤ 0,5 × 10 ⁻¹	0,5 < d ≤ 0,8	5
0,5 × 10 ⁻¹ < Z _x ≤ 1,9 × 10 ⁻¹	0,8 < d ≤ 1,25	10
NOTE 1 For round terminations, the section modulus is given by the following formula: $Z_x = \frac{\pi d^3}{32}$ where d is the lead diameter; Z_x is the section modulus. For strip terminations, the section modulus is given by the following formula: $Z_x = \frac{ba^2}{6}$ where a is the thickness of the rectangular strip perpendicular to bending axis; b is the other dimension of the rectangular strip; Z_x is the section modulus. NOTE 2 The section modulus is defined in 3-21 of ISO 80000-4:2006 and the derivation of the above formulae can be found in standard textbooks on mechanical engineering.		

4.6.1.3 Torque test on mounting studs

The test shall be performed in accordance with test Ud (torque) of IEC 60068-2-21.

Unless otherwise stated in the detail specification, the value of the torque force to be applied is given in Table 5.

Table 5 – Torque force

Nominal thread diameter mm	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Torque Nm Severity 2	0,2	0,25	0,4	0,6	1,0	1,25

4.6.2 Sealing test (non-destructive)

4.6.2.1 Gross leak test

This test shall be performed in accordance with the procedure specified in test method 1 or 2 of test Qc of IEC 60068-2-17.

Method 1:

The liquid shall be degassed water and the pressure of air above the water shall be reduced to 8,5 kPa (85 mbar) or less. It shall not be necessary to drain or remove the specimen from the water before breaking the vacuum.

Method 2:

The liquid shall be maintained at $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. The immersion time shall be 30 s, unless otherwise specified in the relevant detail specification.

During the test, there shall be no evidence of leakage of gas or air from the inside of Oscillator. The continuous formation of bubbles shall be evidence of leakage.

4.6.2.2 Fine leak test

The test shall be performed in accordance with 6.4, test method 1 of test Qk of IEC 60068-2-17:1994. Unless otherwise stated in the detail specification, the pressure in the pressure vessel shall be 200 kPa (2 bar).

The maximum leak rate shall not exceed the value specified in 3.3.6 of IEC 60679-1:2017, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.3 Soldering (solderability and resistance to soldering heat) (destructive)

4.6.3.1 Solderability

Test A (lead terminations):

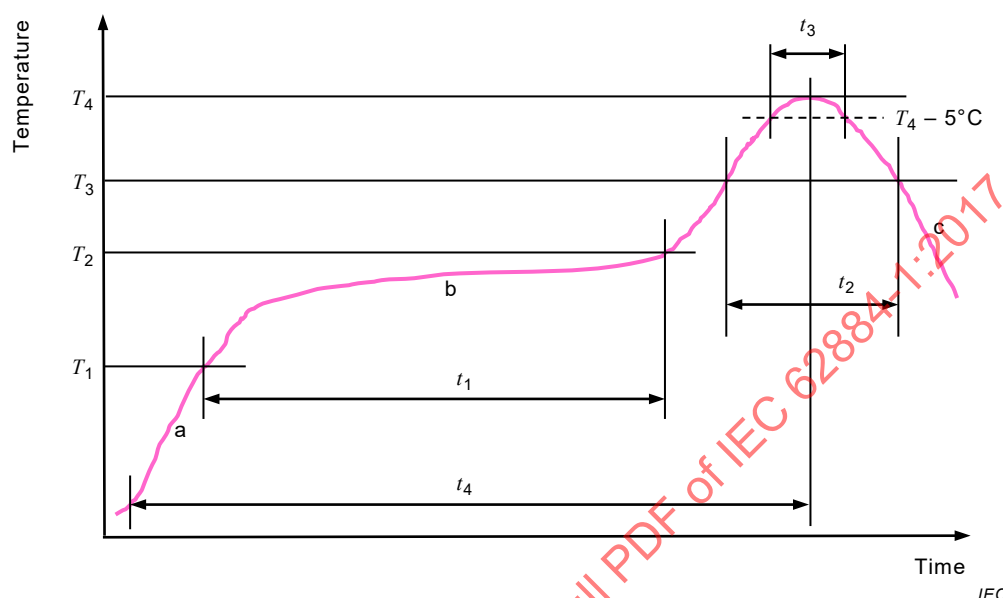
This test shall be performed in accordance with method 1 of test Ta of IEC 60068-2-20. The terminations shall be examined for good tinning, as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations.

Test B (surface mounted devices) solder bath method:

This test shall be performed in accordance with method 1: Solder bath of Td₁ of IEC 60068-2-58. The immersion time shall be $3\text{ s} \pm 0,3\text{ s}$ at a temperature of $245\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ which is used by lead-free solder alloys (e.g. Sn96,5Ag3,0Cu0,5), unless otherwise specified in the detail specification. The terminations shall be examined for good wetting of the terminations.

Test C (surface mounted devices) reflow method:

This test shall be performed in accordance with method 2: Reflow of T_{d1} of IEC 60068-2-58. The reflow temperature profile shall be as illustrated in Figure 47 and Table 6 which is used by lead-free solder alloys (e.g. Sn96,5Ag3,0Cu0,5), unless otherwise specified in the detail specification. The terminations shall be examined for good wetting of the terminations.



Key

- T_1 Minimum preheating temperature
- T_2 Maximum preheating temperature
- T_3 Liquidus temperature
- T_4 Peak temperature
- t_1 Preheating duration
- t_2 Time above liquidus temperature
- t_3 Time above $(T_4 - 5^\circ\text{C})$
- t_4 Time to T_4
- a The temperature gradient of the increasing slope shall not exceed 3 K/s.
- b Preheat area
- c The temperature gradient of the decreasing slope shall not exceed 6 K/s.

Figure 47 – Reflow temperature profile for solderability

Table 6 – Solderability – Test condition, reflow method

Solder alloy	T_1 °C	T_2 °C	t_1 s	T_3 °C	t_2 s	T_4^a °C	t_3^b s
Sn96,5Ag3,0Cu0,5	150	180	60 to 120	217	40 ± 5	235	10
^a The peak temperature (T_4) is defined as minimum for acceptance testing and maximum for qualification testing.							
^b Time above $(T_4 - 5^\circ\text{C})$ is defined as minimum for acceptance testing and maximum for qualification testing.							

4.6.3.2 Resistance to soldering heat

Test A (lead terminations):

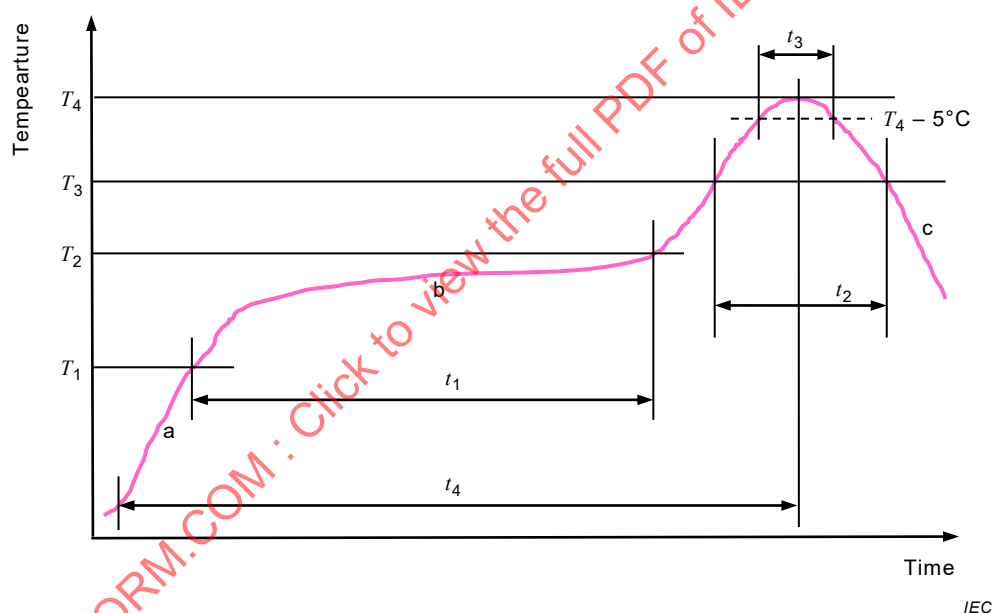
This test shall be performed in accordance with method 1 of test Tb of IEC 60068-2-20. The immersion time shall be $5\text{ s} \pm 0,5\text{ s}$, unless otherwise specified in the detail specification. A screen of thermally insulating material shall be used to prevent the component being heated by direct radiation from the solder bath. It shall also allow the immersion of the terminations up to a point 2 mm from the emergence of the terminations from the body, unless otherwise specified in the detail specification.

Test B (surface mounted devices) solder bath method:

This test shall be performed in accordance with method 1: Solder bath of Td₂ of IEC 60068-2-58. The immersion time shall be $10\text{ s} \pm 1\text{ s}$ or $5\text{ s} \pm 1\text{ s}$ at a temperature of $260\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ which is used by lead-free solder alloys (e.g. Sn96,5Ag3,0Cu0,5), unless otherwise specified in the detail specification.

Test C (surface mounted devices) reflow method:

This test shall be performed in accordance with method 2: Reflow of Td₂ of IEC 60068-2-58. The reflow temperature profile shall be as illustrated in Figure 48 and Table 7 which is used by lead-free solder alloys (e.g. Sn96,5Ag3,0Cu0,5), unless otherwise specified in the detail specification.



Key

- T_1 Minimum preheating temperature
- T_2 Maximum preheating temperature
- T_3 Liquidus temperature
- T_4 Peak temperature
- t_1 Preheating duration
- t_2 Time above liquidus temperature
- t_3 Time above $(T_4 - 5\text{ °C})$
- t_4 Time to T_4
- a The temperature gradient of the increasing slope shall not exceed 3 K/s.
- b Preheat area
- c The temperature gradient of the decreasing slope shall not exceed 6 K/s.

Figure 48 – Reflow temperature profile for resistance to soldering heat

Table 7 – Resistance to soldering heat – Test condition and severity, reflow method

Solder alloy	T_1 °C	T_2 °C	t_1^f s	T_3 °C	t_2^g s	T_4^a °C	$t_3^{b,a}$ s	t_4 s
Sn96,5Ag3,0Cu0,5	150	200	60 to 120	217	30 to 60 ^e 60 to 150	220 to 235 ^c	20 to 40 ^c	480 max
						230 to 260 ^e	5 max ^e 10 max ^e	
						245	20 ± 1	
						250 260	30 ± 1 ^d	

^a The combination of temperature and time determined by the thermal mass of the component shall be given by the relevant specification. Further information on how to determine applicable test conditions, see are provided in IEC TR 60068-3-12.

Peak temperature (T_4) measured at the specimen's top body surface is defined as maximum for acceptance testing and minimum for qualification testing.

^b Tolerance for above ($T_4 - 5^\circ\text{C}$) is defined maximum as for acceptance testing and minimum for qualification testing.

^c Components with high thermal mass can require this severity; details shall be provided by the relevant specification.

^d A more severe t_3 of (40 ± 1) s is also in use for certain applications with high package density / high thermal mass PCB.

^e Applicable for high thermal sensitivity.

^f Depending on the thermal mass of the components, the time t_1 may be extended.

^g The time t_2 depends on the thermal mass of the components.

4.6.4 Rapid change of temperature: severe shock by liquid immersion (non-destructive)

The test shall be performed in accordance with test Nc of IEC 60068-2-14. The units shall be subjected to one cycle in a downward direction $98^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ to $1^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ for 5 s.

4.6.5 Rapid change of temperature: thermal shock in air (non-destructive)

The test shall be performed in accordance with test Na of IEC 60068-2-14.

For Oscillator, the low and high test chamber temperatures shall be the extreme temperatures of the operating range stated in the detail specification.

Oscillator shall be maintained at each extreme of temperature for 30 min, unless otherwise specified in the detail specification.

Oscillator shall be subjected to 10 complete thermal cycles and then exposed to standard atmospheric conditions for recovery for not less than 2 h.

4.6.6 Bump (destructive)

The test shall be performed in accordance with test Ea of IEC 60068-2-27. Oscillator shall be mounted or clamped as required by the detail specification. The three mutually perpendicular axes in which the bump is to be applied shall include:

- an axis parallel with the terminations;
- an axis parallel to the base of Oscillator unit.

For surface mounted devices (SMD):

- an axis parallel with the terminal land plane;
- an axis perpendicular with the terminal land plane.

Unless otherwise specified, the combination of acceleration, duration and number of bumps shall be as specified in 3.3.3 of IEC 60679-1:2017.

4.6.7 Vibration (destructive)

4.6.7.1 Vibration, sinusoidal (oscillator not operating)

The test shall be performed in accordance with test Fc of IEC 60068-2-6. Oscillator shall be mounted or clamped as required by the detail specification. The three mutually perpendicular axes in which the acceleration is to be applied shall include:

- an axis parallel with the terminations;
- an axis parallel to the base of Oscillator unit.

For surface mounted devices (SMD):

- an axis parallel with the terminal land plane;
- an axis perpendicular with the terminal land plane.

The detail specification shall state the acceleration spectral density (ASD), the frequency range and duration.

4.6.7.2 Vibration, sinusoidal (oscillator operating)

The test shall be as described in 4.6.7.1 except that, during the test, Oscillator shall be energized and electrical tests, as defined in the detail specification, shall be performed.

Unless otherwise stated, the combination of frequency range, vibration amplitude and duration of endurance for the above tests shall be as stated in 3.3.4 of IEC 60679-1:2017.

4.6.7.3 Random vibration (oscillator not operating)

The test shall be performed in accordance with test Fh of IEC 60068-2-64. Oscillator shall be mounted or clamped as required by the detail specification. The three mutually perpendicular axes in which the acceleration is to be applied shall include:

- an axis parallel to the terminations;
- an axis parallel to the base of Oscillator unit.

For surface mounted devices (SMD):

- an axis parallel with the terminal land plane;
- an axis perpendicular with the terminal land plane.

The detail specification shall state the acceleration spectral density (ASD), frequency range and duration.

4.6.7.4 Random vibration (oscillator operating)

The test shall be as described in 4.6.7.3 except that, during the test Oscillator shall be energized and electrical tests, as defined in the detail specification, shall be performed.

4.6.8 Shock (destructive)

The test shall be performed in accordance with test Ea of IEC 60068-2-27. Oscillator shall be mounted or clamped as required by the detail specification. The three mutually perpendicular axes in which the shock is to be applied shall include:

- an axis parallel with the terminations;
- an axis parallel to the base of Oscillator unit.

For surface mounted devices (SMD):

- an axis parallel with the terminal land plane;
- an axis perpendicular with the terminal land plane.

The degree of severity shall be as stated in 3.3.5 of IEC 60679-1:2017, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.9 Free fall (destructive)

The test shall be performed in accordance with procedure 1 of test Ec of IEC 60068-2-31. Oscillator shall be suspended by its terminations at a height of 1 000 mm. The number of falls shall be two, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.10 Acceleration, steady-state (non-destructive)

4.6.10.1 Acceleration, steady-state (oscillator not operating)

The test shall be performed in accordance with test Ga of IEC 60068-2-7. Oscillator shall be mounted or clamped as required by the detail specification. The procedure and severity shall be as stated in the detail specification.

4.6.10.2 Acceleration, steady-state (oscillator operating)

The test shall be as described in 4.6.10.1, except that, during the test, Oscillator shall be energized and electrical tests, as defined in the detail specification, shall be performed.

The procedure and severity shall be as stated in the detail specification.

4.6.11 Acceleration – 2g tip over

To be agreed upon by the customer and the supplier.

4.6.12 Acceleration noise

To be agreed upon by the customer and the supplier.

4.6.13 Low air pressure (non-destructive)

This test shall be performed in accordance with test M of IEC 60068-2-13. The procedure and severity shall be as stated in the detail specification.

4.6.14 Dry heat (non-destructive)

This test shall be performed in accordance with test B of IEC 60068-2-2. The conditioning shall be carried out at the upper temperature indicated by the climatic category, for a duration of 16 h, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.15 Damp heat, cyclic (destructive)

This test shall be performed in accordance with test Db, variant 1, of IEC 60068-2-30, at severity b) and 55 °C for six cycles.

4.6.16 Cold (non-destructive)

This test shall be performed in accordance with test Aa of IEC 60068-2-1, at the lower temperature indicated by the climatic category, for a duration of 2 h, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.17 Climatic sequence (destructive)

The tests and measurements shall be performed in the following order:

dry heat	see 4.6.14;
damp heat, cyclic	see 4.6.15 (first cycle only);
cold	see 4.6.16;
damp heat, cyclic	see 4.6.15 (remaining five cycles).

In the climatic sequence, an interval of not more than three days is permitted between any of these tests, except between damp heat cyclic (first cycle) and cold tests.

In such a case, the cold test shall follow immediately after the recovery period specified for the damp heat test.

4.6.18 Damp heat, steady-state (destructive)

This test shall be performed in accordance with test Cab of IEC 60068-2-78, for 56 days, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.19 Salt mist, cyclic (destructive)

This test shall be performed in accordance with test Kb of IEC 60068-2-52. Severity 1 shall be used, unless otherwise stated in the detail specification.

4.6.20 Mould growth (non-destructive)

This test shall be performed in accordance with test J, variant 2, of IEC 60068-2-10.

WARNING – This test can constitute a health hazard, therefore special precautions should be observed (see Annex A of IEC 60068-2-10:2005).

4.6.21 Immersion in cleaning solvent (non-destructive)

This test is applicable to superficial marking only. To establish the permanence of marking, this test shall be performed in accordance with method 1 of test XA of IEC 60068-2-45. The detail specification shall prescribe the solvent, the temperature of the solvent, the rubbing material and its dimensions, and the force to be used.

The marking shall be legible.

4.6.22 Radiation hardness

To be agreed upon by the customer and supplier.

Bibliography

IEC TR 60068-3-12:2014, *Environmental testing – Part 3-12: Supporting documentation and guidance – Method to evaluate a possible lead-free solder reflow temperature profile*

IEC 60122-1:2002, *Quartz crystal units of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60679-2:1981, *Quartz crystal controlled oscillators – Part 2: Guide to the use of quartz crystal controlled oscillators*

IEC 60679-3:2012, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 3: Standard outlines and lead connections*

IEC 60679-4, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 4: Sectional specification – Capability approval*

IEC 60679-5, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 5: Sectional specification – Qualification approval*

IEC 60748-2, *Semiconductor devices – Integrated circuits – Part 2: Digital integrated circuits*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 60749-27, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Machine model (MM)*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61019-1:2004, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 1: Generic specification*

IEC 61019-2:2005, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 2: Guide to the use*

IEC 61837-1:2012, *Surface mounted piezoelectric devices for frequency control and selection – Standard outlines and terminal lead connections – Part 1: Plastic moulded enclosure outlines*

IEC 61837-2:2011, *Surface mounted piezoelectric devices for frequency control and selection – Standard outlines and terminal lead connections – Part 2: Ceramic enclosures*

IEC 61837-4:2015, *Surface mounted piezoelectric devices for frequency control and selection – Standard outlines and terminal lead connections – Part 4: Hybrid enclosure outlines*

ISO 80000-4:2006, *Quantities and units – Part 4: Mechanics*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	66
1 Domaine d'application	68
2 Références normatives	68
3 Termes et définitions	70
3.1 Généralités	70
3.2 Termes et définitions	70
4 Procédures d'essai et de mesure	70
4.1 Généralités	70
4.2 Conditions d'essai et de mesure	70
4.2.1 Conditions normalisées d'essai	70
4.2.2 Conditions d'équilibre	71
4.2.3 Conditions de débit d'air pour les essais de température	71
4.2.4 Alimentations électriques	71
4.2.5 Précision du mesurage	71
4.2.6 Précautions	71
4.2.7 Autres méthodes d'essai	72
4.3 Examen visuel	72
4.3.1 Généralités	72
4.3.2 Essai visuel A	72
4.3.3 Essai visuel B	72
4.3.4 Essai visuel C	72
4.4 Dimensions procédures de dimensionnement	72
4.4.1 Dimensions – Essai A	72
4.4.2 Dimensions – Essai B	72
4.5 Procédures d'essai électrique	72
4.5.1 Résistance d'isolement	72
4.5.2 Résistance à la tension	73
4.5.3 Puissance d'entrée	73
4.5.4 Fréquence de sortie	75
4.5.5 Caractéristiques de fréquence/température	76
4.5.6 Coefficient fréquence/charge	77
4.5.7 Coefficient fréquence/tension	78
4.5.8 Stabilité de fréquence avec transitoire thermique	78
4.5.9 Démarrage de l'oscillation	79
4.5.10 Temps de stabilisation	83
4.5.11 Plage d'ajustage de la fréquence	84
4.5.12 Caractéristiques de retour du spot	84
4.5.13 Tension de sortie (sinusoïdale) de l'oscillateur	85
4.5.14 Tension de sortie (forme d'onde d'impulsion) de l'oscillateur	85
4.5.15 Forme d'onde de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)	86
4.5.16 Forme d'onde de sortie de l'oscillateur (impulsion)	89
4.5.17 Puissance de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)	89
4.5.18 Impédance de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)	89
4.5.19 Couplage entre sorties	90
4.5.20 Efficacité de coupure des oscillateurs à porte	90
4.5.21 Caractéristiques de sortie 3 états	91
4.5.22 Caractéristiques de modulation d'amplitude	93

4.5.23	Caractéristiques de modulation de fréquence	98
4.5.24	Réponse parasite	102
4.5.25	Bruit de phase	103
4.5.26	Bruit de phase – vibrations	104
4.5.27	Bruit de phase – acoustique	104
4.5.28	Piédestal de bruit.....	104
4.5.29	Pureté spectrale	106
4.5.30	Modulation de fréquence résiduelle	106
4.5.31	Fluctuations relatives de la fréquence efficace.....	107
4.5.32	Interférences électromagnétiques (rayonnées)	111
4.6	Procédures d'essai mécanique et environnemental	115
4.6.1	Robustesse des terminaisons (destructive).....	115
4.6.2	Essai d'étanchéité (non destructif).....	117
4.6.3	Brasage (soudabilité et résistance à la chaleur de brasage) (destructif).....	117
4.6.4	Variation rapide de température: choc sévère par immersion dans du liquide (non destructif)	120
4.6.5	Variations rapides de température: choc thermique dans l'air (non destructif)	120
4.6.6	Secousses (destructif)	120
4.6.7	Vibrations (destructif)	121
4.6.8	Chocs (destructif)	122
4.6.9	Chute libre (destructif)	122
4.6.10	Accélération constante (non destructif).....	122
4.6.11	Accélération – 2g renversement	122
4.6.12	Bruit acoustique.....	122
4.6.13	Basse pression atmosphérique (non destructif).....	122
4.6.14	Chaleur sèche (non destructif).....	122
4.6.15	Chaleur humide, essai cyclique (destructif).....	123
4.6.16	Froid (non destructif)	123
4.6.17	Séquence climatique (destructif).....	123
4.6.18	Essai continu de chaleur humide (destructif).....	123
4.6.19	Cycle brouillard salin (destructif).....	123
4.6.20	Moisissures (non destructif).....	123
4.6.21	Immersion dans les solvants de nettoyage (non destructif)	123
4.6.22	Durcissement aux rayonnements	123
	Bibliographie.....	124
	Figure 1 – Circuits d'essai pour les mesurages de la résistance d'isolement	73
	Figure 2 – Circuit d'essai de résistance à la tension.....	73
	Figure 3 – Circuit d'essai pour le mesurage de la puissance d'entrée de l'oscillateur	74
	Figure 4 – Circuit d'essai pour le mesurage de la puissance d'entrée de l'étuve et de l'oscillateur	74
	Figure 5 – Circuit d'essai pour le mesurage de la fréquence de sortie, méthode 1	75
	Figure 6 – Circuit d'essai pour le mesurage de la fréquence de sortie, méthode 2	76
	Figure 7 – Circuit d'essai pour le mesurage des caractéristiques de fréquence/température.....	77
	Figure 8 – Comportement transitoire thermique d'un oscillateur classique.....	79
	Figure 9 – Circuit de principe de l'oscillateur.....	80

Figure 10 – Circuit d'essai pour comportement de démarrage et mesurage du temps de démarrage	81
Figure 11 – Comportement de démarrage typique avec l'augmentation de la tension d'alimentation	81
Figure 12 – Définition du temps de démarrage	83
Figure 13 – Forme d'onde de la tension d'alimentation pour le mesurage périodique de t_{SU}	83
Figure 14 – Caractéristique typique du temps de stabilisation d'un oscillateur	84
Figure 15 – Exemple de caractéristique de retour du spot	85
Figure 16 – Circuit d'essai pour le mesurage de la tension de sortie	85
Figure 17 – Circuit d'essai pour le mesurage des tensions de sortie pulsées	86
Figure 18 – Caractéristiques d'une forme d'onde de sortie	86
Figure 19 – Circuit d'essai pour le mesurage de distorsion harmonique	87
Figure 20 – Formes d'ondes de sortie quasi sinusoïdales	87
Figure 21 – Spectre de fréquence avec distorsion harmonique	88
Figure 22 – Circuit d'essai pour déterminer l'isolation entre les accès de sortie	90
Figure 23 – Circuit d'essai pour mesurer l'efficacité de coupure de l'oscillateur à porte	91
Figure 24 – Circuit d'essai pour courant de sortie en mode 3 états non validé	92
Figure 25 – Circuit d'essai pour les temps de déclenchement de sortie – 3 états	92
Figure 26 – Circuit d'essai pour la mesure de l'indice de modulation	93
Figure 27 – Forme d'onde de modulation pour le calcul de l'indice	93
Figure 28 – Échelle logarithmique d'amplitude du signal	94
Figure 29 – Circuit d'essai pour déterminer la sensibilité de modulation d'amplitude	95
Figure 30 – Spectre de fréquence de la distorsion de modulation d'amplitude	96
Figure 31 – Circuit d'essai pour déterminer la modulation d'impulsions en amplitude	97
Figure 32 – Caractéristiques de modulation d'impulsions	97
Figure 33 – Circuit d'essai pour déterminer l'impédance d'entrée de modulation	98
Figure 34 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'écart de modulation de fréquence	99
Figure 35 – Circuit d'essai pour le mesurage de la sensibilité de modulation de fréquence	101
Figure 36 – Circuit d'essai pour le mesurage de la distorsion de modulation de fréquence	102
Figure 37 – Circuit d'essai pour le mesurage du bruit de phase à une seule bande latérale	103
Figure 38 – Spectre de piédestal de bruit classique	105
Figure 39 – Circuit d'essai pour le mesurage de la modulation de fréquence résiduelle	107
Figure 40 – Circuit d'essai pour la méthode 1	108
Figure 41 – Circuit d'essai pour la méthode 2	109
Figure 42 – Modifications de circuit pour la méthode 1 et la méthode 2	110
Figure 43 – Stabilité de fréquence à court terme dans le domaine temporel d'un oscillateur de précision de 5 MHz classique	111
Figure 44 – Essais d'interférences rayonnées	112
Figure 45 – Caractéristiques de l'impédance de ligne du réseau stabilisateur	113
Figure 46 – Schéma des circuits de l'impédance de ligne du réseau stabilisateur	114
Figure 47 – Profil de température de refusion pour la soudabilité	118

Figure 48 – Profil de température de refusion pour la résistance à la chaleur de brasage	119
Tableau 1 – Largeur de bande des dispositifs de mesure.....	115
Tableau 2 – Force de traction	115
Tableau 3 – Force de poussée.....	116
Tableau 4 – Force de flexion.....	116
Tableau 5 – Force de couple.....	117
Tableau 6 – Soudabilité – Condition d'essai, méthode par refusion	118
Tableau 7 – Résistance à la chaleur de brasage – Condition d'essai et sévérité de la méthode par refusion	120

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-1:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES DE MESURE DES OSCILLATEURS PIÉZOÉLECTRIQUES, DIÉLECTRIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES –

Partie 1: Méthodes fondamentales pour le mesurage

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. 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 62884-1 a été élaborée 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 (2019-08) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-06.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 49/1187A/CDV et 49/1200/RVC.

Le rapport de vote 49/1200/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, publiées sous le titre général *Techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62884-1:2017

TECHNIQUES DE MESURE DES OSCILLATEURS PIÉZOÉLECTRIQUES, DIÉLECTRIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES –

Partie 1: Méthodes fondamentales pour le mesurage

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62884 spécifie les techniques de mesure des oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques, y compris les oscillateurs à résonateur diélectrique (DRO – Dielectric Resonator Oscillators) et les oscillateurs utilisant des résonateurs et filtres à ondes de volume sur couches minces (FBAR) (ici appelé "Oscillateur").

NOTE Les oscillateurs à résonateur diélectrique (DRO) et les oscillateurs utilisant 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 cité en référence s'applique (y compris les amendements).

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

IEC 60050-561, *Vocabulaire électrotechnique international (IEV) – Partie 561: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence*. Disponible à l'adresse suivante: <http://www.electropedia.org>

IEC 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-7, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-7: Essais – Essai Ga et guide: Accélération constante*

IEC 60068-2-10:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-10: Essais – Essai J et guide: Moisissures*

IEC 60068-2-13, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-13: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique*

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Étanchéité*

IEC 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

IEC 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-45, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-45: Essais – Essai XA et guide: Immersion dans les solvants de nettoyage*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-58, *Essais d'environnement – Partie 2-58: Essais – Essai Td: Méthodes d'essai de la soudabilité, résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage des composants pour montage en surface (CMS)*

IEC 60068-2-64, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

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

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

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

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

En cas d'incohérence, quelle qu'en soit la raison, les documents doivent être classés dans l'ordre suivant de priorité:

- spécification particulière;
- spécification intermédiaire;
- spécification générique;
- tous les autres documents internationaux (de l'IEC, par exemple) cités en référence.

Le même ordre de priorité doit s'appliquer aux documents nationaux équivalents.

3 Termes et définitions

3.1 Généralités

Les unités, symboles graphiques, symboles littéraux et la terminologie, dans toute la mesure du possible, doivent être issus des normes suivantes:

- IEC 60027;
- IEC 60050-561;
- IEC 60469;
- IEC 60617;
- ISO 80000-1.

3.2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60679-1 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 doivent être réalisées conformément à la spécification particulière correspondante.

4.2 Conditions d'essai et de mesure

4.2.1 Conditions normalisées d'essai

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être réalisés dans les conditions atmosphériques normalisées pour les essais, telles que spécifiées en 4.3 de l'IEC 60068-1:2013.

- Température: 15 °C à 35 °C;
- Humidité relative: 25 % à 75 %;
- Pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa (860 mbar à 1 060 mbar).

En cas de litige, les conditions de référence sont les suivantes:

- Température: (25 ± 2) °C;
- Humidité relative: 48 % à 52 %;
- Pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa (860 mbar à 1 060 mbar).

Avant de procéder aux mesurages, l'oscillateur doit être stocké à la température ambiante pendant une durée suffisante lui permettant d'atteindre l'équilibre thermique. Les conditions de reprise contrôlées et les conditions normales de séchage assisté sont indiquées en 4.4 et 4.5 de l'IEC 60068-1:2013.

La température ambiante pendant les mesurages doit être enregistrée et consignée dans le rapport d'essai.

4.2.2 Conditions d'équilibre

Sauf spécification contraire, tous les essais électriques doivent être réalisés dans les conditions d'équilibre.

Si les conditions d'essai sont à l'origine d'une variation importante dans le temps des caractéristiques mesurées, des moyens de compensation de ces effets doivent être spécifiés (la durée pendant laquelle l'oscillateur doit être maintenu aux conditions d'essai spécifiées avant de procéder au mesurage, par exemple).

4.2.3 Conditions de débit d'air pour les essais de température

Si les dispositifs doivent être mesurés à des températures différentes de $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, ils doivent être soumis à une ventilation forcée afin d'assurer un contrôle précis de la température.

Si la perte de chaleur due à la ventilation forcée a un impact sur les performances de l'oscillateur, les conditions d'air calme doivent être simulées en enfermant l'oscillateur dans une protection contre les courants d'air composée d'une enceinte thermiquement conductrice, dont les dimensions internes sont suffisantes pour maintenir une distance dans l'air par rapport à toutes les surfaces de l'oscillateur. La température à laquelle il convient de procéder aux mesurages dans ces conditions est la température du point de référence sur la surface de la protection contre les courants d'air.

Si une protection contre les courants d'air est nécessaire, elle doit être utilisée pour les essais à haute et basse températures.

4.2.4 Alimentations électriques

L'ondulation des sources d'alimentation en courant continu utilisées pour les essais des oscillateurs à quartz ne doit pas être suffisamment large pour avoir un impact sur l'exactitude souhaitée de la mesure. Les sources d'alimentation en courant alternatif ne doivent présenter aucun transitoire. Si l'ondulation et/ou le transitoire des sources d'alimentation sont critiques pour les mesurages en cours, leurs effets doivent être totalement définis dans la spécification particulière.

4.2.5 Précision du mesurage

Les limites indiquées dans la spécification particulière sont des valeurs vraies. Les inexactitudes de mesure doivent être prises en compte lors de l'évaluation des résultats. Il convient de prendre des précautions pour réduire le plus possible les erreurs de mesure.

4.2.6 Précautions

4.2.6.1 Mesurages

Les circuits de mesure présentés pour les essais électriques spécifiés sont les circuits préférentiels. Il doit être dûment tenu compte des effets de charge si l'appareillage de mesure modifie les caractéristiques à l'étude.

4.2.6.2 Dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques

Si le composant est identifié comme étant sensible aux décharges électrostatiques, des précautions doivent être prises pour éviter les dommages engendrés par la charge électrostatique avant, pendant et après l'essai (voir l'IEC 61000-4-2).

4.2.7 Autres méthodes d'essai

De préférence, les mesurages doivent être réalisés à l'aide des méthodes spécifiées. Une autre méthode donnant des résultats équivalents peut être utilisée, sauf en cas de litige.

NOTE "Équivalent" signifie que la valeur de la caractéristique établie par d'autres méthodes de ce type est dans les limites spécifiées par la méthode de mesure indiquée.

4.3 Examen visuel

4.3.1 Généralités

Sauf spécification contraire, un examen visuel externe doit être réalisé dans les conditions d'éclairage et visuelles d'usine normales.

4.3.2 Essai visuel A

L'oscillateur doit faire l'objet d'un examen visuel pour vérifier que son état, sa qualité de fabrication et son fini sont satisfaisants. Le marquage doit être lisible.

4.3.3 Essai visuel B

L'oscillateur doit faire l'objet d'un examen visuel amplifié $\times 10$. Le verre ne doit présenter aucune fissure et les terminaisons aucun dommage. Un écaillage autour des bords d'un ménisque ne doit pas être considéré comme une fissure.

4.3.4 Essai visuel C

L'oscillateur doit faire l'objet d'un examen visuel. Aucun signe de corrosion ou de détérioration ne doit être susceptible de compromettre le bon fonctionnement. Le marquage doit être lisible.

4.4 Dimensions procédures de dimensionnement

4.4.1 Dimensions – Essai A

Les dimensions, l'espacement et l'alignement des terminaisons doivent être vérifiés et doivent satisfaire aux valeurs spécifiées.

4.4.2 Dimensions – Essai B

Les dimensions doivent être mesurées et doivent satisfaire aux valeurs spécifiées.

4.5 Procédures d'essai électrique

4.5.1 Résistance d'isolement

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, une tension maximale de 20 V doit être appliquée aux points d'essai spécifiés à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 1a. Le courant obtenu doit être mesuré. Il doit être inférieur à la valeur maximale spécifiée.

En variante, la résistance doit être directement mesurée avec un ohmmètre (voir la Figure 1b). Elle doit être supérieure à la valeur minimale spécifiée.

Des précautions doivent être prises pour vérifier que les mesurages sont réalisés sur les points spécifiés avec une tension appliquée de polarité correcte et ne dépassant pas la valeur spécifiée. Le non-respect de ces conditions peut endommager le dispositif en essai.

Après l'essai, des mesurages doivent être réalisés pour vérifier que l'oscillateur est toujours fonctionnel.

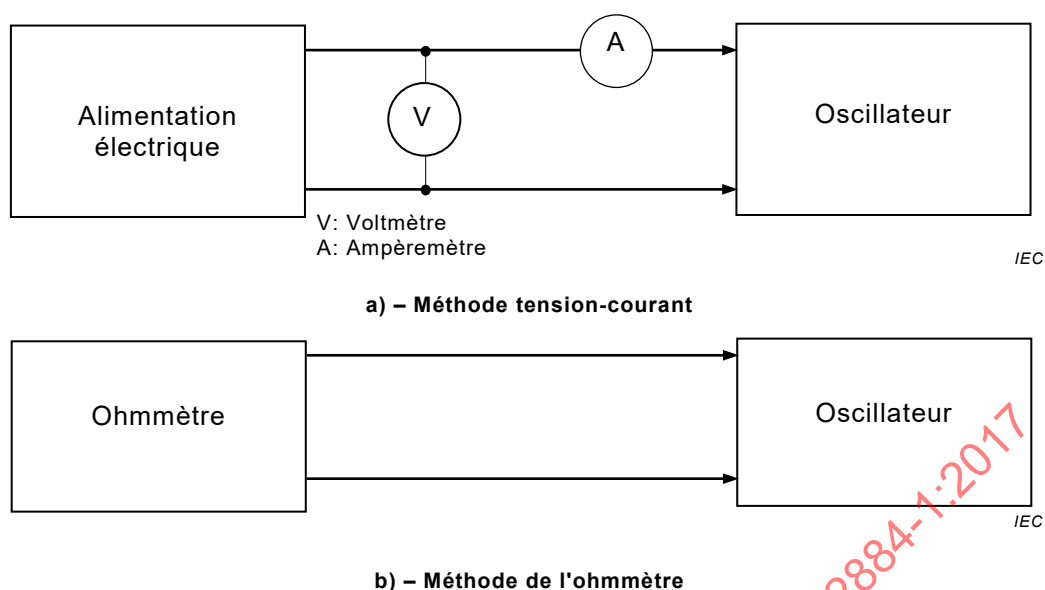


Figure 1 – Circuits d'essai pour les mesurages de la résistance d'isolement

4.5.2 Résistance à la tension

La tension spécifiée doit être appliquée uniquement sur les terminaisons indiquées, à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 2, et après avoir appliqué les procédures de préconditionnement spécifiées. La résistance de source et l'intensité maximale admise du courant doivent être indiquées dans la spécification particulière.

Il ne doit y avoir aucun arc ni autre signe de claquage électrique.

Après l'essai, des mesurages doivent être réalisés pour vérifier que l'oscillateur est toujours fonctionnel.

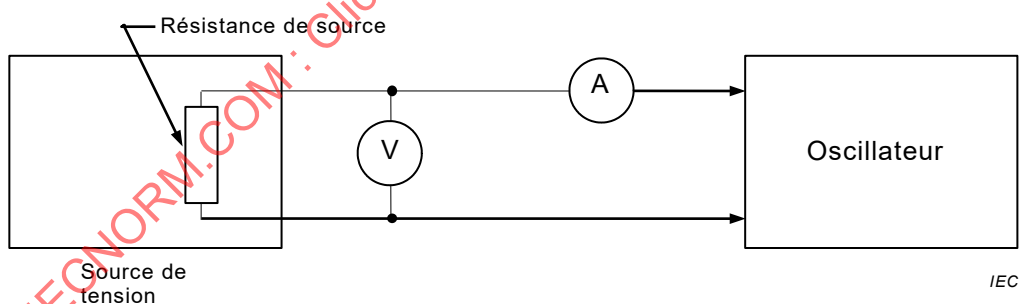


Figure 2 – Circuit d'essai de résistance à la tension

4.5.3 Puissance d'entrée

4.5.3.1 Puissance d'entrée de l'oscillateur

L'oscillateur doit être relié à l'alimentation et à la charge spécifiée (voir la Figure 3). La tension spécifiée doit être appliquée et laissée se stabiliser pendant la durée indiquée. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, la tension et le courant doivent être mesurés à la température de référence. La puissance d'entrée doit être calculée à l'aide de ces mesurages.

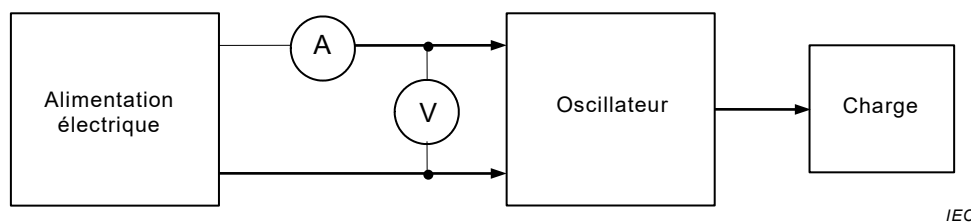


Figure 3 – Circuit d'essai pour le mesurage de la puissance d'entrée de l'oscillateur

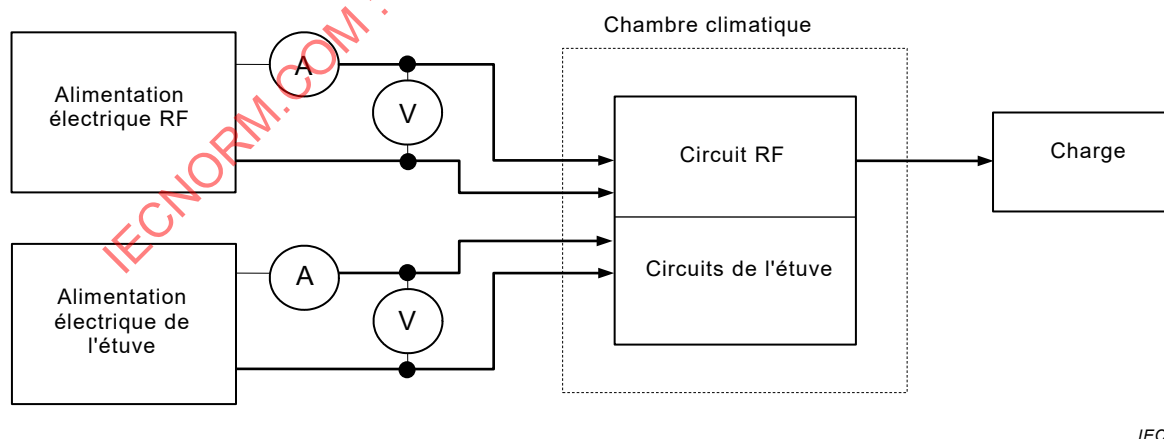
4.5.3.2 Puissance d'entrée de l'étuve et de l'oscillateur

L'oscillateur doit être relié au circuit d'essai (voir la note de la Figure 4) et placé dans la chambre climatique (voir la Figure 4). La charge et la/les tension(s) électrique(s) doivent être telles que spécifiées dans la spécification particulière. Si la ventilation forcée a un impact sur la puissance d'entrée de l'oscillateur, les conditions d'air calme doivent être simulées en enfermant l'oscillateur dans une protection contre les courants d'air (voir 4.2.3). Les relevés de tension et de courant doivent être réalisés comme indiqué dans la spécification particulière (en général dans la plage de températures de fonctionnement minimale et maximale, ainsi qu'à la température de référence).

La température est en principe considérée comme étant celle du point de référence sur la surface de la protection contre les courants d'air, le cas échéant. Si une puissance de crête est spécifiée, les valeurs transitoires de tension et de courant doivent être mesurées lorsque la chambre climatique est réglée à chacune des températures spécifiées. Dans ce cas, il peut s'avérer nécessaire de fixer un appareil enregistreur et/ou un voltmètre, de manière à mesurer correctement les valeurs transitoires.

L'oscillateur et l'étuve doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique à la température de fonctionnement, en étant hors tension, avant de mesurer la puissance de crête. Si la puissance de crête est exigée, la constante de temps thermique de la chambre climatique doit être nettement inférieure à celle de la combinaison étuve-oscillateur en cours de mesure.

La puissance d'entrée est calculée à l'aide des valeurs mesurées de tension et de courant.



NOTE La puissance de l'oscillateur peut être fournie par la même alimentation électrique.

Figure 4 – Circuit d'essai pour le mesurage de la puissance d'entrée de l'étuve et de l'oscillateur

4.5.3.3 Puissance d'entrée de l'étuve

Pour ne mesurer que la puissance d'entrée de l'étuve, la procédure d'essai décrite en 4.5.3.2 doit être utilisée, sauf que l'alimentation électrique de l'oscillateur doit être débranchée.

4.5.4 Fréquence de sortie

4.5.4.1 Généralités

La fréquence de sortie doit être mesurée à l'aide de la méthode 1 ou de la méthode 2 décrites ci-dessous, selon l'exactitude spécifiée pour l'oscillateur.

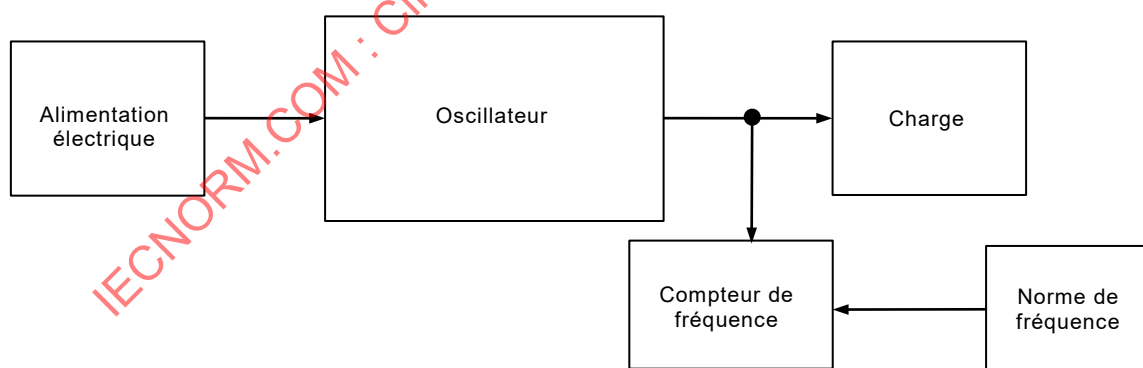
Les précautions suivantes doivent être prises:

- l'exactitude et la résolution du système doivent toujours être meilleures que celles de la fréquence à déterminer;
- L'oscillateur doit être correctement chargé;
- la stabilité et l'exactitude du système doivent être vérifiées en contrôlant régulièrement la norme de fréquence par rapport à la norme faisant foi au niveau international;
- pour obtenir des mesurages exacts, il est essentiel de bien veiller à ce que les conditions d'environnement n'aient aucun impact sur les résultats.

4.5.4.2 Méthode 1 – Mesurage pour des exactitudes inférieures ou égales à 1×10^{-8}

L'oscillateur doit être relié à la tension d'alimentation et la charge spécifiées (voir la Figure 5). Il doit pouvoir se stabiliser pendant la durée spécifiée dans les conditions normales de fonctionnement.

La fréquence doit ensuite être mesurée sur le compteur de fréquence. La fréquence peut être déterminée par mesurage direct de la fréquence ou par moyennage périodique. La durée de mesure est en général comprise entre 0,1 s et 10 s. Le moyennage périodique est en général utilisé pour mesurer les fréquences inférieures à 5 MHz.



IEC

Figure 5 – Circuit d'essai pour le mesurage de la fréquence de sortie, méthode 1

4.5.4.3 Méthode 2 – Mesurage pour des exactitudes supérieures à 1×10^{-8}

L'oscillateur doit être relié à la tension d'alimentation et la charge spécifiées (voir la Figure 6). Il doit pouvoir se stabiliser pendant la durée spécifiée dans les conditions normales de fonctionnement.

La fréquence doit être mesurée sur le compteur de fréquence après multiplication à une fréquence correspondant à l'exactitude exigée. La durée est en général comprise entre 0,1 s et 10 s. Par exemple, un signal de 2,5 MHz peut être multiplié à 25 MHz pour mesurer la fréquence à obtenir selon une exactitude supérieure à 1×10^{-8} dans les 10 s.

D'autres méthodes consistent à utiliser un compteur à grande vitesse en lieu et place du multiplicateur de fréquence. Un système de comparaison de phase peut également être utilisé par rapport à un synthétiseur de fréquence commandé à partir d'une norme de fréquence pour des exactitudes d'au moins 1×10^{-10} .

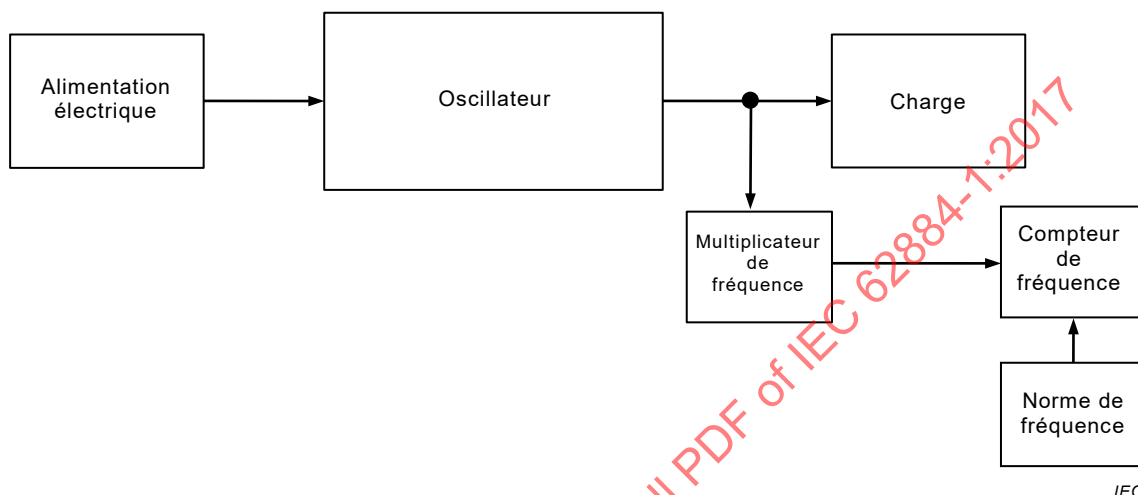


Figure 6 – Circuit d'essai pour le mesurage de la fréquence de sortie, méthode 2

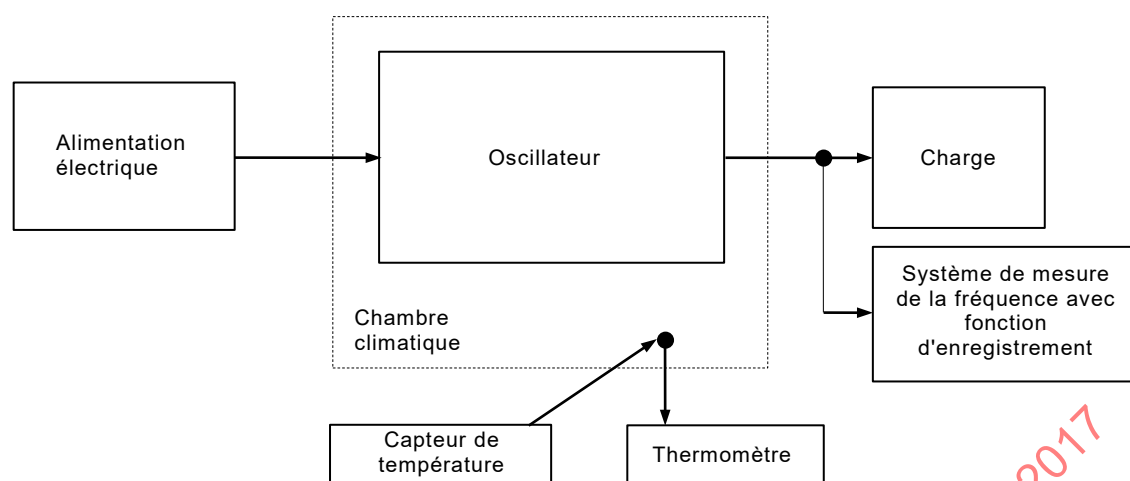
4.5.5 Caractéristiques de fréquence/température

4.5.5.1 Fréquence à la température spécifiée

L'oscillateur hors tension doit être placé dans la chambre climatique et relié à la charge spécifiée à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 7. La tension d'alimentation spécifiée doit ensuite être appliquée à l'oscillateur.

Si la ventilation forcée a un impact sur la puissance d'entrée de l'oscillateur, les conditions d'air calme doivent être simulées en enfermant l'oscillateur dans une protection contre les courants d'air (voir 4.2.3).

La chambre doit pouvoir se stabiliser à la température spécifiée et, dès que l'oscillateur a atteint l'équilibre (voir 4.2.2), la fréquence doit être mesurée à l'aide de la méthode de mesure appropriée indiquée en 4.5.4.2 ou 4.5.4.3.



IEC

Figure 7 – Circuit d'essai pour le mesurage des caractéristiques de fréquence/température

4.5.5.2 Excursion de fréquence totale

L'oscillateur hors tension doit être placé dans la chambre climatique et relié à la charge spécifiée à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 7. La tension d'alimentation spécifiée doit ensuite être appliquée à l'oscillateur.

Si la ventilation forcée a un impact sur la puissance d'entrée de l'oscillateur, les conditions d'air calme doivent être simulées en enfermant l'oscillateur dans une protection contre les courants d'air (voir 4.2.3).

La chambre doit pouvoir se stabiliser à un extrême de température et, dès que l'oscillateur a atteint l'équilibre (voir 4.2.2), la fréquence et la température doivent être consignées à l'aide de la méthode de mesure de fréquence appropriée indiquée en 4.5.4.2 ou 4.5.4.3.

La température de la chambre d'essai doit être modifiée par incréments de 1,5 °C, en vérifiant que l'équilibre est atteint après chaque palier de température, ou être modifiée à une vitesse de 0,5 °C/min jusqu'à l'autre extrême de température, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

La fréquence et la température doivent être consignées pendant l'essai.

Si la spécification particulière exige de déterminer la reproductibilité des caractéristiques de fréquence/température, les fréquences doivent être consignées avec les variations de température dans les deux sens.

NOTE Dans certaines applications, il peut être exigé de déterminer la reproductibilité des caractéristiques de fréquence/température, étant donné que la température est en premier lieu augmentée de sa valeur minimale à sa valeur maximale, puis diminuée dans le sens inverse. Les différences de caractéristiques obtenues pendant l'augmentation et la diminution des températures sont appelées erreurs de retour du spot (ou hystérèse) et revêtent une importance particulière lors de l'essai des dispositifs TCXO.

4.5.6 Coefficient fréquence/charge

La fréquence de sortie de l'oscillateur doit être mesurée à l'aide d'un système de mesure de la fréquence (voir 4.5.4) pour la charge nominale, la charge minimale et la charge maximale spécifiées, tous les autres paramètres de fonctionnement étant maintenus constants à leurs valeurs spécifiées. Les valeurs de charge doivent ensuite être calculées en tenant compte des effets de l'équipement de mesure reliés à la sortie de l'oscillateur, qui doivent être inclus dans la valeur de charge totale.

4.5.7 Coefficient fréquence/tension

À l'aide d'un système de mesure de la fréquence décrit en 4.5.4, et en maintenant tous les autres paramètres de fonctionnement à leurs valeurs spécifiées, la fréquence de l'oscillateur doit être mesurée lorsque la tension d'alimentation est ajustée à sa valeur nominale, à sa valeur minimale et à sa valeur maximale spécifiées. Dans tous les cas, la durée de stabilisation spécifiée doit se trouver entre l'ajustement de la tension d'alimentation et le mesurage de la fréquence.

Une excursion de fréquence transitoire peut se produire immédiatement après avoir ajusté la tension d'alimentation, en particulier si le dispositif en essai est de type OCXO ou TCXO. Si l'amplitude de cette excursion transitoire est importante, des compteurs de type enregistreur doivent être utilisés pour enregistrer l'excursion de fréquence. Les écarts admissibles maximaux pendant l'intervalle transitoire doivent être spécifiés séparément.

Si cela est exigé, une chambre climatique doit être utilisée pour maintenir la température ambiante à sa valeur spécifiée pendant la réalisation de cet essai.

4.5.8 Stabilité de fréquence avec transitoire thermique

4.5.8.1 L'oscillateur hors tension doit être placé dans la chambre climatique et relié à la charge spécifiée à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 7. La tension spécifiée doit ensuite être appliquée à l'oscillateur. La chambre doit pouvoir se stabiliser et l'oscillateur atteindre l'équilibre (voir 4.2.2) à la température initiale spécifiée T_1 . La fréquence de sortie de l'oscillateur doit être consignée.

La température de la chambre climatique doit ensuite être modifiée à la vitesse spécifiée jusqu'à la température finale T_2 .

Il convient d'enregistrer en continu la fréquence de sortie de l'oscillateur et la température de la chambre climatique (telles que mesurées au point de référence) pendant et après cette opération, ce qui donne lieu à un tracé de la variation de fréquence et de la variation de température s'apparentant à celui de la Figure 8, à partir duquel le temps de réponse thermique et le dépassement peuvent être déterminés.

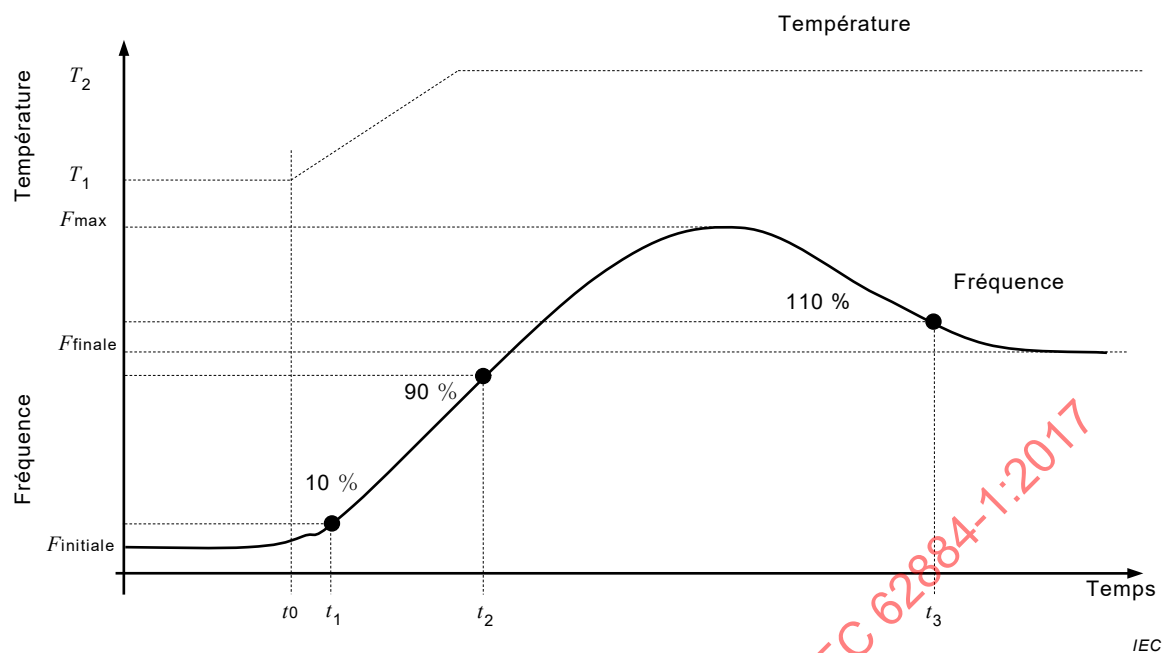
Le dépassement de l'excursion transitoire doit être spécifié dans les parties fractionnelles de la fréquence nominale (le dépassement ne doit pas être supérieur à 2×10^{-7}):

$$\Delta F_{OS} = \frac{F_{\max} - F_{\text{final}}}{F_{\text{nominale}}}$$

4.5.8.2 Sauf spécification contraire, le temps de réponse thermique est l'intervalle de temps entre le moment auquel la fréquence a varié de 10 % de la variation globale et le moment auquel la fréquence a atteint une valeur dans les limites de 10 % (de la variation) de sa fréquence finale.

Il existe deux cas possibles, comme l'illustrent les échantillons d'enregistrements de la Figure 8:

- lorsque le dépassement est inférieur à 10 %, le temps de réponse thermique est égal à $t_2 - t_1$ min;
- lorsque le dépassement est supérieur ou égal à 10 %, le temps de réponse thermique est égal à $t_3 - t_1$ min.



t_0 est l'heure de début du mesurage;

t_1 est la durée de variation de la fréquence à 10 % de l'incrément en régime établi;

t_2 est la durée de variation de la fréquence à 90 % de l'incrément en régime établi;

t_3 est le temps que met la fréquence pour atteindre 110 % de l'incrément en régime établi sur reprise après dépassement (si le dépassement est supérieur à 10 %).

Figure 8 – Comportement transitoire thermique d'un oscillateur classique

4.5.9 Démarrage de l'oscillation

4.5.9.1 Généralités

Il s'agit de déterminer le démarrage fiable de l'amplitude d'oscillation et de mesurer le temps de démarrage.

La Figure 9 présente le circuit de principe de l'oscillateur.

Les caractéristiques de démarrage d'un oscillateur à quartz réel dépendent des principaux facteurs suivants.

Stade de l'oscillateur:

- facteur de bruit du dispositif actif;
- gain en boucle ouverte (ou résistance négative en trop) du stade de maintien de l'oscillation;
- limitation d'amplitude du circuit actif;
- atténuation effective (ou largeur de bande effective du résonateur);
- dépendance de niveau d'excitation de la résistance de résonance du quartz.

Étage de sortie:

- sortie sinusoïdale analogique;
- sortie logique.

Lignes de puissance internes:

- condensateurs de blocage;
- régulateurs de tension.

Tension d'alimentation:

- temps de montée, temps de trempage, temps de repos;
- impédance de sortie.

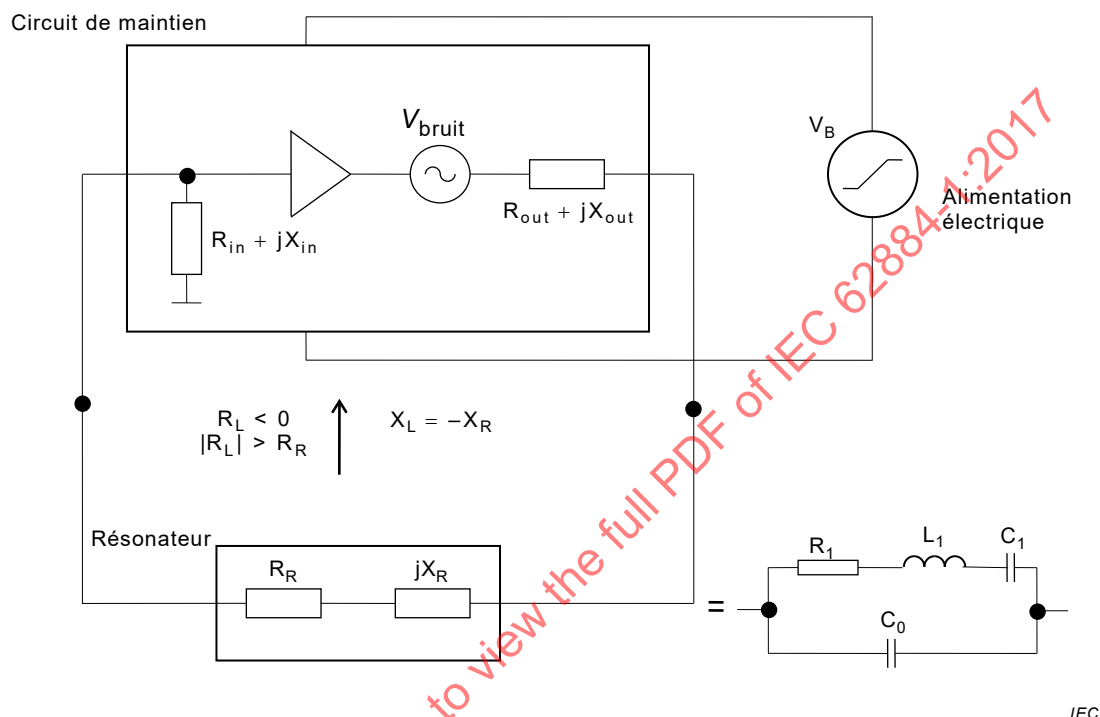


Figure 9 – Circuit de principe de l'oscillateur

4.5.9.2 Comportement de démarrage

Pour déterminer si l'oscillation démarre normalement, l'oscillateur doit être connecté au circuit d'essai pour le comportement de démarrage représenté à la Figure 10.

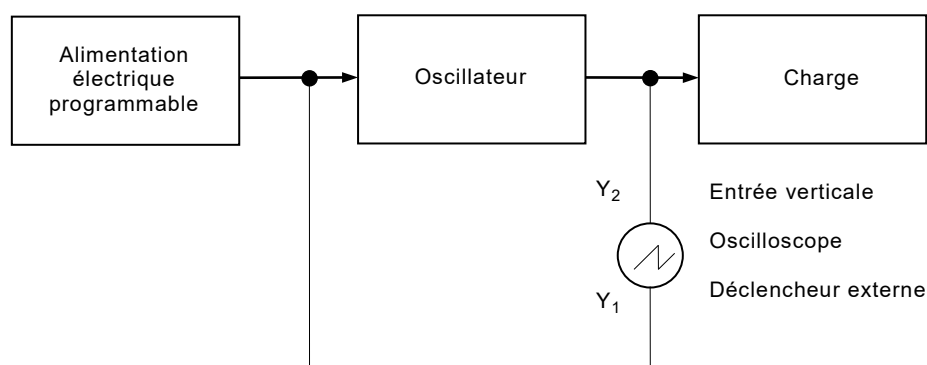
L'oscillateur doit être raccordé à une alimentation électrique programmable. Le signal de sortie RF et la tension d'alimentation sont enregistrés par un oscilloscope, dont l'échelle de temps est définie de manière à afficher tout l'intervalle de démarrage.

La tension d'alimentation s'élève de manière linéaire de zéro à la tension de service nominale. Le temps de rampe t_{ramp} est choisi pour correspondre à au moins 100 à 1 000 fois le temps de démarrage spécifié ou prévu de l'oscillateur.

L'oscillateur doit présenter un comportement de démarrage normal et répétable dans les limites de l'intervalle de temps de la rampe de tension d'alimentation (voir la Figure 11).

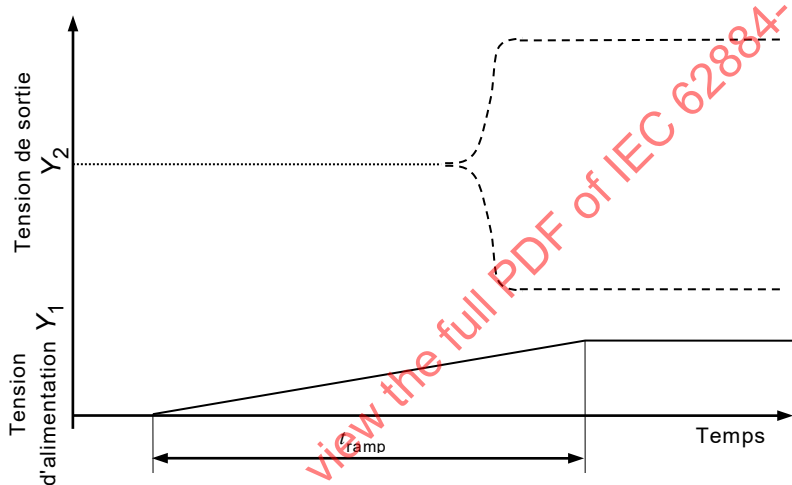
Les conditions d'essai suivantes doivent être indiquées dans la spécification particulière:

- tension d'alimentation;
- caractéristiques de la charge;
- temps de démarrage;
- dans le cas de VCXO, la tension de commande en courant continu.



IEC

Figure 10 – Circuit d'essai pour comportement de démarrage et mesurage du temps de démarrage



IEC

Figure 11 – Comportement de démarrage typique avec l'augmentation de la tension d'alimentation

4.5.9.3 Temps de démarrage

Pour mesurer le temps de démarrage de l'oscillation t_{SU} dans les conditions spécifiées, l'oscillateur doit être raccordé à une alimentation électrique programmable (voir la Figure 10).

Le signal de sortie RF et la tension d'alimentation doivent être enregistrés par un oscilloscope, dont l'échelle de temps est définie de manière à afficher tout l'intervalle de démarrage.

La tension d'alimentation s'élève de manière linéaire de zéro à la tension de service nominale. Le temps de rampe t_{ramp} est choisi comme étant inférieur à un dixième du temps de démarrage spécifié ou prévu de l'oscillateur.

Le temps de démarrage t_{SU} est mesuré comme étant la différence entre le point de départ de la rampe en courant continu et le moment où le signal de sortie RF satisfait à certaines conditions indiquées ci-dessous:

a) formes d'ondes quasi sinusoïdales

l'enveloppe du signal est égale à 90 % de l'amplitude crête à crête en régime établi, sauf spécification contraire;

b) formes d'onde d'impulsion

la séquence d'impulsions de sortie est périodique à proximité de la fréquence en régime établi, alors que son niveau bas V_{LO} reste inférieur à V_{OL} et que son niveau haut V_{HI} dépasse V_{OH} de manière permanente, où V_{OH} et V_{OL} sont définis par la famille logique applicable.

Précaution:

La sortie logique peut présenter des oscillations parasites avant l'apparition du signal en régime établi.

Vérifier que les condensateurs de blocage internes de l'oscillateur sont déchargés avant de procéder au mesurage.

Un exemple est donné à la Figure 12.

La procédure décrite peut être appliquée en une seule fois ou dans le cadre de mesurages réguliers. Dans ce dernier cas, les conditions suivantes doivent être satisfaites (voir la Figure 13):

- t_{ramp} voir ci-dessus;
- $t_{\text{hold}} \geq 100 t_{\text{SU}}$;
- t_{off} la longueur minimale doit être choisie de sorte qu'une prolongation ne modifie pas le résultat pour t_{SU} ($t_{\text{off}} \geq 100 t_{\text{SU}}$, par exemple).

Pendant la tension d'alimentation t_{off} , la borne de l'oscillateur doit être court-circuitée à la terre afin de décharger les condensateurs de blocage internes correctement.

Le facteur 100 dans les formules pour t_{hold} et t_{off} peut être réduit à de plus petits volumes. Toutefois, il convient de vérifier que le temps de démarrage mesuré n'a pas changé, en particulier pour les résonateurs Q élevés.

Précaution:

L'alimentation électrique doit pouvoir délivrer un courant suffisant pour réaliser la rampe de tension spécifiée au niveau de la borne de tension d'alimentation de l'oscillateur. Elle doit pouvoir évacuer le courant de décharge de l'oscillateur pendant la période t_{off} .

Conditions spécifiées

Les conditions d'essai suivantes doivent être indiquées dans la spécification particulière:

- tension d'alimentation;
- caractéristiques de la charge;
- temps de démarrage;
- dans le cas de VCXO: tension de commande en courant continu.

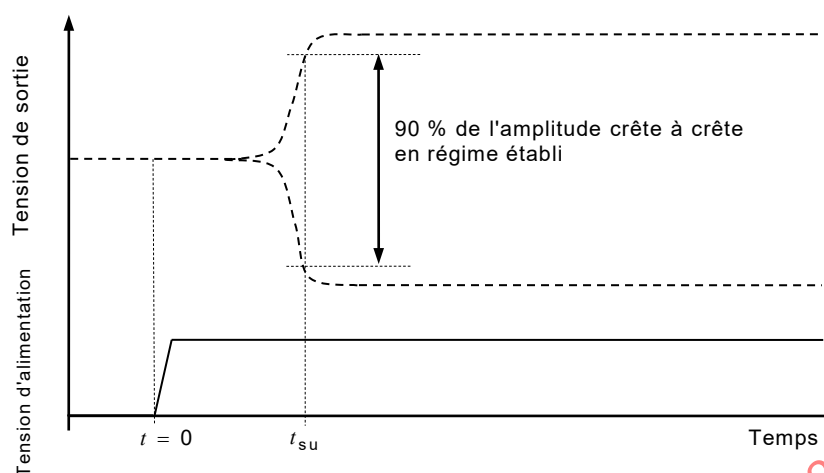
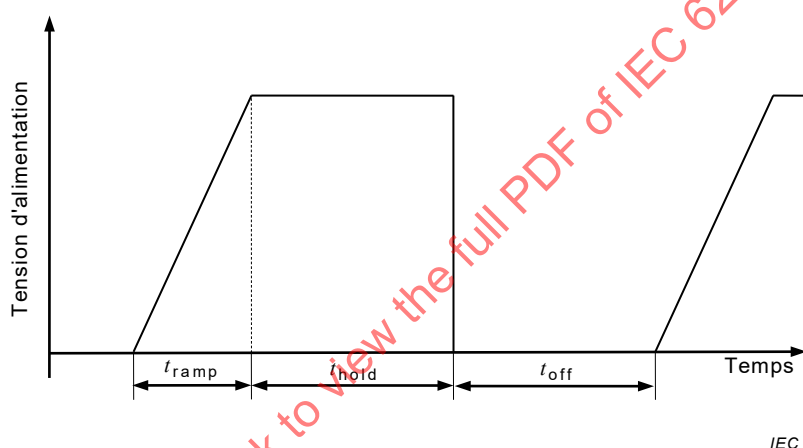


Figure 12 – Définition du temps de démarrage

Figure 13 – Forme d'onde de la tension d'alimentation pour le mesurage périodique de t_{su}

4.5.10 Temps de stabilisation

L'oscillateur hors tension doit être placé dans la chambre climatique et relié à la charge spécifiée à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 7. Le mesurage de fréquence utilisé doit être tel que décrit en 4.5.4. La température de la chambre doit être réglée sur celle spécifiée dans la spécification particulière. L'oscillateur doit ensuite être mis sous tension et la fréquence de sortie enregistrée dans l'appareil enregistreur comme une fonction du temps. Le temps de stabilisation t_s doit être égal au temps que met la fréquence de sortie de l'oscillateur pour rester dans les limites d'une tolérance spécifiée de sa valeur à long terme déterminée après une durée écoulée spécifiée (voir la Figure 14).

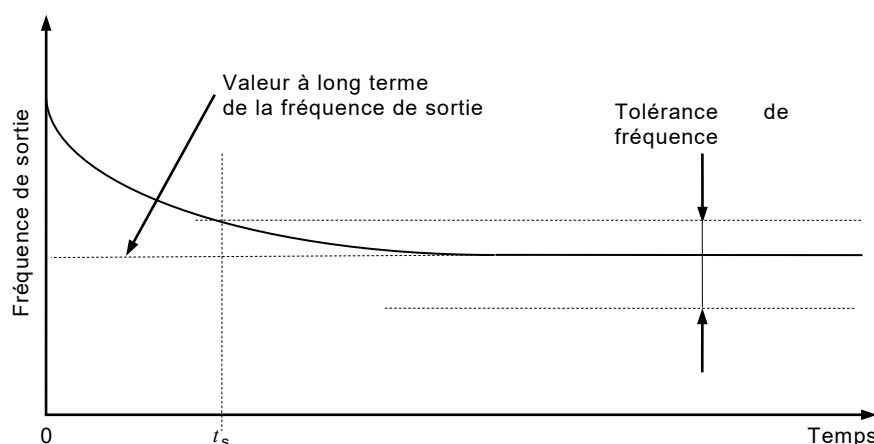


Figure 14 – Caractéristique typique du temps de stabilisation d'un oscillateur

4.5.11 Plage d'ajustage de la fréquence

L'oscillateur doit être connecté comme indiqué en 4.5.4 et, le cas échéant, à une tension de commande appropriée. L'oscillateur doit être mis sous tension et pouvoir se stabiliser pendant la durée spécifiée dans les conditions normales de fonctionnement. Les moyens d'ajuster la fréquence de sortie de l'oscillateur doivent être réglés à la fréquence minimale, la fréquence maximale et la fréquence de sortie mesurées, sauf spécification contraire dans la spécification particulière.

4.5.12 Caractéristiques de retour du spot

L'oscillateur hors tension doit être placé dans la chambre climatique et relié à la charge spécifiée à l'aide du circuit d'essai représenté à la Figure 7. La chambre doit être maintenue à une température comprise entre 20 °C et 30 °C, contrôlée dans les limites de $\pm 0,5$ °C, sauf indication contraire dans la spécification particulière. L'oscillateur doit être mis sous tension et tous les paramètres de fonctionnement ajustés aux valeurs spécifiées. La fréquence doit ensuite être mesurée en fonction du temps.

À l'issue d'une période donnée de fonctionnement (t_1 , Figure 15, qui doit dépasser le temps de stabilisation), la fréquence de sortie doit être enregistrée. L'oscillateur est ensuite mis hors tension, et autorisé à prendre pour hypothèse la température de stockage spécifiée pendant la durée donnée t_2 . À la fin de la période de stockage, la puissance est de nouveau appliquée, et la fréquence enregistrée en fonction du temps. Le temps de retour du spot t_r est la durée qui suit l'application de la puissance exigée pour que la fréquence de sortie retourne dans les limites de la tolérance spécifiée de la valeur enregistrée avant la mise hors tension.

Si l'oscillateur est stocké (pendant la période t_2) ailleurs que dans la chambre climatique, une durée adéquate doit être prévue pour permettre à l'oscillateur de revenir à la température spécifiée pour la mesure de fréquence avant de mesurer une fréquence. Il convient que ce temps de stabilisation (en condition hors tension) fasse partie de la période de stockage t_2 .

NOTE Des dispositions sont prises pour une spécification séparée de la température de mesure, car même si la température peut être la même, la tolérance de la température de stockage peut être considérablement supérieure à celle de la température de mesure.

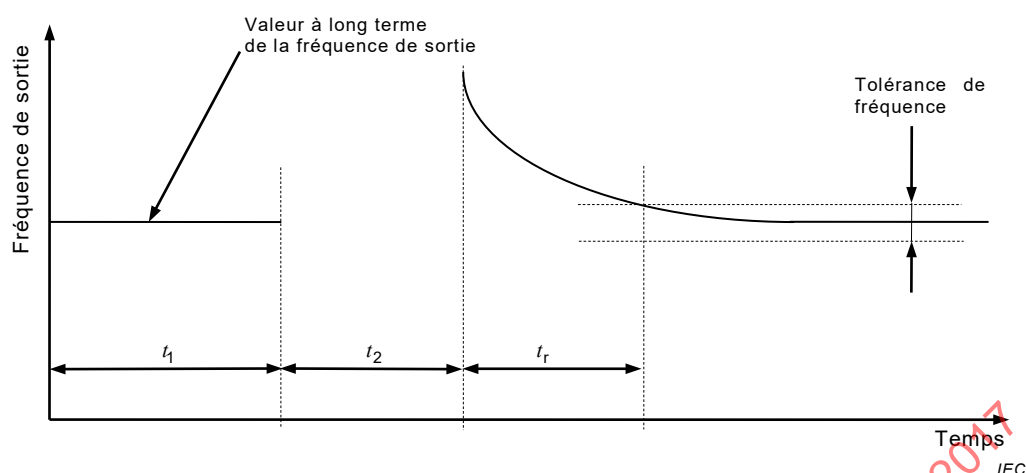
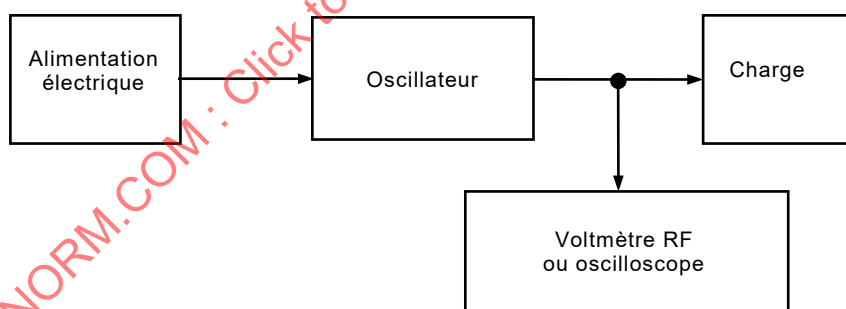


Figure 15 – Exemple de caractéristique de retour du spot

4.5.13 Tension de sortie (sinusoïdale) de l'oscillateur

L'oscillateur doit être relié à la tension d'alimentation et la charge spécifiées (voir la Figure 16). Il doit pouvoir se stabiliser pendant la durée spécifiée. La tension de sortie doit être mesurée sur la charge et doit rester dans les limites spécifiées sur la plage d'ajustements de fréquence indiquée. Les mesurages doivent être réalisés à la température de référence, mais peuvent l'être sur la plage de températures de fonctionnement si la spécification particulière l'exige. Le mesurage doit être réalisé avec un voltmètre RF pour les tensions efficaces et d'un oscilloscope pour les tensions crête à crête.

Dans le cas des formes d'ondes quasi sinusoïdales, la puissance de sortie doit toujours être mesurée par un wattmètre à lecture directe ou à l'aide d'un voltmètre à lecture de valeur efficace vraie.

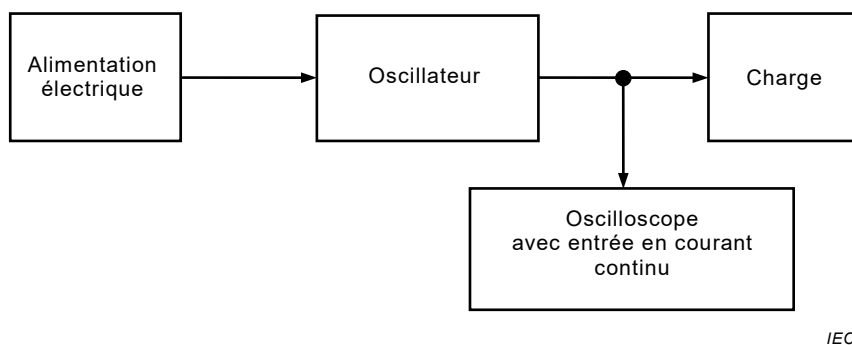


IEC

Figure 16 – Circuit d'essai pour le mesurage de la tension de sortie

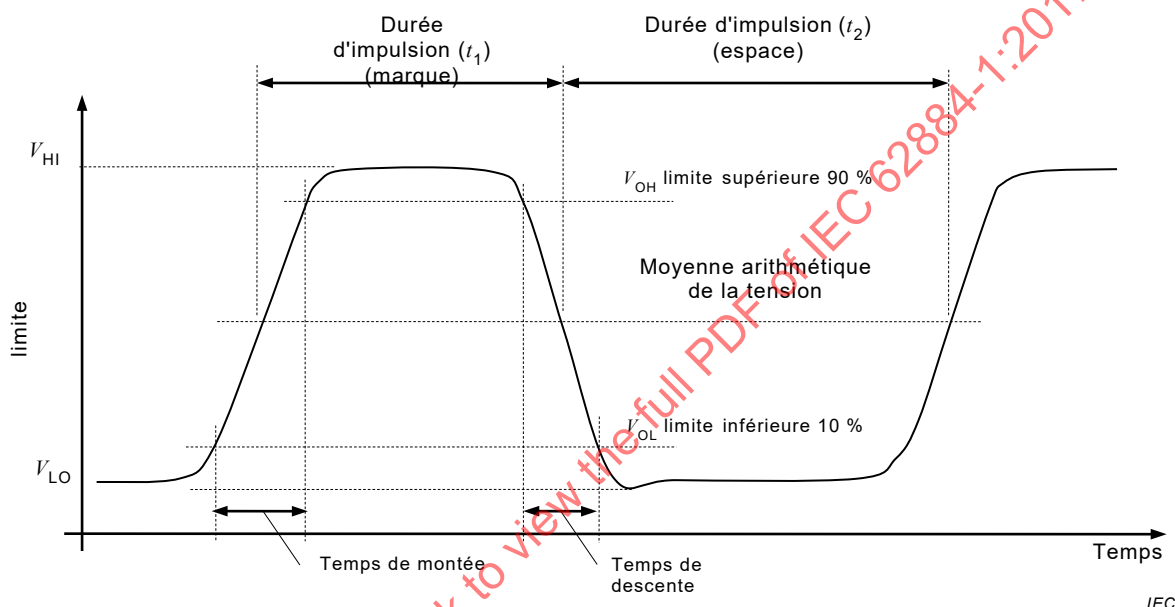
4.5.14 Tension de sortie (forme d'onde d'impulsion) de l'oscillateur

L'oscillateur doit être connecté (voir la Figure 17) à la charge spécifiée (voir l'Annexe A de l'IEC 60679-1:2017 pour plus de détails sur les circuits de charge pour circuits logiques).



IEC

Figure 17 – Circuit d'essai pour le mesurage des tensions de sortie pulsées



IEC

Figure 18 – Caractéristiques d'une forme d'onde de sortie

Les tensions de sortie de niveau élevé et bas (voir la Figure 18) doivent être mesurées sur l'oscilloscope et doivent être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

4.5.15 Forme d'onde de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 19).

L'analyseur de spectre doit être réglé de manière à afficher une plage de fréquences respectant les harmoniques appropriés de l'oscillateur. Les formes d'ondes quasi sinusoïdales et spectres de fréquence classiques sont respectivement représentés à la Figure 20 et à la Figure 21.

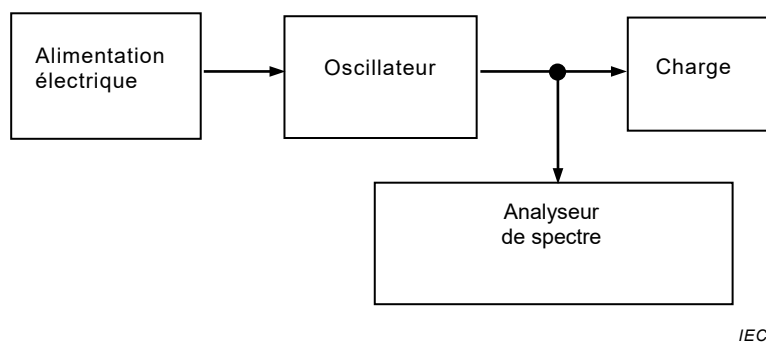


Figure 19 – Circuit d'essai pour le mesurage de distorsion harmonique

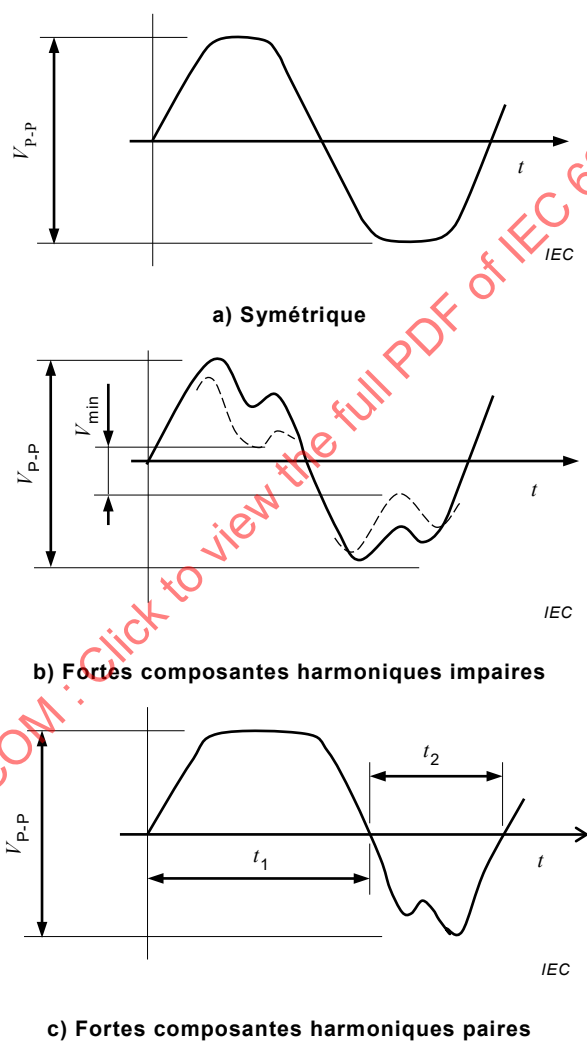


Figure 20 – Formes d'ondes de sortie quasi sinusoïdales

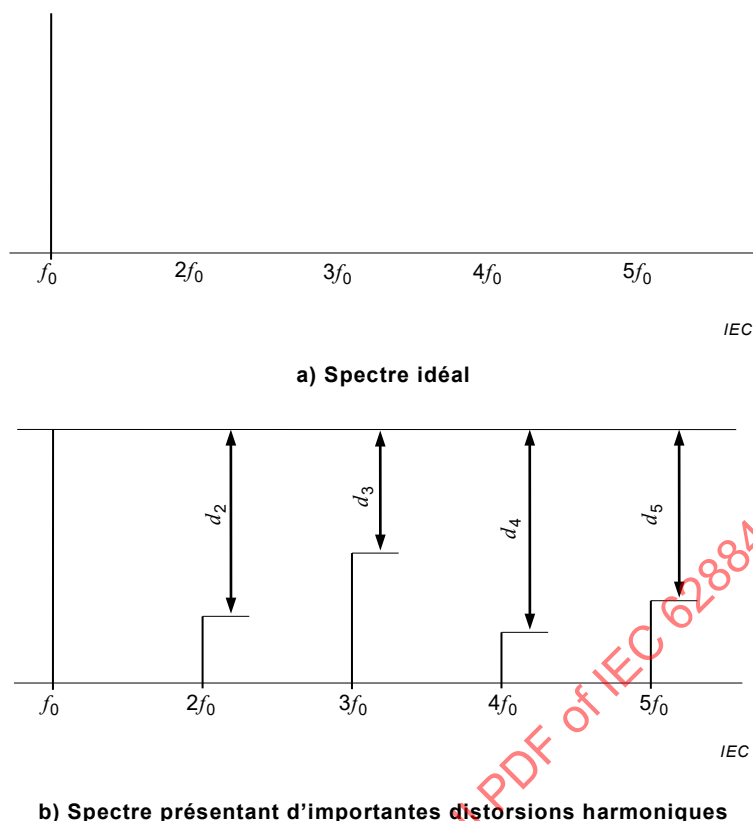


Figure 21 – Spectre de fréquence avec distorsion harmonique

Le spectre sur l'analyseur de spectre doit être mesuré, en général en décibels, en tant que rapport de puissance par rapport à la puissance de porteuse, exprimée en décibels ou, d'autre part, le pourcentage de distorsion de l'harmonique peut être calculé comme suit:

$$D_x = \frac{100}{10^{d_x/20}}$$

où

D_x est le pourcentage de distorsion harmonique;

d_x est la différence de niveau de fondamentale et d'harmonique (en décibels) mesurée sur l'analyseur de spectre;

x est le numéro d'harmonique.

Si cette méthode est utilisée, il doit être nécessaire de prendre les précautions suivantes:

- il faut veiller à ne générer aucune distorsion dans le mélangeur d'entrée de l'analyseur de spectre;
- aucune distorsion non linéaire (ayant l'apparence d'une distorsion harmonique) ne se produit si le mélangeur d'entrée est surchargé. Cela peut être vérifié en plaçant l'affaiblisseur entre l'oscillateur et l'analyseur de spectre, puis en procédant à des mesurages à différents niveaux de puissance. Il convient de régler l'affaiblisseur de sorte qu'il n'ait aucun impact sur le pourcentage de distorsion harmonique.

NOTE La distorsion harmonique totale peut être obtenue en faisant la somme des réponses en relation harmonique individuelles.

$$D_{\text{total}} = 100 \left[10^{\frac{d_2}{10}} + 10^{\frac{d_3}{10}} + \dots + 10^{\frac{d_n}{10}} \right]^{-1/2}$$

4.5.16 Forme d'onde de sortie de l'oscillateur (impulsion)

4.5.16.1 Généralités

L'oscillateur doit être connecté (voir la Figure 17) et avec la charge spécifiée (voir l'Annexe A de l'IEC 60679-1:2017 pour plus de détails sur les circuits de charge pour circuits logiques).

4.5.16.2 Temps de montée et de descente

Les mesurages doivent être réalisés sur les bords montant et descendant entre les limites de la tension d'entrée sur laquelle le fonctionnement de la famille logique particulière est garanti, par exemple, pour les familles logiques TTL et CMOS, entre V_{OH} min. et V_{OL} max. ou aux points de 10 % et 90 % par rapport à la partie plate du niveau d'amplitude maximal (voir la Figure 18). Le dépassement doit être ignoré dans ce mesurage si sa crête ne dépasse pas les limites spécifiées pour les niveaux de régime établi ou si la cause du dépassement peut être tracée jusqu'aux inductances externes à l'oscillateur et l'oscilloscope.

Si des exactitudes plus élevées sont exigées, la formule de correction suivante doit être utilisée:

$$t_a = \sqrt{(t_i)^2 - (t_s)^2}$$

où

t_i est le temps de montée ou de descente mesuré;

t_s est le temps de montée ou de descente de l'oscilloscope;

t_a est le temps réel.

4.5.16.3 Durée d'impulsion

La durée d'impulsion de l'oscillateur doit être mesurée avec l'oscilloscope lors du mesurage des temps de montée et de descente. Sauf spécification contraire, les mesurages doivent être réalisés à mi-chemin entre V_{OL} max. et V_{OH} min. ou au niveau 50 % (voir la Figure 18).

4.5.16.4 Symétrie

Si cela est spécifié, la symétrie de la forme d'ondes provenant de l'oscillateur doit être déterminée lors du mesurage des temps de montée et de descente. Sauf spécification contraire, les mesurages doivent être réalisés à mi-chemin entre V_{OL} max. et V_{OH} min. ou au niveau 50 % (voir la Figure 18).

4.5.17 Puissance de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)

La procédure d'essai doit être réalisée comme en 4.5.13, Tension de sortie. La puissance de sortie doit être calculée à partir de la tension de sortie efficace et de l'impédance de charge ou, d'autre part, peut être relevée directement sur un wattmètre approprié. Dans le cas des formes d'ondes quasi sinusoïdales, la puissance de sortie doit toujours être mesurée par un wattmètre à lecture directe ou à l'aide d'un voltmètre à lecture de valeur efficace vraie.

4.5.18 Impédance de sortie de l'oscillateur (sinusoïdale)

L'oscillateur doit être connecté (voir la Figure 16), sauf que la charge doit avoir une résistance de précision (± 1 % non réactive) R_L égale à la charge spécifiée moins 10 %. L'oscillateur doit être mis sous tension et laissé se stabiliser pendant la durée spécifiée, à l'issue de laquelle la tension de sortie V_L doit être mesurée. La charge doit ensuite être remplacée par une résistance de précision (± 1 % non réactive) R_H égale à la charge spécifiée plus 10 %, puis la tension de sortie V_H être mesurée. L'impédance de sortie doit être calculée à l'aide de l'expression suivante:

$$Z = \frac{R_L R_H (V_H - V_L)}{V_L R_H - V_H R_L}$$

NOTE Cette méthode est uniquement valide si l'impédance de sortie de l'oscillateur est résistive. Elle n'est pas précise si la résistance de sortie est nettement inférieure à l'impédance de charge.

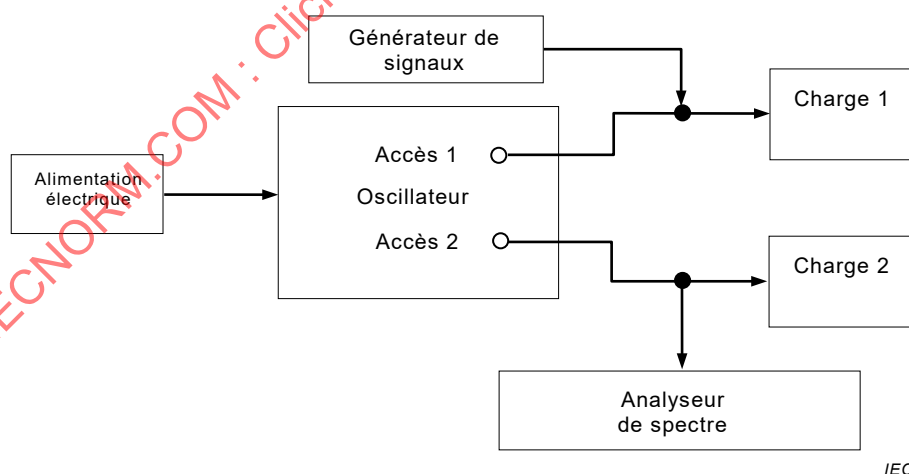
4.5.19 Couplage entre sorties

L'oscillateur doit être relié au circuit d'essai (voir la Figure 22). Les accès entre lesquels l'isolation doit être mesurée doivent être court-circuités ensemble. Le niveau et la fréquence du signal entrant, tels que spécifiés, doivent être réglés sur le générateur de signaux. À l'aide de l'analyseur de spectre (ou du voltmètre sélectif), le niveau de sortie de ce signal doit être mesuré au niveau de l'accès auquel le signal n'est pas appliqué (ou de l'accès spécifié s'il s'agit d'oscillateurs à plusieurs accès). La connexion shunt doit ensuite être déplacée, et le niveau de sortie de nouveau mesuré.

Le rapport des deux signaux mesurés avec et sans connexion shunt (souvent exprimé en décibels) est le couplage entre sorties entre les accès correspondants à cette fréquence. Ce rapport doit être tel qu'indiqué dans la spécification particulière.

Lors de la réalisation de cet essai, les précautions suivantes doivent être prises:

- les charges présentées à l'oscillateur combinent l'impédance de sortie du générateur de signaux, l'impédance d'entrée de l'analyseur de spectre (ou du voltmètre sélectif) et des charges appliquées en externe;
- il faut veiller à empêcher la surcharge de l'analyseur de spectre (ou du voltmètre sélectif), cela limitant le signal et provoquant une réduction notable du couplage entre sorties;
- si l'isolation doit être mesurée à une fréquence qui est un harmonique de l'oscillateur, une valeur pessimiste du couplage entre sorties est obtenue. Toutefois, si le niveau d'harmonique est considérablement inférieur à l'isolation à mesurer, un résultat utilisable peut encore être obtenu. Si la composante harmonique du signal de sortie est élevée, il est nécessaire de désactiver l'oscillateur (pour que le dispositif interrompe les oscillations tout en restant sous tension) avant de pouvoir procéder aux mesurages.



IEC

Figure 22 – Circuit d'essai pour déterminer l'isolation entre les accès de sortie

4.5.20 Efficacité de coupure des oscillateurs à porte

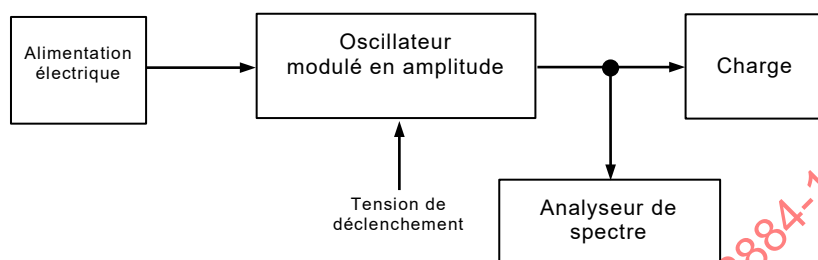
L'oscillateur doit être connecté au circuit d'essai (voir la Figure 23) et les essais être réalisés comme suit.

Le signal spécifié nécessaire pour déclencher la sortie ON de l'oscillateur doit être appliqué, et le niveau de la sortie à sa fréquence fondamentale et à une ou des fréquence(s) harmonique(s), selon le cas, doit être mesuré sur l'analyseur de spectre. Le signal spécifié

nécessaire pour déclencher la sortie OFF de l'oscillateur doit ensuite être appliqué, et le(s) nouveau(x) niveau(x) de sortie mesuré(s).

Le rapport entre les niveaux de sortie ON et OFF, souvent exprimé en décibels, est l'efficacité de coupure à une fréquence particulière et doit être telle que spécifiée dans la spécification particulière.

Il faut veiller à empêcher la surcharge de l'analyseur de spectre, cela limitant le signal et provoquant une réduction notable de l'efficacité de coupure.



IEC

Figure 23 – Circuit d'essai pour mesurer l'efficacité de coupure de l'oscillateur à porte

4.5.21 Caractéristiques de sortie 3 états

4.5.21.1 Courant de sortie en mode 3 états non validé

Cet essai est réalisé pour déterminer le courant de sortie de court-circuit provenant de l'oscillateur avec une sortie 3 états lorsqu'il est maintenu en mode désactivé.

L'oscillateur doit être relié comme indiqué à la Figure 24. La broche "activer/désactiver" étant connectée au niveau de courant continu approprié par l'intermédiaire du commutateur 1, c'est-à-dire à la tension d'alimentation spécifiée pour les oscillateurs conçus pour "activer bas" ou à la terre pour ceux conçus pour "activer haut", la puissance doit être appliquée à l'oscillateur.

Les niveaux de tension activer/désactiver doivent être tels que spécifiés dans la spécification particulière. Toutefois, il faut vérifier que les tensions appliquées à la broche activer/désactiver et à la broche de sortie ne peuvent pas dépasser la tension appliquée à l'oscillateur.

La sortie de l'oscillateur est ensuite commutée par le commutateur 2, tour à tour entre la tension d'alimentation et la terre, et le courant de sortie à chaque réglage mesuré.

Le courant de sortie admissible maximal en mode désactivé, comme spécifié dans la spécification particulière, ne doit pas être dépassé.

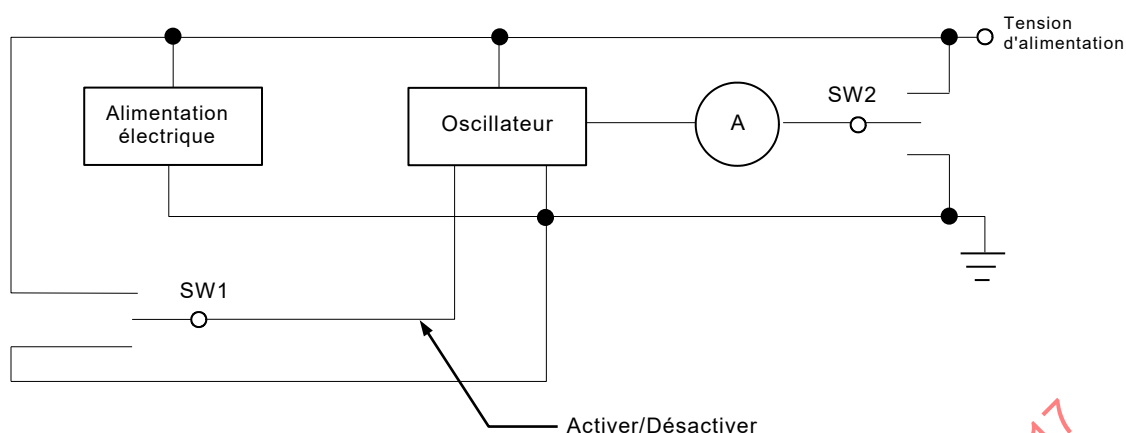


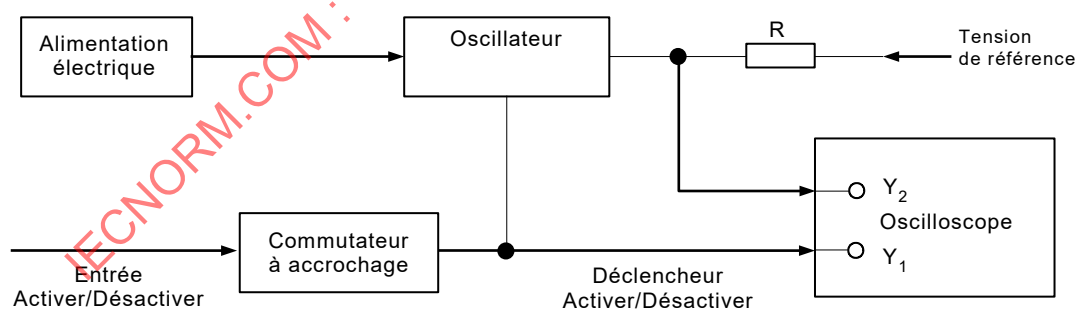
Figure 24 – Circuit d'essai pour courant de sortie en mode 3 états non validé

4.5.21.2 Temps de déclenchement de sortie

Pour mesurer le temps que met l'étage de sortie de l'oscillateur pour passer entre les modes activer et désactiver, l'oscillateur doit être connecté comme représenté à la Figure 25. La valeur de R doit être choisie de sorte que la constante de temps formée par R et la capacité d'entrée de l'oscilloscope n'ait aucun impact sur l'exactitude de mesure.

Les tensions d'alimentation et tensions d'activation/désactivation de référence spécifiées doivent être appliquées à l'oscillateur, en veillant à ce que les tensions d'activation/désactivation ne dépassent pas la valeur de la tension d'alimentation.

Avec un oscilloscope réglé pour se déclencher depuis la transition d'activation ou de désactivation du signal d'entrée d'activation/désactivation, selon le cas, et en affichant la transition correspondante de l'oscillateur, avec la transition du déclencheur, le temps de déclenchement entre la transition du déclencheur et la stabilisation de la sortie de l'oscillateur à la tension de référence doit être mesuré.



où

$$V = \frac{(V_{OH} - V_{OL})}{2} + V_{OL}$$

est la tension de référence;

V_{OL} est la tension de sortie de niveau bas de l'oscillateur;

V_{OH} est la tension de sortie de niveau haut de l'oscillateur.

Figure 25 – Circuit d'essai pour les temps de déclenchement de sortie – 3 états

4.5.22 Caractéristiques de modulation d'amplitude

4.5.22.1 Indice de modulation d'amplitude

La procédure de l'essai A doit être utilisée pour un indice de modulation supérieur à 0,1 et inférieur à 1,0. L'oscillateur doit être connecté à la charge spécifiée (voir la Figure 26) et le signal modulant spécifié appliqué. Les mesurages de x et y (voir la Figure 27) sur la forme d'ondes doivent être réalisés, et l'indice de modulation (m) calculé à partir de l'expression:

$$m = \frac{y - x}{y + x}$$

L'indice obtenu doit être tel qu'indiqué dans la spécification particulière, et le pourcentage de modulation doit être de 100 m %. Cette méthode de mesure ne doit pas être utilisée lorsque m est inférieur à 0,1, l'exactitude de mesure étant par nature faible.

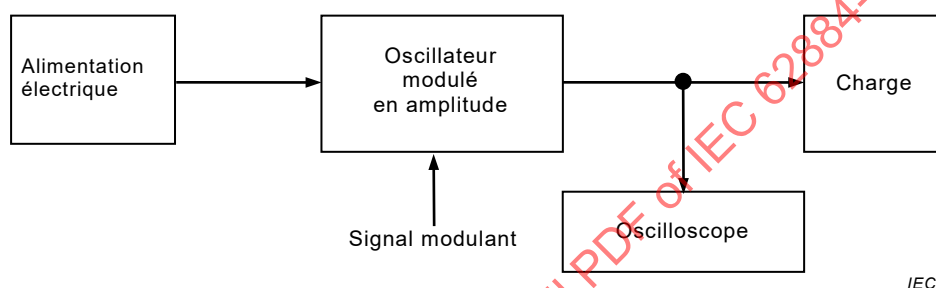


Figure 26 – Circuit d'essai pour la mesure de l'indice de modulation

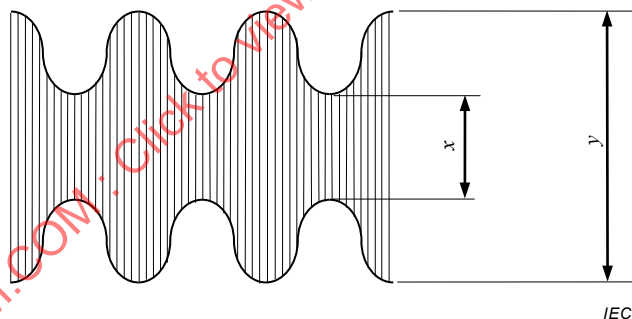


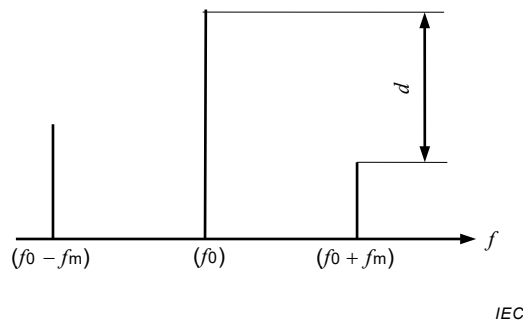
Figure 27 – Forme d'onde de modulation pour le calcul de l'indice

NOTE 1 La présence de la modulation de fréquence n'a aucun impact sur l'exactitude de cette méthode.

NOTE 2 Cette méthode est valable pour les formes d'ondes non sinusoïdales.

La procédure de l'essai B doit être utilisée pour un indice de modulation inférieur à 0,1.

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 26), sauf qu'il doit être remplacé par un analyseur de spectre dont la largeur de bande FI est suffisamment étroite pour assurer une discrimination adéquate entre la sortie de l'oscillateur et les signaux à bande latérale. Le signal modulant spécifié étant appliqué à l'oscillateur, l'analyseur de spectre doit être réglé de manière à afficher le spectre de fréquence dans la région de la fréquence de sortie de l'oscillateur, en utilisant une échelle logarithmique d'amplitude de signal (voir la Figure 28).



- f_0 est la fréquence de sortie de l'oscillateur;
 f_m est la fréquence du signal modulant;
 $f_0 - f_m$ est la fréquence du signal à bande latérale inférieur;
 $f_0 + f_m$ est la fréquence du signal à bande latérale supérieur;
 d est la différence entre le niveau (f_0) de fréquence du signal de sortie de l'oscillateur et le niveau de l'un des signaux à bande latérale, en décibels.

Figure 28 – Échelle logarithmique d'amplitude du signal

L'indice de modulation (m) doit être calculé à l'aide de l'expression suivante:

$$m = 10^{\frac{6-d}{20}} \quad (m < 0,1)$$

où d est la différence entre le niveau (f_0) de fréquence du signal de sortie de l'oscillateur et le niveau de l'un des signaux à bande latérale, en décibels.

L'indice de modulation doit être tel qu'indiqué dans la spécification particulière.

Il faut veiller à empêcher la surcharge de l'analyseur de spectre, qui limite le signal. Cela peut être vérifié en plaçant l'affaiblisseur entre l'oscillateur et l'analyseur de spectre, puis en procédant à des mesurages à différents niveaux de puissance. Il convient de régler l'affaiblisseur de sorte qu'il n'ait aucun impact sur la valeur de d obtenue.

NOTE 3 Cette méthode ne peut pas être aisément utilisée si la modulation de fréquence obtenue est importante (voir 4.5.22.7), laquelle est souvent à l'origine d'une inégalité d'amplitude entre les deux signaux à bande latérale. Les effets de la modulation de fréquence obtenue sur l'affichage de l'analyseur de spectre peuvent être réduits en

choisissant une fréquence de signal modulant élevée (indice de modulation de fréquence $\beta \propto \frac{1}{f_m}$).

NOTE 4 Cette méthode ne peut pas être aisément utilisée si la forme d'onde de modulation est non sinusoïdale, soit à cause de la composante harmonique du signal modulant, soit à cause d'une distorsion non linéaire à modulation d'amplitude (voir 4.5.22.3).

4.5.22.2 Sensibilité de modulation d'amplitude

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 29). Le générateur de signaux qui fournit un signal modulant à la fréquence spécifiée doit être connecté à la borne de modulation externe de l'oscillateur. Sa sortie doit être réglée à l'amplitude spécifiée telle que mesurée par l'oscilloscope ou le voltmètre RF. L'indice de modulation du signal de sortie doit être mesuré comme indiqué en 4.5.22.1 (selon le cas).

En règle générale, la sensibilité de modulation d'amplitude est considérée comme le pourcentage de modulation de la tension crête à crête du signal modulant et doit être telle qu'indiquée dans la spécification particulière.

NOTE Cette méthode peut être utilisée pour déterminer l'immunité d'un oscillateur à l'ondulation de la ligne d'alimentation, etc., en superposant le signal modulant à la tension d'alimentation en courant continu.

4.5.22.3 Distorsion de modulation d'amplitude (non-linéarité)

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 29) sauf qu'il doit être remplacé par un analyseur de spectre dont la largeur de bande FI est suffisamment étroite pour assurer une discrimination adéquate entre la sortie de l'oscillateur et les signaux à bande latérale.

Un signal modulant sinusoïdal à la fréquence spécifiée et à un niveau permettant de moduler l'oscillateur selon l'indice de modulation spécifié, doit être appliqué à la borne de modulation externe de l'oscillateur. L'analyseur de spectre doit être réglé pour afficher le spectre de fréquence dans la région de la fréquence de sortie de l'oscillateur (voir la Figure 30).

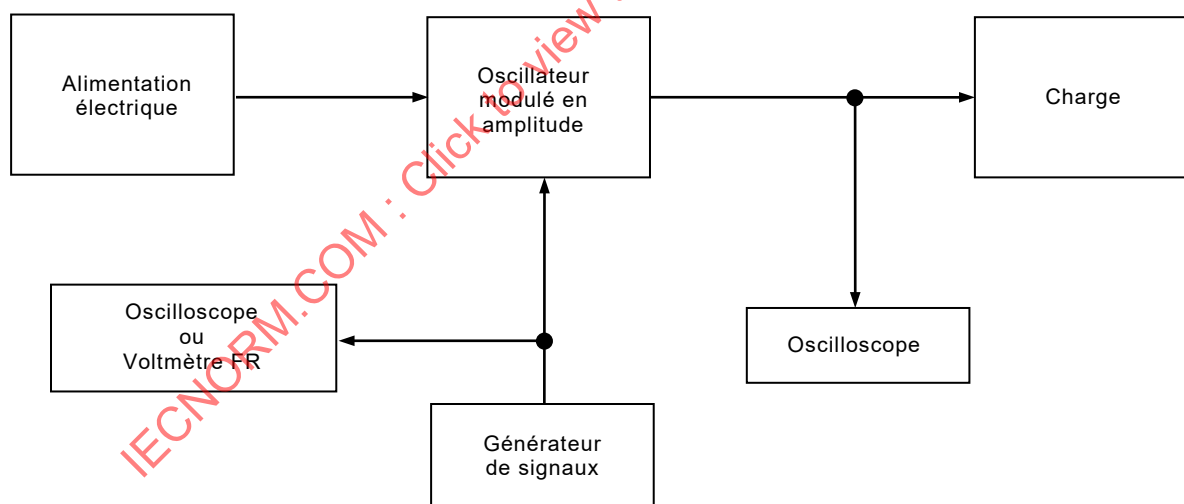
Les distorsions de deuxième, de troisième, etc. harmoniques sont en général exprimées sous la forme d_2 , d_3 , etc. décibels, mais elles peuvent également l'être sous la forme d'un

pourcentage de distorsion $\frac{100}{10^{\frac{d}{20}}}$ pour chaque harmonique individuel.

La distorsion doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

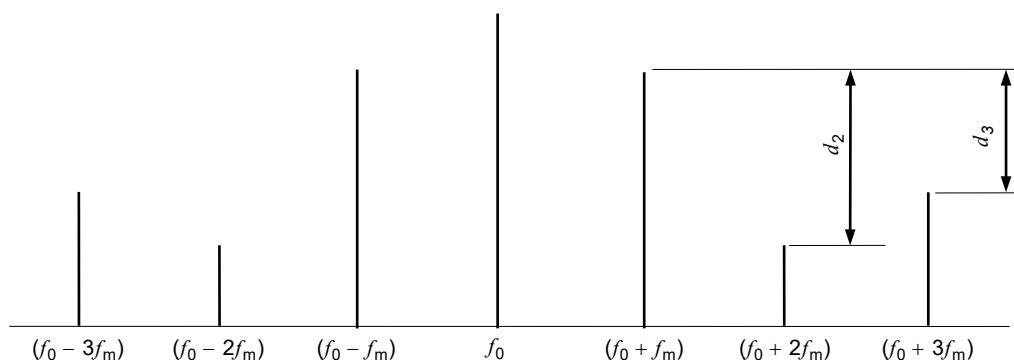
Lors de la réalisation de cet essai, les précautions suivantes doivent être prises:

- il faut veiller à empêcher la surcharge de l'analyseur de spectre, à l'origine d'une augmentation apparente de la distorsion de modulation. Cela peut être vérifié en connectant un affaiblisseur entre l'oscillateur et l'analyseur de spectre, puis en procédant à des mesurages à différents niveaux de puissance.



IEC

Figure 29 – Circuit d'essai pour déterminer la sensibilité de modulation d'amplitude



où

f_0 est la fréquence de sortie de l'oscillateur;

f_m est la fréquence du signal modulant;

$(f_0 - f_m)$ est la bande latérale inférieure générée par le signal modulant;

$(f_0 - 2f_m)$ est la bande latérale inférieure générée par le deuxième harmonique du signal de modulation;

$(f_0 - 3f_m)$ est la bande latérale inférieure générée par le troisième harmonique du signal de modulation.

Figure 30 – Spectre de fréquence de la distortion de modulation d'amplitude

Il convient de régler l'affaiblisseur de sorte qu'il n'ait aucun impact sur le mesurage de la distortion d'amplitude, c'est-à-dire les valeurs de d_2 , d_3 , etc. Si la composante harmonique du signal modulant est importante, les résultats obtenus doivent être corrigés ou le signal modulant doit être filtré de manière à réduire sa composante harmonique.

NOTE La distortion de modulation totale peut être évaluée en détectant la sortie de l'oscillateur et en mesurant ce signal avec un analyseur de distortion approprié. Cette méthode permet de mesurer le contenu de bande latérale total d'un signal modulé en amplitude. Le résultat peut être obtenu à partir des mesurages réalisés avec un analyseur de spectre en faisant la somme des signaux à bande latérale.

4.5.22.4 Réponse de fréquence de modulation d'amplitude

La procédure d'essai donnée en 4.5.22.2 avec un signal modulant sinusoïdal appliqué doit être utilisée. La sensibilité de modulation d'amplitude à une fréquence de référence spécifiée doit être mesurée. Les mesurages doivent ensuite être réalisés aux autres fréquences spécifiées, ce qui donne la variation de sensibilité de modulation (en général exprimée en décibels) et qui doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

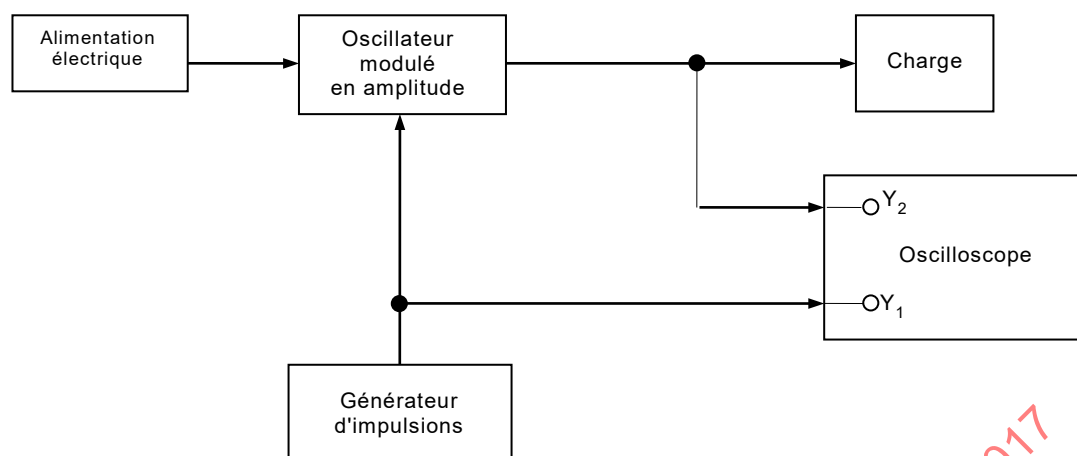
$$\text{Total distortion} = \frac{100}{\sqrt{10^{\frac{d_2}{10}} + 10^{\frac{d_3}{10}} + \dots}}$$

4.5.22.5 Modulation d'impulsions en amplitude

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 31).

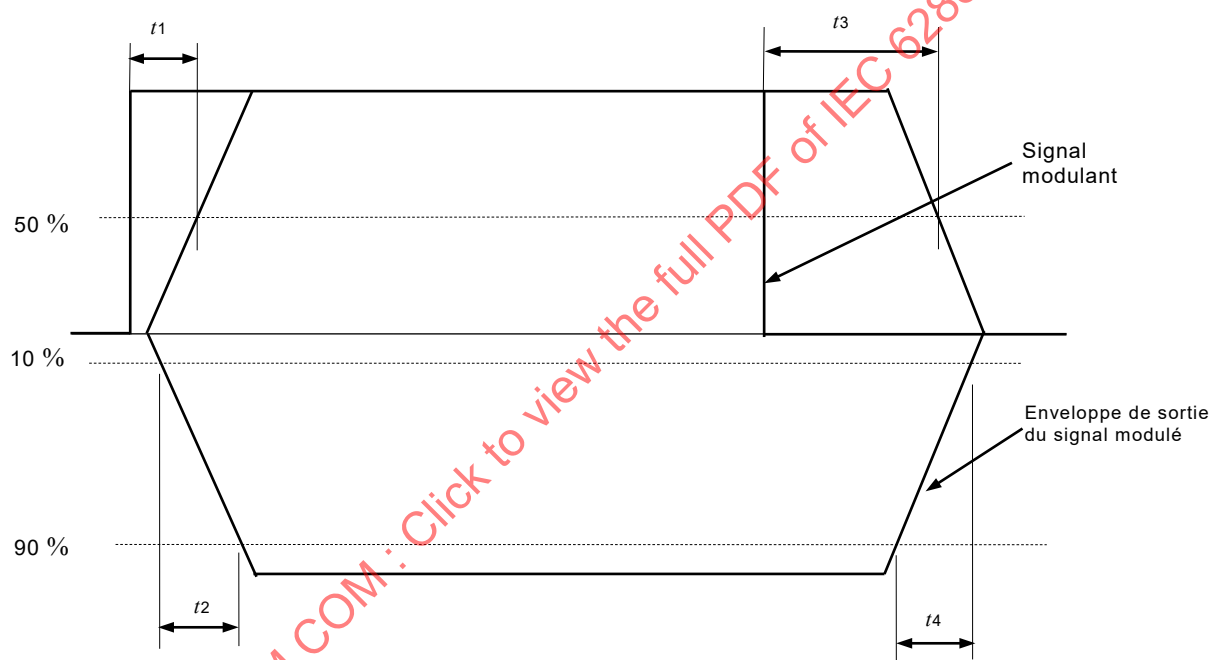
Un générateur d'impulsions, fournissant un signal modulant de forme d'onde et de fréquence de répétition spécifiées, et qui ne doit présenter aucune relation harmonique avec la fréquence de l'oscillateur, doit être connecté à la borne d'entrée de modulation de l'oscillateur.

Ce signal et la forme d'onde de sortie de l'oscillateur doivent s'afficher en même temps sur l'oscilloscope, l'amplitude crête à crête de la forme d'onde de sortie étant ajustée à deux fois celle du signal modulant (voir la Figure 32).



IEC

Figure 31 – Circuit d'essai pour déterminer la modulation d'impulsions en amplitude



IEC

Figure 32 – Caractéristiques de modulation d'impulsions

Les paramètres suivants doivent être déterminés et doivent être tels qu'indiqués dans la spécification particulière:

- t_1 est le temps d'ouverture, l'intervalle de temps entre 50 % du signal modulant et 50 % de la forme d'onde de sortie, au front avant;
- t_2 est le temps de montée, l'intervalle de temps entre 10 % et 90 % du front avant de la forme d'onde de sortie (en prenant pour hypothèse que le temps de montée du signal modulant est négligeable);
- t_3 est le temps de coupure, l'intervalle de temps entre 50 % du signal modulant et 50 % de la forme d'onde de sortie, au front arrière;
- t_4 est le temps de descente, l'intervalle de temps entre 90 % et 10 % du front arrière de la forme d'onde de sortie (en prenant pour hypothèse que le temps de descente du signal modulant est négligeable).

4.5.22.6 Impédance d'entrée de modulation d'amplitude

Un générateur de signaux qui fournit un signal modulant à la fréquence spécifiée doit être connecté à la borne de modulation externe de l'oscillateur et à une boîte de résistances par l'intermédiaire d'un transformateur blindé (voir la Figure 33). La boîte de résistances ne doit pas réagir à la fréquence de mesure spécifiée.

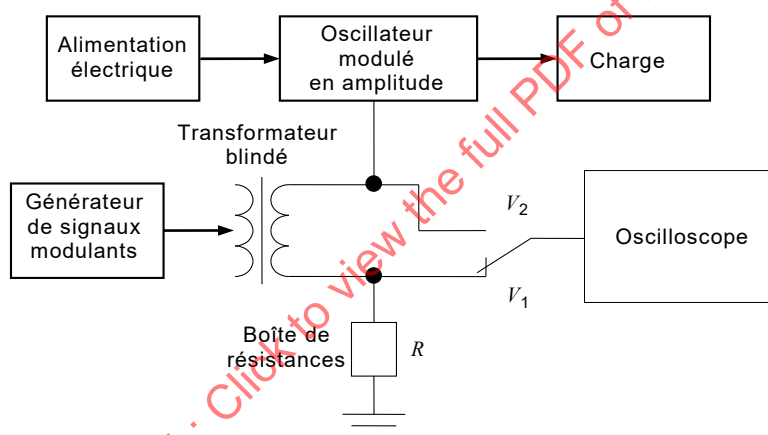
Un oscilloscope (ou un voltmètre en courant alternatif adapté) doit être connecté de manière à mesurer le niveau de signal dans la boîte de résistances (V_1) ou le niveau d'entrée du signal modulant dans l'oscillateur (V_2).

Le générateur de signaux doit être ajusté de sorte que la tension du signal modulant à l'entrée de l'oscillateur soit au niveau spécifié.

L'impédance d'entrée de modulation doit être calculée comme suit:

$$Z = \frac{V_2}{V_1} R$$

et doit être telle qu'indiquée dans la spécification particulière.



IEC

Figure 33 – Circuit d'essai pour déterminer l'impédance d'entrée de modulation

4.5.22.7 Modulation de fréquence résiduelle sur un signal de modulation d'amplitude

La modulation d'amplitude doit être ajustée sur l'indice spécifié (voir 4.5.22.1). L'écart de modulation de fréquence obtenu doit ensuite être mesuré (voir 4.5.23.1). L'amplitude de l'écart de la modulation de fréquence résiduelle du signal modulé en amplitude doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière. L'action limitante du ou des multiplicateurs de fréquence élimine la majeure partie de la modulation d'amplitude du signal. Toutefois, il faut veiller à ce que la modulation d'amplitude résiduelle soit insuffisante pour avoir un impact sur l'exactitude de l'appareil de mesure de la modulation de fréquence.

4.5.23 Caractéristiques de modulation de fréquence

4.5.23.1 Écart de modulation de fréquence

L'essai A doit être utilisé si l'écart de fréquence de crête est supérieur à 100 Hz.

L'oscillateur doit être connecté à la charge spécifiée (voir la Figure 34), un signal modulant de fréquence spécifiée étant appliqué à sa borne d'entrée de modulation.

L'écart de fréquence de crête du signal de sortie doit être mesuré à l'aide d'un appareil de mesure de modulation (ou d'écart) FM et doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

Si des signaux de fréquence très élevée présentant un faible écart de fréquence de crête sont mesurés, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un oscillateur local à verrouillage de phase par rapport à une source présentant une faible composante de modulation de fréquence résiduelle (un oscillateur à quartz, par exemple) afin de réduire son écart de bruit de modulation de fréquence.

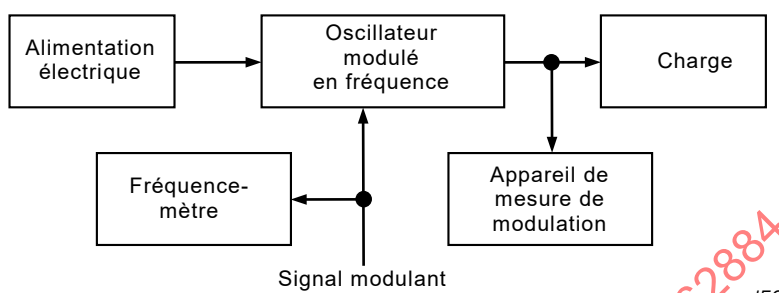


Figure 34 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'écart de modulation de fréquence

NOTE 1 Indice de modulation de fréquence:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$$

où

Δf est l'écart de fréquence de crête réel;

f_m est la fréquence du signal modulant.

L'essai B doit être utilisé si l'écart de fréquence de crête est inférieur à 100 Hz.

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 34), en ajoutant un multiplicateur de fréquence avant l'appareil de mesure de modulation de fréquence (voir Note 2).

Un signal modulant à la fréquence spécifiée doit être appliqué à la borne d'entrée de modulation de l'oscillateur, et la fréquence de crête du signal de sortie doit être mesurée avec le multiplicateur de fréquence à l'aide d'un appareil de mesure de modulation (ou d'écart) FM.

Donc

$$\Delta f = \frac{\Delta f_{\text{mult}}}{M}$$

où

Δf est l'écart de fréquence de crête réel;

Δf_{mult} est l'écart de crête mesuré;

M est le facteur de multiplication.

La valeur obtenue doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

Si cette méthode est utilisée, il doit être nécessaire de prendre les précautions suivantes:

- si des signaux de fréquence très élevée présentant un faible écart de fréquence de crête sont mesurés, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un oscillateur local à verrouillage de phase par rapport à une source présentant une faible composante de modulation de fréquence résiduelle (un oscillateur à quartz, par exemple) afin de réduire son écart de bruit de modulation de fréquence;
- la plupart des oscillateurs sont, dans une certaine mesure, susceptibles d'onduler en fonction de la tension d'alimentation. Si l'indice de modulation de fréquence des signaux de mesure est faible, il faut impérativement veiller à ce que les variations de tension d'alimentation n'aient aucun impact sur le mesurage de l'écart de fréquence de crête.

NOTE 2 Indice de modulation de fréquence:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$$

où

Δf est l'écart de fréquence de crête réel;

f_m est la fréquence du signal modulant.

NOTE 3 Il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un mélangeur avant et/ou après la multiplication de fréquence pour descendre le signal en fréquence et le ramener dans les limites de la plage de l'appareil de mesure de modulation de fréquence.

4.5.23.2 Sensibilité de modulation de fréquence

L'oscillateur doit être relié à la charge spécifiée (voir la Figure 35). Un générateur de signaux fournissant un signal modulant à la fréquence spécifiée doit être connecté à la borne d'entrée de l'oscillateur, et sa sortie être réglée à l'amplitude spécifiée telle que mesurée par l'oscilloscope ou le voltmètre RF. Le niveau d'entrée de modulation spécifié doit être tel que l'écart de crête maximal admis de l'oscillateur ne soit pas dépassé. L'écart de fréquence de crête du signal de sortie doit être mesuré comme indiqué en 4.5.23.1, essais A ou B, selon le cas.

La sensibilité de modulation de fréquence est définie comme suit:

$$S_{FM} = \frac{\Delta f_{p-p}}{V_{p-p}}$$

où

Δf_{p-p} est l'écart de fréquence crête à crête;

V_{p-p} est la tension du signal modulant crête à crête.

Sa valeur doit être dans les limites indiquées dans la spécification particulière.

NOTE Cette méthode peut être utilisée pour déterminer l'immunité d'un oscillateur à l'ondulation de la ligne d'alimentation, etc., en superposant le signal modulant à la tension d'alimentation en courant continu.