

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Piezoelectric sensors –
Part 3: Physical sensors**

**Capteurs piézoélectriques –
Partie 3: Capteurs physiques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-3:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

**Piezoelectric sensors –
Part 3: Physical sensors**

**Capteurs piézoélectriques –
Partie 3: Capteurs physiques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-8742-2

**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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions, symbols and units	5
3.1 Terms and definitions.....	5
3.2 Symbols and units.....	6
4 Specifications	6
4.1 General.....	6
4.2 Conceptual diagrams of sensor types.....	6
4.2.1 General	6
4.2.2 Conceptual diagram for sensor elements of SAW resonator type.....	7
4.2.3 Conceptual diagram for sensor elements of SAW delay-line type.....	7
4.3 Technical documents	8
5 Delivery conditions	8
6 Quality and reliability	8
7 Test and measurement procedures.....	8
Annex A (informative) Physical reaction in sensor cell and detection method	9
A.1 Detection and measurement	9
A.2 Typical formulae for detection methods of physical quantity	9
A.2.1 General	9
A.2.2 Non-acoustic type.....	9
A.2.3 Acoustic type.....	10
A.2.4 Delay-line type.....	11
A.3 Calibration	11
Bibliography.....	12
Figure 1 – Conceptual diagram for SAW single resonator type.....	7
Figure 2 – Conceptual diagram for SAW differential resonator type.....	7
Figure 3 – Conceptual diagram for SAW transmission (two-port) delay-line type	7
Figure 4 – Conceptual diagram for SAW reflective (one-port) delay-line type	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PIEZOELECTRIC SENSORS –**Part 3: Physical sensors****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 63041-3 has been prepared by IEC technical committee TC 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

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

CDV	Report on voting
49/1333/CDV	49/1343/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.

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

A list of all part in the IEC 63041 series, published under the general title *Piezoelectric sensors*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-3:2020

PIEZOELECTRIC SENSORS –

Part 3: Physical sensors

1 Scope

This part of IEC 63041 is applicable to piezoelectric physical sensors mainly used in the field of process control, wireless monitoring, dynamics, thermodynamics, vacuum engineering, and environmental sciences. This document provides users with technical guidelines as well as basic knowledge of common physical sensors.

Piezoelectric sensors covered herein are those applied to the detection and measurement of physical quantities such as force, pressure, torque, viscosity, temperature, film thickness, acceleration, vibration, and tilt angle.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

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

IEC 60617:2012, *Graphical symbols for diagrams* (database available at <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 63041-1:2017, *Piezoelectric sensors – Part 1: Generic specifications*

IEC 63041-2, *Piezoelectric sensors – Part 2: Chemical and biochemical sensors*

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

3 Terms, definitions, symbols and units

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60027 (all parts), IEC 60050-561, IEC 60617, IEC 63041-1, IEC 63041-2 and ISO 80000-1 and the following 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>

3.1.1

piezoelectric acceleration sensor element

piezoelectric sensor component whose resonance frequency or delay is used to measure the change in velocity of an object with time

3.1.2

piezoelectric humidity sensor element

piezoelectric sensor component whose resonance frequency or delay is used for dew point and moisture detection

3.1.3

piezoelectric tilt angle sensor element

piezoelectric sensor component whose resonance frequency or delay is used to measure tilt angles, elevation, or depression of an object with respect to gravity's detection

3.1.4

piezoelectric vibration sensor element

piezoelectric sensor component whose resonance frequency or delay is used for measurement of vibration

3.1.5

dual mode sensor

piezoelectric sensor which is able to detect physical quantities from a change in resonance frequencies of two independent modes on a single piezoelectric plate

Note 1 to entry: In order to achieve improved precision and/or to eliminate undesired influence factors, sensor solutions are employed that utilize two or more modes. By evaluation of combinations of these modes' sensitivities to various ambient conditions, on the one hand, improved detection sensitivity can be achieved, while, on the other hand, undesirable sensitivities can be reduced or eliminated.

3.1.6

differential sensor

piezoelectric sensor which is able to detect physical quantities from a change in resonance frequencies or delays of two independent and same micro-acoustic structures assembled on the same or different piezoelectric plates

3.1.7

multi-measurand sensor

piezoelectric sensor which is able to detect two or more different physical quantities from an analysis of different sensor responses

3.2 Symbols and units

The symbols and units given in IEC 63041-1 apply.

4 Specifications

4.1 General

Key points of the specification are identified in IEC 63041-1:2017, Clause 5.

4.2 Conceptual diagrams of sensor types

4.2.1 General

In addition to the sensor types listed in IEC 63041-1:2017, Clause 4, specific realizations are common for surface acoustic wave (SAW) sensors.

4.2.2 Conceptual diagram for sensor elements of SAW resonator type

Figure 1 and Figure 2 show conceptual diagrams for resonator type SAW sensors. Figure 1 provides one resonance which is sensitive to undesirable influence factors such as frequency pulling. In the case of Figure 2, comprising e.g. a parallel connection of two resonators at different resonance frequencies, the sensor will be designed to have similar sensitivities of both resonators to such undesired effects and is therefore suitable to achieve higher accuracy with respect to the target measurand due to this compensation technique.

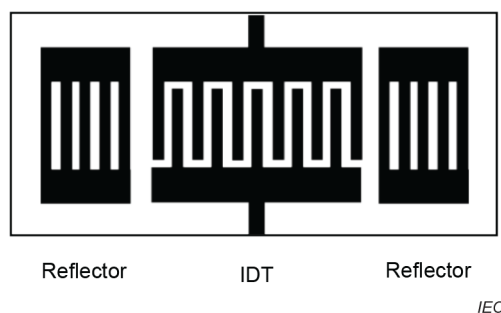


Figure 1 – Conceptual diagram for SAW single resonator type

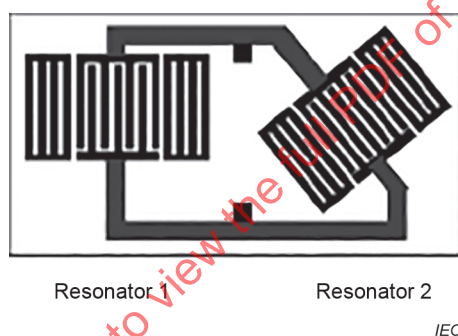


Figure 2 – Conceptual diagram for SAW differential resonator type

4.2.3 Conceptual diagram for sensor elements of SAW delay-line type

Figure 3 shows a transmission type (two-port) and Figure 4 shows a reflective type (one-port).

Reflective delay lines use the SAW propagation path which is evaluated for delay and attenuation changes twice for incident and reflected wave, and therefore can be designed as smaller realizations. Reflective delay-line sensors can be designed to feature a unique sensor identification, in combination with their sensor capabilities, by using several SAW reflector structures resulting in a characteristic pattern of the reflected signal which can be distinguished from other sensors using the same frequency range.

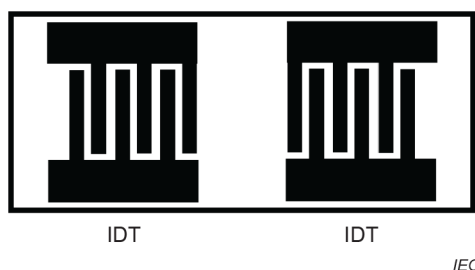


Figure 3 – Conceptual diagram for SAW transmission (two-port) delay-line type

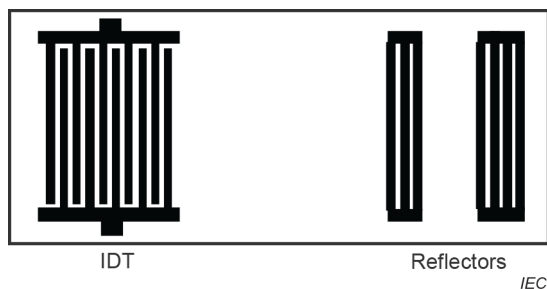


Figure 4 – Conceptual diagram for SAW reflective (one-port) delay-line type

4.3 Technical documents

The physical reaction in sensor cell and detection methods are defined in Annex A.

The following a) to f) shall clearly be defined in the specifications to be concluded between the manufacturer and customers:

- a) Avoidance of coupling of main and unwanted vibration modes;
- b) Detection direction of sensor element;
- c) Hysteresis of sensor elements;
- d) Linearity between sensor outputs and physical quantities to be detected;
- e) Overload characteristics by excessive physical quantities to be detected;
- f) Response time of sensor elements.

5 Delivery conditions

See IEC 63041-1:2017, Clause 7.

6 Quality and reliability

See IEC 63041-1:2017, Clause 8.

7 Test and measurement procedures

See IEC 63041-1:2017, Annexes A and B.

Annex A (informative)

Physical reaction in sensor cell and detection method

A.1 Detection and measurement

Generally, detection and measurement items are a) to d).

- a) Resonance frequency, delay, and electrical charged voltage covered herein are applied to the detection and measurement of force, pressure, torque, vibration, acceleration, etc.
- b) Resonance frequency, delay or insertion loss / gain covered herein are applied to the detection and measurement of viscosity.
- c) Resonance frequency or delay is applied to the detection and measurement of temperature.
- d) Resonance frequency is applied to the detection and measurement of film thickness.

NOTE An electrical charged voltage is measured by non-acoustic type piezoelectric ceramic and quartz crystal sensors.

For these specifications, the manufacturer and customer shall have detailed discussions, the discrepancies shall be eliminated, and the results shall clearly be described in the contract clause, the requirements specifications of the customer, the delivery specifications thereof or the like, and shall be settled as one of the contracts with the customer.

A.2 Typical formulae for detection methods of physical quantity

A.2.1 General

Formulae (A.1) to (A.6) presented as below are typical examples applied to physical sensor elements and cells. For these formulae, the manufacturer and customer shall have detailed discussions, the discrepancies shall be eliminated, and the results shall be described clearly in the contract clause.

A.2.2 Non-acoustic type

A.2.2.1 Piezoelectric ceramics

When a sensor element is made of piezoelectric ceramics,

$$V = g_{33} l \frac{F}{S} \quad (\text{A.1})$$

where

- V is the voltage;
- g_{33} is the piezoelectric voltage coefficient;
- l is the length of the piezoelectric ceramics element and is the direction in which force is applied to the one;
- F is the force applied to the piezoelectric ceramic element and cell;
- S is the electrode area and is formed in a direction in which a force is applied to the piezoelectric ceramic element and cell.

A.2.2.2 X-cut quartz crystal

When sensor element is X-cut quartz crystal,

$$V = g_{11} t \frac{F}{S} \quad (\text{A.2})$$

where

g_{11} is the piezoelectric voltage coefficient;

t is the thickness of quartz crystal.

A.2.3 Acoustic type

A.2.3.1 Resonator type

For resonator-type piezoelectric sensors, the change of one or more resonance frequencies related to the effect of the measurand is interpreted to quantify the measurand. Typical measuring range transform function is defined by polynomials as

$$y = g(\Delta f_r) = \sum_{i=0}^N a_i f_r^i \quad (\text{A.3})$$

where

y is the measurand (e.g. temperature, pressure, film thickness, etc.);

Δf_r is the change of resonance frequency under the influence of the measurand;

a_i are transform coefficients, determined by design and material system.

Biunique the transform function is generally desirable. Hence, the order of the polynomial should be kept low, ideally $N = 1$.

A.2.3.2 Differential resonator type

For differential resonator type sensors, it is common to evaluate two resonances with different sensitivities to the measurand in order to eliminate undesired frequency pulling effects (e.g. from load pulling effects in wireless piezoelectric sensor systems), such as

$$y = g(\Delta f_{r1} - \Delta f_{r2}) = \sum_{i=0}^N b_i (\Delta f_{r1} - \Delta f_{r2})^i \quad (\text{A.4})$$

where

$\Delta f_{r1}, \Delta f_{r2}$ are resonance frequencies of two resonators or resonant modes with different sensitivities with respect to the measurand, but preferably similar sensitivities with respect to undesired influence actors;

b_i are transform coefficients, determined by design and material system.

A.2.3.3 Multi-measurand resonator type

Evaluation of two or more resonators and their resonance frequencies, having arbitrary sensitivities with respect to the measurands to be quantified, can be transformed by

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,0} & a_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1,N} \\ a_{2,0} & a_{2,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{K,0} & a_{K,1} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{K,N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \Delta f_1 \\ \Delta f_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta f_N \end{bmatrix} \quad (\text{A.5})$$

or higher-order polynomials of $\Delta f_i^j \cdot \Delta f_m^n (i, m \in [1 \dots N])$,

where

$y_1 \dots y_K$ are a range of measurands;

$a_{k,l}$ are the coefficients of a transform matrix;

$\Delta f_1, \Delta f_N$ are the changes in resonance frequencies obtained for N resonators of the piezoelectric sensor;

$K < N$ to allow for determination of multiple measurands and compensation for undesired effects;

j, n are the exponents of higher order polynomial transform functions and should be kept minimum, e.g. $j, n \leq 2$.

A.2.4 Delay-line type

For delay-line type piezoelectric sensors, the change of the delay of the transmitted or reflected impulses related to the effect of the measurand is interpreted to quantify the measurand. Typical the transform function is defined by polynomials:

$$y = g(\Delta\tau) = \sum_{i=0}^N c_i \Delta\tau^i \quad (\text{A.6})$$

y is the measurand (e.g. temperature, pressure, etc.);

$\Delta\tau$ is the change of the delay of the transmitted or reflected signal under the influence of the measurand;

c_i are transform coefficients, determined by design and material system.

For reflective delay lines of Figure 4, realization and evaluation of multiple reflected signals are common to enhance sensitivity and/or to enable unique sensor identification, e.g., allowing for use of multiple sensors within the same frequency range in wireless sensor systems.

A.3 Calibration

The calibration method should be specified in the detailed specification and/or contract.

Bibliography

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

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

IEC 60122-2-1, *Quartz crystal units for frequency control and selection – Part 2: Guide to the use of quartz crystal units for frequency control and selection – Section one: Quartz crystal units for microprocessor clock supply*

IEC 60444-1, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a pi-network – Part 1: Basic method for the measurement of resonance frequency and resonance resistance of quartz crystal units by zero phase technique in a pi-network*

IEC 60444-5, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 5: Methods for the determination of equivalent electrical parameters using automatic network analyzer techniques and error correction*

IEC 60444-9, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 9: Measurement of spurious resonances of piezoelectric crystal units*

IEC 60642, *Piezoelectric ceramic resonators and resonator units for frequency control and selection – Chapter I: Standard values and conditions – Chapter II: Measuring and test conditions*

IEC 60679 (all parts), *Piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators of assessed quality*

IEC 60758:2016, *Synthetic quartz crystal – Specifications and guidelines for use*

IEC 60862-1, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 1: Generic specification*

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

IEC 61240:2016, *Piezoelectric devices – Preparation of outline drawings of surface-mounted devices (SMD) for frequency control and selection – General rules*

IEC 61760 (all parts), *Surface mounting technology*

IEC 61837 (all parts), *Surface mounted piezoelectric devices for frequency control and selection – Standard outlines and terminal lead connections*

IEC TS 61994 (all parts), *Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection – Glossary*

IEC 62276:2016, *Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications – Specifications and measuring methods*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 11843-1: 1997, *Capability of detection – Part 1: Terms and definitions*

ISO 11843-2: 2000, *Capability of detection – Part 2: Methodology in the linear calibration case*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

E. P. EerNisse, R. W. Ward and R. B. Wiggins, "Survey of Quartz Bulk Resonator Sensor Technologies," IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 35, No. 3, pp. 323-330, May 1988.

G. G. Guilbault and J. M. Jordan, "Analytical Uses of Piezoelectric Crystals: A Review," CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry, Vol. 19, Issue 1, pp. 1-28, 1988.

J. J. McCallum, "Piezoelectric Devices for Mass and Chemical Measurements," Analyst, Vol. 114, pp. 1173-1189, Oct. 1989.

R. J. Besson, J. J. Boy, B. Glotin, Y. Jinzaki, B. Sinha, and M. Valdois, "A dual-mode thickness-shear quartz pressure sensor," IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr., Vol. 40, pp. 584-591, 1993.

D. S. Ballantine, Jr., et. al, Acoustic Wave Sensors - Theory, Design, and Physico-Chemical Applications, Academic Press, 1997.

Special Issue on Sensors and Actuators, IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 45, September 1998.

J. R. Vig, "Dual-mode Oscillators for Clocks and Sensors," Proc. 1999 IEEE International Ultrasonics Symposium

N. Matsumoto, Y. Sudo, B. Sinha and M. Niwa, "Long-term stability and performance characteristics of crystal gauge at high pressures and temperatures," Proc. 1999 IEEE International Frequency Control Symposium

Shigeyoshi GOKA, Kiwamu OKABE, Yasuaki WATANABE and Hitoshi SEKIMOTO, "Multimode Quartz Crystal Microbalance," Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000) pp. 3073–3075.

X. Q. Bao, W. Burkhard, V. V. Varadan and V. K. Varadan, "SAW temperature sensor and remote reading system," Proc. 1987 IEEE International Ultrasonics Symposium

W. Buff, M. Rusko, T. Vandahl, M. Goroll and F. Möller, "A differential measurement SAW device for passive remote sensing," Proc. 1996 IEEE International Ultrasonics Symposium

A. Pohl and F. Seifert, "Wirelessly interrogable Surface Acoustic Wave sensors for vehicular applications," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 46, pp. 1031-1038, 1997

L. M. Reindl, A. Pohl, G. Scholl and R. Weigel, "SAW-based radio sensor systems," IEEE Sensors Journal, Vol. 1, pp. 69-78, 2001

D. Puccio, D. C. Malocha, D. Gallagher and J. Hines, "SAW Sensors Using Orthogonal Frequency Coding," Proceedings of the 2004 IEEE International Frequency Control Symposium and Exposition

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes, définitions, symboles et unités	17
3.1 Termes et définitions	17
3.2 Symboles et unités.....	18
4 Spécifications	18
4.1 Généralités	18
4.2 Schémas conceptuels des types de capteurs	19
4.2.1 Généralités	19
4.2.2 Schéma conceptuel pour des éléments de capteurs de type résonateur à OAS	19
4.2.3 Schéma conceptuel pour des éléments de capteurs de type à ligne à retard à OAS	19
4.3 Documents techniques.....	20
5 Conditions de livraison	20
6 Qualité et fiabilité	20
7 Modes opératoires d'essai et de mesure.....	20
Annexe A (informative) Réaction physique dans une cellule de détection et méthode de détection	21
A.1 Détection et mesurage	21
A.2 Formules types pour les méthodes de détection de grandeurs physiques.....	21
A.2.1 Généralités	21
A.2.2 Type non acoustique	21
A.2.3 Type acoustique	22
A.2.4 Type à ligne à retard.....	23
A.3 Étalonnage	23
Bibliographie.....	24
Figure 1 – Schéma conceptuel pour un type de résonateur simple à OAS.....	19
Figure 2 – Schéma conceptuel pour un type de résonateur différentiel à OAS	19
Figure 3 – Schéma conceptuel pour un type à ligne à retard à transmission d'OAS (biporte).....	20
Figure 4 – Schéma conceptuel pour un type à ligne à retard à réflexion d'OAS (monoporte).....	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 3: Capteurs physiques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 63041-3 a été établie par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
49/1333/CDV	49/1343/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63041, publiées sous le titre général *Capteurs piézoélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-3:2020

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 3: Capteurs physiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63041 s'applique aux capteurs physiques piézoélectriques principalement utilisés dans le domaine des commandes de processus, de la surveillance sans fil, de la dynamique, de la thermodynamique, des technologies du vide et des sciences environnementales. Le présent document donne aux utilisateurs des lignes directrices techniques ainsi que les connaissances de base concernant les capteurs physiques courants.

Les capteurs piézoélectriques traités ici sont ceux appliqués à la détection et au mesurage des grandeurs physiques telles que la force, la pression, le couple, la viscosité, la température, l'épaisseur de film, l'accélération, les vibrations, et l'angle d'inclinaison.

2 Références normatives

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

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

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

IEC 60617:2012, *Symboles graphiques pour schémas* (base de données disponible sur <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 63041-1:2017, *Capteurs piézoélectriques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 63041-2, *Capteurs piézoélectriques – Partie 2: Capteurs chimiques et biochimiques*

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

3 Termes, définitions, symboles et unités

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60027 (toutes les parties), de l'IEC 60050-561, de l'IEC 60617, de l'IEC 63041-1, de l'IEC 63041-2 et de l'ISO 80000-1 s'appliquent.

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

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

3.1.1

élément de capteur d'accélération piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique dont la fréquence de résonance ou le retard est utilisé(e) pour mesurer la variation de la vitesse d'un objet dans le temps

3.1.2

élément de capteur d'humidité piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique dont la fréquence de résonance ou le retard est utilisé(e) pour la détection du point de rosée et de l'humidité

3.1.3

élément de capteur d'angle d'inclinaison piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique dont la fréquence de résonance ou le retard est utilisé(e) pour mesurer les angles d'inclinaison, l'élévation ou la dépression d'un objet par rapport à la détection de la gravité

3.1.4

élément de capteur de vibration piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique dont la fréquence de résonance ou le retard est utilisé(e) pour mesurer les vibrations

3.1.5

capteur bimode

capteur piézoélectrique capable de détecter des grandeurs physiques à partir d'une variation des fréquences de résonance de deux modes indépendants sur une même plaque piézoélectrique

Note 1 à l'article: Pour améliorer la précision et/ou éliminer les facteurs d'influence indésirables, des solutions de capteurs qui utilisent deux modes ou plus sont utilisées. L'évaluation des combinaisons des sensibilités de ces modes à des conditions ambiantes différentes peut permettre, d'une part, d'améliorer la sensibilité de détection et, d'autre part, de réduire ou d'éliminer les sensibilités indésirables.

3.1.6

capteur différentiel

capteur piézoélectrique capable de détecter des grandeurs physiques à partir d'une variation des fréquences de résonance ou des retards de deux mêmes structures microacoustiques indépendantes assemblées sur une même plaque piézoélectrique ou sur des plaques piézoélectriques différentes

3.1.7

capteur multimesurande

capteur piézoélectrique capable de détecter deux ou plusieurs grandeurs physiques différentes à partir d'une analyse des différentes réponses des capteurs

3.2 Symboles et unités

Les symboles et les unités donnés dans l'IEC 63041-1 s'appliquent.

4 Spécifications

4.1 Généralités

Les points essentiels de la spécification sont identifiés à l'Article 5 de l'IEC 63041-1:2017.

4.2 Schémas conceptuels des types de capteurs

4.2.1 Généralités

En plus des types de capteurs énumérés à l'Article 4 de l'IEC 63041-1:2017, des réalisations spécifiques sont courantes pour les capteurs à ondes acoustiques de surface (OAS).

4.2.2 Schéma conceptuel pour des éléments de capteurs de type résonateur à OAS

La Figure 1 et la Figure 2 représentent des schémas conceptuels des capteurs de type résonateur à OAS. La Figure 1 représente une résonance qui est sensible aux facteurs d'influence indésirables tels que le décalage de fréquence. Dans le cas de la Figure 2, comprenant par exemple une connexion parallèle de deux résonateurs à des fréquences de résonance différentes, le capteur est conçu pour avoir des sensibilités similaires pour les deux résonateurs à un même effets indésirables et est donc approprié pour obtenir une plus grande exactitude par rapport au mesurande cible grâce à cette technique de compensation.

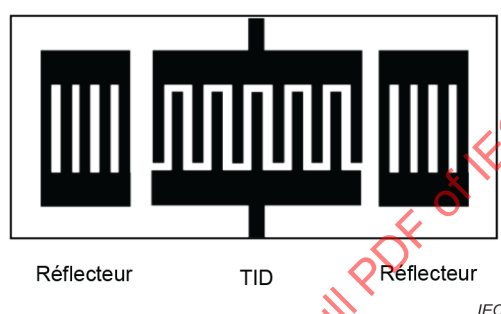


Figure 1 – Schéma conceptuel pour un type de résonateur simple à OAS

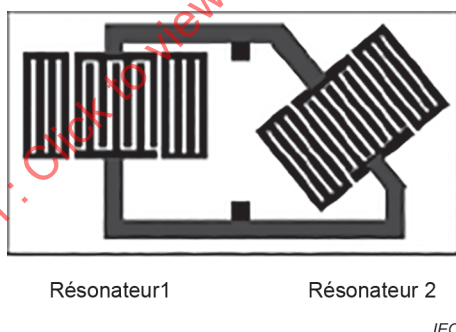


Figure 2 – Schéma conceptuel pour un type de résonateur différentiel à OAS

4.2.3 Schéma conceptuel pour des éléments de capteurs de type à ligne à retard à OAS

La Figure 3 représente un type à transmission (biporte) et la Figure 4 représente un type à réflexion (monoporte).

Les lignes à retard à réflexion utilisent le trajet de propagation de l'OAS qui est évalué deux fois pour les changements de retard et d'atténuation des ondes incidentes et réfléchies, et peuvent donc être conçues à plus petite échelle. Les capteurs à ligne à retard à réflexion peuvent être conçus de façon à présenter une identification de capteur unique, en combinaison avec leurs capacités de capteur, en utilisant plusieurs structures à réflecteur à OAS, ce qui donne un motif caractéristique du signal réfléchi qui peut se distinguer des autres capteurs utilisant la même plage de fréquences.

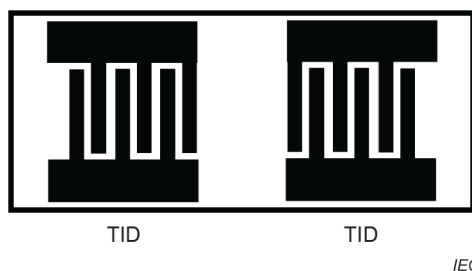


Figure 3 – Schéma conceptuel pour un type à ligne à retard à transmission d'OAS (biporte)

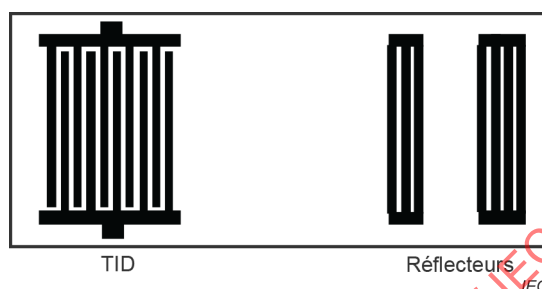


Figure 4 – Schéma conceptuel pour un type à ligne à retard à réflexion d'OAS (monoporte)

4.3 Documents techniques

La réaction physique dans une cellule de détection et la méthode de détection sont définies à l'Annexe A.

Les points a) à f) suivants doivent être clairement définis dans les spécifications qui doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et les clients:

- a) Évitement du couplage du mode de vibration principal et du mode de vibration indésirable;
- b) Sens de détection de l'élément de capteur;
- c) Hystérésis des éléments de capteurs;
- d) Linéarité entre les sorties des capteurs et les grandeurs physiques à détecter;
- e) Caractéristiques de surcharge par grandeurs physiques excessives à détecter;
- f) Temps de réponse des éléments de capteurs.

5 Conditions de livraison

Voir l'Article 7 de l'IEC 63041-1:2017.

6 Qualité et fiabilité

Voir l'Article 8 de l'IEC 63041-1:2017.

7 Modes opératoires d'essai et de mesure

Voir les Annexes A et B de l'IEC 63041-1:2017.

Annexe A (informative)

Réaction physique dans une cellule de détection et méthode de détection

A.1 Détection et mesurage

En règle générale, les éléments de détection et de mesurage sont ceux indiqués de a) à d).

- a) La fréquence de résonance, le retard et la tension de charge électrique couverts ici sont appliqués à la détection et au mesurage de la force, de la pression, du couple, de la vibration, de l'accélération, etc.
- b) La fréquence de résonance, le retard ou la perte / le gain d'insertion couverts ici sont appliqués à la détection et au mesurage de la viscosité.
- c) La fréquence de résonance ou le retard est appliqué(e) à la détection et au mesurage de la température.
- d) La fréquence de résonance est appliquée à la détection et au mesurage de l'épaisseur de film.

NOTE Une tension de charge électrique est mesurée par des capteurs piézoélectriques en céramique et des capteurs à quartz de type non acoustique.

Pour ces spécifications, le fabricant et le client doivent mener des discussions approfondies, les divergences doivent être levées et les résultats doivent être clairement décrits dans la clause contractuelle, les spécifications des exigences du client, leurs spécifications de livraison ou éléments analogues, et doivent être établis dans le cadre de l'un des contrats avec le client.

A.2 Formules types pour les méthodes de détection de grandeurs physiques

A.2.1 Généralités

Les Formules (A.1) à (A.6) présentées ci-dessous sont des exemples types appliqués aux éléments et cellules de capteurs physiques. Pour ces formules, le fabricant et le client doivent mener des discussions approfondies, les divergences doivent être levées et les résultats doivent être clairement décrits dans la clause contractuelle.

A.2.2 Type non acoustique

A.2.2.1 Céramiques piézoélectriques

Lorsqu'un élément de capteur est en céramique piézoélectrique,

$$V = g_{33} l \frac{F}{S} \quad (\text{A.1})$$

où

V est la tension;

g_{33} est le coefficient de tension piézoélectrique;

l est la longueur de l'élément en céramique piézoélectrique et la direction dans laquelle la force est appliquée à l'élément;

F est la force appliquée à l'élément et à la cellule en céramique piézoélectrique;

S est la zone de l'électrode, formée dans une direction dans laquelle une force est appliquée à l'élément et à la cellule en céramique piézoélectrique

A.2.2.2 Cristal de quartz taille X

Lorsque l'élément de capteur est un cristal de quartz taille X,

$$V = g_{11} t \frac{F}{S} \quad (\text{A.2})$$

où

g_{11} est le coefficient de tension piézoélectrique;

t est l'épaisseur du cristal de quartz.

A.2.3 Type acoustique

A.2.3.1 Type résonateur

Pour les capteurs piézoélectriques de type résonateur, la variation d'une ou de plusieurs fréquences de résonance liée à l'effet du mesurande est interprétée comme une quantification du mesurande. La fonction de transformation type de la plage de mesure est définie par les polynômes comme suit

$$y = g(\Delta f_r) = \sum_{i=0}^N a_i f_r^i \quad (\text{A.3})$$

où

y est le mesurande (par exemple température, pression, épaisseur de film, etc.);

Δf_r est la variation de la fréquence de résonance sous l'influence du mesurande;

a_i sont des coefficients de transformation, déterminés par la conception et le matériau constitutif.

La fonction de transformation biunivoque est généralement souhaitable. Par conséquent, il convient de maintenir le polynôme d'ordre inférieur, idéalement $N = 1$.

A.2.3.2 Type résonateur différentiel

Pour les capteurs de type résonateur différentiel, il est courant d'évaluer deux résonances ayant des sensibilités différentes au mesurande afin d'éliminer les effets de décalage de fréquence indésirables (par exemple des effets de traction de charge dans les systèmes de capteurs piézoélectriques sans fil), comme suit

$$y = g(\Delta f_{r1} - \Delta f_{r2}) = \sum_{i=0}^N b_i (\Delta f_{r1} - \Delta f_{r2})^i \quad (\text{A.4})$$

où

$\Delta f_{r1}, \Delta f_{r2}$ sont les fréquences de résonance de deux résonateurs ou modes de résonance ayant des sensibilités différentes par rapport au mesurande, mais de préférence des sensibilités similaires par rapport à des acteurs d'influence indésirables;

b_i sont des coefficients de transformation, déterminés par la conception et le matériau constitutif.