

EC 60747-14-3:2009



Edition 2.0 2009-04

# INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Part 14-3: Semiconductor sensors – Pressure sensors

Dispositifs à semiconducteurs – Partie 14-3: Capteurs à semiconducteurs – Capteurs de pression





# THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

#### Copyright © 2009 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office 3, rue de Varembé CH-1211 Geneva 20 Switzerland Email: inmail@iec.ch Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

Catalogue of IEC publications: <u>www.iec.ch/searchpub</u>

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

IEC Just Published: www.iec.ch/online\_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

Electropedia: <u>www.electropedia.org</u>

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

Customer Service Centre: <u>www.iec.ch/webstore/custserv</u>

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: <u>csc@iec.ch</u> Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

#### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur\_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

Just Published CEI: www.iec.ch/online\_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

Electropedia: <u>www.electropedia.org</u>

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

Service Clients: <u>www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\_entry-f.htm</u>

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: <u>csc@iec.ch</u> Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00





Edition 2.0 2009-04

# INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Part 14-3: Semiconductor sensors – Pressure sensors

Dispositifs à semiconducteurs – Partie 14-3: Capteurs à semiconducteurs – Capteurs de pression

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE CODE PRIX R

ICS 31.080.99

ISBN 2-8318-1039-7

 Registered trademark of the International Electrotechnical Commission Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

– 2 –

FO	REWC	RD		.4	
INTRODUCTION					
1	Scope				
2	Normative references				
3 Terminology and letter symbols				.7	
	3.1	Genera	al terms	.7	
	-	3.1.1	Semiconductor pressure sensors	.7	
		3.1.2	Sensing methods	.7	
	3.2	Definiti	ons	.9	
	3.3	Letter s	symbols	12	
		3.3.1	General	12	
		3.3.2	List of letter symbols	12	
4	Esse	ntial rati	ings and characteristics	13	
	4.1	Genera	al	13	
		4.1.1	Sensor materials – for piezoelectrical sensors	13	
		4.1.2	Handling precautions	13	
		4.1.3	Types	13	
	4.2	Ratings	s (limiting values)	13	
		4.2.1	Pressures	13	
		4.2.2	Temperatures	13	
		4.2.3	Voltage	13	
	4.3	Charac	teristics	13	
		4.3.1	Full-scale span (V <sub>FSS</sub> )	13	
		4.3.2	Full-scale output (V <sub>FSO</sub> )	13	
		4.3.3	Sensitivity (S)	13	
		4.3.4	Temperature coefficient of full-scale sensitivity ( $\alpha_{s}$ )	14	
		4.3.5	Offset voltage (V <sub>OS</sub> )	14	
		4.3.6	Temperature coefficient of offset voltage ( $\alpha_{VOS}$ )	14	
		4.3.7	Pressure hysteresis of output voltage ( <i>H</i> <sub>ohp</sub> )	14	
		4.3.8	I emperature hysteresis of output voltage (H <sub>OhT</sub> )	14	
		4.3.9	Response time	14	
		4.3.10	Warm-up	14	
		4.3.11	Dimensions	14	
5	Maga	4.3.12	atheda	14 1 /	
5			etilous	14 4 4	
	5. I	Genera		14 1 4	
		0.1.1 5 1 2	Measuring conditions	14 14	
	52		voltage measurements	14	
	5.2	5 2 1		15	
		522	Principles of measurement	15	
	53	Sensiti	vity (S)	16	
	0.0	5.3 1	Purpose	16	
		5.3.2	Measuring procedure	16	
		5.3.3	Specified conditions	16	
	5.4	Tempe	rature coefficient of sensitivity ( $\alpha_{s}$ )	16	

	5.4.1	Purpose	16
	5.4.2	Specified conditions	16
5.5	Tempe tempe	erature coefficient of full-scale span ( $\alpha V_{\sf FSS}$ ) and maximum rature deviation of full-scale span ( $\Delta V_{\sf FSS}$ )	17
	5.5.1	Purpose	17
	5.5.2	Specified conditions	17
5.6	Tempe	erature coefficient of offset voltage ( $\alpha$ $_{VOS}$ ) and ( $\Delta V_{OS}$ )	17
	5.6.1	Purpose	17
	5.6.2	Specified conditions	17
5.7	Pressu	ure hysteresis of output voltage (Hohp)	18
	5.7.1	Purpose	18
	5.7.2	Circuit diagram and circuit description	18
	5.7.3	Specified conditions	18
5.8	Tempe	erature hysteresis of output voltage (HohT)	18
	5.8.1	Purpose	18
	5.8.2	Measuring procedure	18
	5.8.3	Specified conditions	18
5.9	Linear	ity	18
	5.9.1	Purpose	18
	5.9.2	Specified conditions	18
	5.9.3	Measuring procedure	18

Figure 1 – Basic circuit for measurement of output voltage	. 15
Figure 2 – Linearity test	. 19

#### INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

#### SEMICONDUCTOR DEVICES -

# Part 14-3: Semiconductor sensors – Pressure 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 committee; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60747-14-3 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2001, and constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows: added a new Subclause 5.9 (measuring method of linearity) (technical)

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

CDV	Report on voting
47E/362/CDV	47E/376/RVC

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

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

This part of IEC 60747 should be read in conjunction with IEC 60747-1:2006.

A list of all the parts in the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

# INTRODUCTION

This part of IEC 60747 provides basic information on semiconductors:

- terminology;
- letter symbols;
- essential ratings and characteristics;
- measuring methods;
- acceptance and reliability.

# SEMICONDUCTOR DEVICES -

# Part 14-3: Semiconductor sensors – Pressure sensors

#### 1 Scope

This part of IEC 60747 specifies requirements for semiconductor pressure sensors measuring absolute, gauge or differential pressures.

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60747-1:2006, Semiconductor devices – Part 1: General

IEC 60747-14-1:2000, Semiconductor devices – Part 14-1: Semiconductor sensors – General and classification

#### 3 Terminology and letter symbols

#### 3.1 General terms

#### 3.1.1 Semiconductor pressure sensors

A semiconductor pressure sensor converts the difference between two pressures into an electrical output quantity. One of the two pressures may be a reference pressure (see 3.2.3). It includes linear and on-off (switch) types of sensors.

A linear sensor produces electrical output quantity changes linearly with the pressure difference.

An on-off sensor switches an electrical output quantity on and off between two stable states when the increasing or decreasing pressure differences cross given threshold values.

In this standard, the electrical output quantity is described as a voltage: output voltage. However, the statements made in this standard are also applicable to other output quantities such as those described in 3.8 of IEC 60747-14-1: changes in impedance, capacitance, voltage ratio, frequency-modulated output or digital output.

#### 3.1.2 Sensing methods

#### 3.1.2.1 Piezoelectric sensing

The basic principle of piezoelectric devices is that a piezoelectric material induces a charge or induces a voltage across itself when it is deformed by stress. The output from the sensor is amplified in a charge amplifier which converts the charge generated by the transducer sensor into a voltage that is proportional to the charge. The main advantages of piezoelectric sensing are the wide operating temperature range (up to 300 °C) and high-frequency range (up to 100 kHz).

#### 3.1.2.2 Piezoresistive sensing

The basic principle of a piezoresistor is the change of the resistor value when it is deformed by stress. The sensing resistors can be either p- or n-type doped regions. The resistance of piezoresistors is very sensitive to strain, and thus to pressure, when correctly placed on the diaphragm of a pressure sensor. Four correctly oriented resistors are used to build a strain gauge in the form of a resistor bridge.

An alternative to the resistor bridge is the transverse voltage strain gauge. It is a single resistive element on a diaphragm, with voltage taps centrally located on either side of the resistor. When a current is passed through the resistor, the voltages are equal when the element is not under strain, but when the element is under strain, a differential voltage output appears.

#### 3.1.2.3 Capacitive sensing

A small dielectric gap between the diaphragm and a plate makes a capacitance which changes with the diaphragm movement. Single capacitance or differential capacitance techniques can be used in open- or closed-loop systems. Capacitance and capacitive changes can be measured either in a bridge circuit or using switched-capacitor techniques. Any of the capacitive sensing techniques used in a micromachined structure require an a.c. voltage across the capacitor being measured. Capacitive sensing has the following advantages: small size of elements, wide-operating temperature range, ease of trimming, good linearity, and compatibility to CMOS signal conditioning.

#### 3.1.2.4 Silicon vibrating sensing

The vibrating element of a silicon micromachined structure is maintained in oscillation, either by piezoelectric or electrical field energy. The application of pressure to the silicon diaphragm produces strain on the micromachined structure and the vibration frequency is measured to determine applied pressure.

#### 3.1.2.5 Signal conditioning

Semiconductor pressure sensors are mainly micromachined structures including a sensing element. Other electrical components or functions can be performed at the same time and in the same package on the process line. Most pressure sensors offer integrated signal conditioning.

Signal conditioning transforms a raw sensor output into a calibrated signal. This process may involve several functions, such as calibration of initial zero pressure offset and pressure sensitivity, compensation of non-linear temperature errors of offset and sensitivity, compensation of the non-linearity and output signal amplification of the pressure.

### 3.1.2.6 Temperature compensation

Semiconductor sensors are temperature sensitive. Some are temperature non-compensated sensors while others are compensated with added circuitry or materials designed to counteract known sources of error.

When non-compensated, the variations due to the temperature follow physical laws and a temperature coefficient ( $\alpha$ ) is representative of this physical phenomena.

When compensated, the temperature remaining error is also dependant on the way the compensation is performed. In this case, a maximum temperature deviation ( $\Delta$ ) better represents this error.

#### 3.2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60747-1 and the following apply.

#### 3.2.1

#### piezoresistance coefficient

measure of the piezoresistance effect derived from the semiconductor materials under the application of strain

#### 3.2.2

#### absolute pressure

pressure using absolute vacuum as the datum point

#### 3.2.3

#### reference pressure

pressure against which pressures are defined, usually absolute vacuum or ambient atmospheric pressure

#### 3.2.4

#### differential pressure

difference between the two (absolute) pressures that act simultaneously on opposite sides of the membrane

#### 3.2.5

#### relative pressure

differential pressure when one of the two pressures is considered to be a reference pressure with respect to which the other pressure is being measured

#### 3.2.6

#### gauge pressure

relative pressure when the ambient atmospheric pressure is used as the reference pressure

#### 3.2.7

#### system pressure (or common-mode pressure)

static pressure that acts on the sensor but does not represent the pressure to be converted, in the case of a differential pressure sensor

#### 3.2.8

#### over-pressure capability

maximum pressure that may be applied to the sensor without damage or loss of calibration accuracy

#### 3.2.9

#### differential output resistance

first derivative of output voltage as a function of output current at the specified pressure. Refers to a basic sensor (without integrated signal amplification)

NOTE In practice, the differential resistance value can be expressed as the quotient of the change of the output voltage over the change in output current resulting from a small change in output load resistance.

# 3.2.10

#### input resistance

supply voltage divided by the supply current

#### 3.2.11

#### isolation resistance

resistance between all the connected electrical terminals of the sensor and the sensor part which is in contact with the sensed element

NOTE In practice, this is not applicable when the sensed element, such as gas or oil, is not conductive.

# 3.2.12

#### calibrated pressure range

range of pressure within which the device is designed to operate and for which limit values of the conversion characteristics are specified

# 3.2.13

#### temperature coefficient of offset voltage

change in offset voltage relative to the change in temperature

### 3.2.14

#### temperature coefficient of full-scale span voltage

change in full-scale span voltage relative to the change in temperature

### 3.2.15

#### temperature coefficient of the pressure sensitivity

change in the pressure sensitivity relative to the change in temperature

#### 3.2.16

#### maximum temperature deviation of the offset voltage

maximum deviation of the offset voltage for a specified temperature range, compared to the output offset voltage at the reference temperature

### 3.2.17

#### maximum temperature deviation of the full-scale span voltage

maximum deviation of the full-scale span voltage in a specified temperature range, compared to the full-scale span voltage at reference temperature

### 3.2.18

#### full-scale pressure

pressure that defines the upper limit for the calibrated pressure range

#### 3.2.19

#### zero-scale pressure

pressure that defines the lower limit for the calibrated pressure range

### 3.2.20

#### null offset (also called zero pressure offset)

electrical output present when the pressure sensor is at null, i.e. when the pressure on each side of the sensing diaphragm is equal

### 3.2.21

#### burst pressure

pressure that causes an irreversible damage of the sensor

### 3.2.22

#### (End-point) Linearity error

difference between the actual value of the output voltage and, at the given pressure, the value that would result if the output voltage changed linearly with pressure between the zero-scale pressure and the full-scale pressure

### 3.2.23

#### total error

difference between the actual value of the output voltage and, at the given pressure, the value that would result if the actual voltages were equal to their nominal values at the zero-scale pressure and at the full-scale pressure and changed linearly with pressure between these points

#### 3.2.24

#### accuracy

maximum deviation of actual output from nominal output over the entire pressure range and temperature range, as a percentage of the full-scale span at 25 °C, due to all sources of error such as linearity, hysteresis, repeatability and temperature shifts

#### 3.2.25

#### hysteresis

sensor's ability to reproduce the same output for the same input, regardless of whether the input is increasing or decreasing. Pressure hysteresis is measured at a constant temperature, while temperature hysteresis is measured at a constant pressure within the operating range

#### 3.2.25.1

#### pressure-cycle hysteresis

difference in the output at any given pressure in the operating pressure range when this pressure is approached from the minimum operating pressure as compared to when approached from the maximum operating pressure at room temperature

#### 3.2.25.2

#### temperature-cycle hysteresis

difference in the output at any temperature in the operating pressure range when the temperature is approached from the minimum operating temperature as compared to when approached from the maximum operating temperature, with fixed pressure applied

#### 3.2.26

#### pressure-cycling drift of output voltage

difference between the final value of the output voltage at a given pressure after a series of pressure cycles and the initial value at that same pressure when all other operating conditions are being held constant

#### 3.2.27

#### temperature-cycling drift of output voltage

difference between the final value of the output voltage at a given temperature after a series of temperature cycles and the initial value at that same temperature when all other operating conditions are being held constant

#### 3.2.28

#### pressure-cycling instability range of output voltage

difference between the extreme values of output voltage that were observed at a given pressure during a series of pressure cycles when all other operating conditions are being held constant

#### 3.2.29

#### temperature-cycling instability range of output voltage

difference between the extreme values of output voltage that were observed at a given temperature during a series of temperature cycles, when all other operating conditions are being held constant

#### 3.2.30

#### full-scale span sensitivity

quotient of the full-scale span voltage over the calibrated pressure range

#### 3.2.31

#### temperature coefficient of full-scale span sensitivity

full-scale span sensitivity relative to the change in temperature

#### 3.3 Letter symbols

#### 3.3.1 General

Subclauses 4.2, 4.4 and 4.5 of IEC 60747-1 apply.

# 3.3.2 List of letter symbols

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Piezoresistance coefficient	$\pi_{I},\pi_{t}$	$\pi_{\rm I}$ for the longitudinal component of the coefficient, $\pi_{\rm t}$ for the transverse component of the coefficient
Absolute pressure	Pabs	
Reference pressure	P <sub>ref</sub>	
Differential pressure	$\Delta P$	
Relative pressure	P <sub>rel</sub>	
Offset voltage	V <sub>os</sub>	
Full-scale pressure	P <sub>fs</sub>	
Zero-scale pressure	Pzs	
Burst pressure	P <sub>burst</sub>	
Differential output resistance	R <sub>do</sub>	
Isolation resistance	R <sub>iso</sub>	
Full-scale span	V <sub>FSS</sub>	
Response time	t <sub>resp</sub>	
Sensitivity	S	
Temperature coefficient of sensitivity	α <sub>s</sub>	
Total error	$E_{t}, E_{t}(p)$	$E_{\rm t}$ for any pressure, $E_{\rm t}({\rm p})$ for a specified pressure
(End-point) linearity error	<i>E</i> <sub>1</sub> , <i>E</i> <sub>1</sub> ( <b>p</b> )	$E_1$ for any pressure, $E_1(p)$ for a specified pressure
Pressure hysteresis of output voltage	H <sub>ohp</sub>	
Temperature hysteresis of output voltage	H <sub>ohT</sub>	
Temperature coefficient of offset voltage	a, <sub>vos</sub>	
Temperature coefficient of full- scale span	$lpha_{ m vFSS}$	
Maximum temperature deviation of the offset voltage	$\Delta V_{ m os}$	
Maximum temperature deviation of full-scale span	$\Delta V_{\sf FSS}$	
Pressure-cycling drift of output voltage	$\Delta V_{otp}$	
Temperature-cycling drift of output voltage	$\Delta V_{\text{otT}}$	
Pressure-cycling instability range of output voltage	$\Delta V_{ m oip}$	
Temperature-cycling instability range of output voltage	$\Delta V_{oiT}$	

– 12 –

#### 4 Essential ratings and characteristics

#### 4.1 General

#### 4.1.1 Sensor materials – for piezoelectrical sensors

Materials used for semiconductor pressure sensors are semiconductor materials having large piezoresistance effects, such as Si, compound semiconductors and some of the metal oxide semiconductors. Ratings of pressure sensors depend upon the materials used.

#### 4.1.2 Handling precautions

When handling sensors, the handling precautions given in IEC 60747-1 Clause 8 must be observed.

#### 4.1.3 Types

Types of semiconductor pressure sensors in which pressure might be measured must be specified, i.e. absolute, gauge or differential pressures.

#### 4.2 Ratings (limiting values)

#### 4.2.1 Pressures

- 4.2.1.1 Maximum pressure (P<sub>max</sub>)
- 4.2.1.2 Burst pressure (P<sub>burst</sub>)
- 4.2.1.3 Over-pressure capability
- 4.2.1.4 Maximum number of pressure cycles up to a specified pressure
- 4.2.2 Temperatures
- 4.2.2.1 Minimum and maximum storage temperatures (T<sub>stg</sub>)

#### 4.2.2.2 Minimum and maximum operating temperatures (T<sub>amb</sub>)

#### 4.2.3 Voltage

Maximum supply voltage ( $V_{smax}$ ) or current ( $I_{smax}$ )

#### 4.3 Characteristics

Except where otherwise stated, characteristics apply over the operating temperature range given in 4.2.2.2.

#### 4.3.1 Full-scale span (V<sub>FSS</sub>)

The algebraic difference between the end points of the output, at an operating temperature of +25  $^\circ\text{C}.$ 

#### 4.3.2 Full-scale output (V<sub>FSO</sub>)

The upper limit of sensor output over the measuring range, at an operating temperature of +25  $^\circ\text{C}.$ 

NOTE  $V_{FSO} = V_{off} + V_{FSS}$ 

#### 4.3.3 Sensitivity (S)

The change in output per unit change in pressure for a specified supply voltage or current.

# 4.3.4 Temperature coefficient of full-scale sensitivity ( $\alpha_s$ )

The per cent change in sensitivity per unit change in temperature relative to the sensitivity at a specified temperature (typically +25  $^{\circ}$ C).

# 4.3.5 Offset voltage (V<sub>os</sub>)

Maximum and minimum values, at specified supply voltage or current without any pressure applied, at a fixed operating temperature.

# 4.3.6 Temperature coefficient of offset voltage ( $\alpha_{vos}$ )

The per cent change in offset per unit change in temperature relative to the offset at a specified temperature (typically +25  $^{\circ}$ C)

# 4.3.7 Pressure hysteresis of output voltage (H<sub>ohp</sub>)

Maximum and minimum values as a percentage of full-scale output voltage, at specified supply voltage or current under specified pressure range.

# 4.3.8 Temperature hysteresis of output voltage (*H*<sub>ohT</sub>)

Maximum and minimum values as a percentage of full-scale output voltage, at specified supply voltage or current under specified temperature range.

# 4.3.9 Response time

Time interval between the moment when a stimulus is subjected to a specified abrupt change and the moment when the response reaches and remains within specified limits around its final value.

# 4.3.10 Warm-up

Warm-up is defined as the time required for the device to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized and the electrical supply has been applied.

# 4.3.11 Dimensions

Dimensions with specified tolerance shall be included on technical drawings.

# 4.3.12 Mechanical characteristics

- Weight
- Cavity volume
- Volumetric displacement
- Hermeticity

# 5 Measuring methods

# 5.1 General

# 5.1.1 General precautions

The general precautions listed in Subclause 6.4 of IEC 60747-1 apply.

# 5.1.2 Measuring conditions

The measurements shall be made over the operating pressure range at 25  $^\circ\text{C},$  unless otherwise specified.

#### 5.2 Output voltage measurements

#### 5.2.1 Purpose

To measure output voltage under specific conditions.

#### 5.2.2 Principles of measurement

- a) Circuit diagram piezo resistive types
- b) Circuit description and requirements

Internal impedance of the meters and/or measuring instrument shall not affect the performance and the test results of the circuit to be measured.

NOTE Semiconductor pressure sensors are very sensitive to temperature; always wait for thermal stabilization of the device under test.



#### Key

- 1 Output +
- 2 Input +
- 3 Input –
- 4 Output -

Figure 1a – Constant voltage

Figure 1b – Constant current

#### Figure 1 – Basic circuit for measurement of output voltage

#### 5.2.2.1 Measurement procedure – Full-scale span

Ambient temperature is stabilized.

Apply a specified voltage or current to the input terminals of the device, using the circuit shown in Figure 1.

Place the device with connected terminals to the circuit at a specified pressure. Wait for thermal stabilization.

Measure full-scale output:  $V_{FSO}$  at  $P_{max}$ .

Measure  $V_{os}$  at zero pressure applied.

Calculate the full-scale span  $V_{FSS}$  with the following equation:

$$V_{\text{FSS}} = V_{\text{FSO}} - V_{\text{OS}}$$

#### 5.2.2.2 Specified conditions

Ambient or reference temperature.

Applied pressure.

Supply voltage or current.

#### 5.3 Sensitivity (S)

#### 5.3.1 Purpose

To measure the sensitivity of the device under specified conditions.

#### 5.3.2 Measuring procedure

Measure the voltage output for two pressures,  $P_1$  and  $P_2$ , and calculate:

$$S = (V_2 - V_1) / (P_2 - P_1)$$

- 16 -

NOTE In practice,  $P_1$  and  $P_2$  are the end-points of the pressure range; reference temperature is 25 °C. The sensitivity can be called in that case full-scale sensitivity.

#### 5.3.3 Specified conditions

Ambient or reference temperature.

Pressures at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

#### 5.4 Temperature coefficient of sensitivity ( $\alpha_s$ )

#### 5.4.1 Purpose

To measure the temperature coefficient of sensitivity of the device under specified conditions.

#### 5.4.1.1 Non-compensated sensors

Calculate sensitivity at  $P_{max}$  over the temperature range, relative to 25 °C:

$$(\alpha_{s}) = [(S(T_{max}) - S(T_{min})) \times 100] / [(T_{max} - T_{min}) \times S(25 \ ^{\circ}C)]$$

NOTE In practice,  $T_{min}$  is the lower point of the measuring temperature range and  $T_{max}$  is the higher point of the measuring temperature range. The unit is %  $S/^{\circ}$ C.

#### 5.4.1.2 Compensated sensors

Output deviation over the measuring temperature range, relative to 25 °C.

#### 5.4.2 Specified conditions

Temperatures at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

# 5.5 Temperature coefficient of full-scale span ( $\alpha V_{FSS}$ ) and maximum temperature deviation of full-scale span ( $\Delta V_{FSS}$ )

#### 5.5.1 Purpose

To measure the temperature coefficient of the full-scale span of the device under specified conditions.

- 17 -

#### 5.5.1.1 Non-compensated sensors

Measure full-scale span voltage at Pmax over the temperature range, relative to 25 °C: VFSS

$$(\alpha V_{\text{FSS}}) = [(V_{\text{FSS}} (T_{\text{max}}) - V_{\text{FSS}} (T_{\text{min}})) \times 100] / [(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \times V_{\text{FSS}} (25 \text{ °C})]$$

NOTE 1 In practice,  $T_{min}$  is the lower point of the measuring temperature range and  $T_{max}$  is the higher point of the measuring temperature range. The unit is %  $V_{FSS}$ /°C

#### 5.5.1.2 Compensated sensors

Output deviation over the temperature range of maximum operating temperature to minimum operating temperature, relative to 25 °C.

NOTE In practice, maximum deviation of the output full-scale span is used ( $\Delta V_{\text{FSS}}$ ). This is the maximum deviation of the output full-scale span at a given temperature range (for example 0-85 °C), compared to the output full-scale span at 25 °C.

 $(\Delta V_{\text{FSS}})$  = Max  $(V_{\text{FSS}}(T) - V_{\text{FSS}}$  (25 °C)), whatever T is in the complete temperature range.

#### 5.5.2 Specified conditions

Temperatures at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

#### 5.6 Temperature coefficient of offset voltage ( $\alpha_{Vos}$ ) and ( $\Delta V_{os}$ )

#### 5.6.1 Purpose

To measure temperature coefficient of offset voltage.

#### 5.6.1.1 Non-compensated sensors

Calculate offset at zero pressure applied at two temperatures *TH* and *TL*:

$$(\alpha_{Vos}) = (V_{os}(T_{max}) - V_{os}(T_{min})) / (T_{max} - T_{min})$$

NOTE In practice,  $T_{min}$  is the lower point of the measuring temperature range and  $T_{max}$  is the higher point of the measuring temperature range. The unit is  $\mu V l^{\circ}$ C.

#### 5.6.1.2 Compensated sensors

Output deviation, with zero pressure applied, over the measuring temperature range, relative to 25 °C.

NOTE In practice, maximum deviation of the output offset voltage is used ( $\Delta V_{os}$ ). This is the maximum deviation of the output offset at a given temperature range (usually 0-85 °C), compared to the output offset voltage at 25 °C.

 $(\Delta V_{os}) = Max (V_{os}(T) - V_{os} (25 \ ^{\circ}C)),$  whatever T is in the complete temperature range.

#### 5.6.2 Specified conditions

Temperatures at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

### 5.7 Pressure hysteresis of output voltage (*H*<sub>ohp</sub>)

#### 5.7.1 Purpose

To measure pressure hysteresis of output voltage.

#### 5.7.2 Circuit diagram and circuit description

The same circuit as that described in the measuring procedure.

For the definition and description of  $H_{ohp}$ , refer to 3.3 and Figure 2 in IEC 60747-14-1, where the variable is the pressure applied and the output is the output voltage in this case, under specified conditions.

- 18 -

#### 5.7.3 Specified conditions

Temperature at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

#### 5.8 Temperature hysteresis of output voltage (*H*<sub>ohT</sub>)

#### 5.8.1 Purpose

To measure temperature hysteresis of output voltage.

#### 5.8.2 Measuring procedure

For the definition and description of  $H_{ohT}$ , refer to 3.3 and Figure 2 in IEC 60747-14-1, where the variable is the temperature and the output is the output voltage in this case, under specified conditions.

#### 5.8.3 Specified conditions

Pressure at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

#### 5.9 Linearity

#### 5.9.1 Purpose

To measure the variation of output value according to input pressure against the straight line from start point to end point.

#### 5.9.2 Specified conditions

Ambient or reference temperature.

Pressures at which the measurements are carried out.

Supply voltage or current.

#### 5.9.3 Measuring procedure

Measure the voltage outputs for at least five input pressures within measuring pressure range including end-points. From the graph as shown in Figure 2 plotted of voltage output against

increase in measurand which usually appears as a curve, a straight line is drawn from the zero point to the full scale output point.

Usually the point which deviates most from the simple straight line will be used to specify the 'linearity' of the pressure sensor. This is quoted as a percentage of the normal full scale output of the pressure sensor.





# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS				
INTRODUCTION				
1	Domaine d'application2			
2	Références normatives			
3	Terminologie et symboles littéraux			25
	3.1 Termes généraux			25
		3.1.1	Capteurs de pression à semiconducteurs	25
		3.1.2	Méthodes de détection	25
	3.2	Définiti	ons	27
	3.3	Symbo	les littéraux	30
		3.3.1	Généralités	30
		3.3.2	Liste des symboles littéraux	30
4	Valeu	urs limite	es et caractéristiques essentielles	31
	4.1	Généra	alités	31
		4.1.1	Matériaux de capteur – pour capteurs piézoélectriques	31
		4.1.2	Précautions de manipulation	31
	4.0	4.1.3	l ypes	31
	4.2	valeurs		31
		4.2.1	Pressions	31 21
		4.2.2	Tension	31 31
	4.3	Caract	éristiques	31
	1.0	4.3.1	Intervalle à pleine échelle ( $V_{res}$ )	
		4.3.2	Sortie pleine échelle ( $V_{ESS}$ )	32
		4.3.3	Sensibilité (S)	32
		4.3.4	Coefficient de température de sensibilité pleine échelle ( $\alpha_{\rm S}$ )	32
		4.3.5	Tension de décalage (V <sub>OS</sub> )	32
		4.3.6	Coefficient de température de la tension de décalage ( $\alpha_{VOS}$ )	32
		4.3.7	Hystérésis de pression de tension de sortie (Hohp)	32
		4.3.8	Hystérésis de température de tension de sortie (HohT)	32
		4.3.9	Temps de réponse	32
		4.3.10	Préchauffage	32
		4.3.11	Dimensions	33
_		4.3.12	Caractéristiques mécaniques	33
5	Méth	odes de	mesure	33
	5.1	Généra	alités	33
		5.1.1	Précautions générales	33
		5.1.2	Conditions de mesure	33
	5.2	Mesure	es de tension de sortie	33
		5.2.1	But	33 22
	E 2	5.2.2 Sonoih	Principes de mesure	33 24
	5.5	531	Rut	34 21
		5.3.1 5.3.2	Méthode de mesure	+د ۲۸
		533	Conditions spécifiées	34 34
	54	Coeffic	ient de température de sensibilité ( $\alpha_{\rm p}$ )	34
	<b>U</b> . T	000000		

	5.4.1	But	34
	5.4.2	Conditions spécifiées	35
5.5	Coeffic tempé	cient de température d'intervalle pleine échelle ( $\alpha V_{FSS}$ ) et écart de rature maximal d'intervalle pleine échelle ( $\Delta V_{FSS}$ )	35
	5.5.1	But	35
	5.5.2	Conditions spécifiées	35
5.6	Coeffic	cient de température de la tension de décalage ( $\alpha$ <sub>VOS</sub> ) et ( $\Delta$ V <sub>OS</sub> )	35
	5.6.1	But	35
	5.6.2	Conditions spécifiées	36
5.7	Hystér	ésis de pression de tension de sortie (Hohp)	36
	5.7.1	But	36
	5.7.2	Schéma de circuit et description du circuit	36
	5.7.3	Conditions spécifiées	36
5.8	Hystér	ésis de température de tension de sortie (HohT)	36
	5.8.1	But	36
	5.8.2	Méthode de mesure	36
	5.8.3	Conditions spécifiées	36
5.9	Linéar	ité	37
	5.9.1	But	37
	5.9.2	Conditions spécifiées	37
	5.9.3	Méthode de mesure	37

Figure 1 – Circuit de base pour la mesure de la tension de sortie	
Figure 2 – Essai de linéarité	

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# **DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –**

# Partie 14-3: Capteurs à semiconducteurs – Capteurs de pression

# **AVANT-PROPOS**

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI entre autres activités publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60747-14-3 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001, et constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes: ajout d'un nouveau Paragraphe 5.9 (méthode de mesure de la linéarité) (technique)

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
47E/362/CDV	47E/376/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie de la CEI 60747 doit être lue conjointement avec la CEI 60747-1:2006.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60747, dont le titre général est *Dispositifs à semiconducteurs*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

# INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60747 fournit les informations de base sur les semiconducteurs:

- terminologie;
- symboles littéraux;
- valeurs limites et caractéristiques essentielles;
- méthodes de mesure;
- réception et fiabilité.

# DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS -

# Partie 14-3: Capteurs à semiconducteurs – Capteurs de pression

#### **1** Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60747 spécifie les exigences pour les capteurs de pression à semiconducteurs mesurant les pressions absolues, manométriques ou différentielles.

#### 2 Références normatives

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

CEI 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités* (en anglais seulement)

CEI 60747-14-1:2000, Dispositifs à semiconducteurs – Partie 14-1: Capteurs à semiconducteurs – Généralités et classification (en anglais seulement)

#### 3 Terminologie et symboles littéraux

#### 3.1 Termes généraux

#### 3.1.1 Capteurs de pression à semiconducteurs

Un capteur de pression à semiconducteurs convertit la différence entre deux pressions en une grandeur de sortie électrique. Une des deux pressions peut être une pression de référence (voir 3.2.3). Ce cas comprend les capteurs de types linéaire et marche-arrêt (interrupteur).

Un capteur linéaire produit des variations de grandeur de sortie électrique proportionnelle à la différence de pression.

Un capteur marche-arrêt met en marche et arrête une grandeur de sortie électrique entre deux états stables, lorsque les différences de pressions croissantes et décroissantes croisent les valeurs de seuil données.

Dans cette norme, la grandeur de sortie électrique est décrite en tant que tension: tension de sortie. Cependant, les indications figurant dans la présente norme sont également applicables aux autres grandeurs de sortie telles que celles décrites en 3.8 de la CEI 60747-14-1: variations d'impédance, de capacité, de rapport de tension, de sortie modulée en fréquence ou de sortie numérique.

#### 3.1.2 Méthodes de détection

#### 3.1.2.1 Détection piézoélectrique

Le principe de base des dispositifs piézoélectriques est qu'un matériau piézoélectrique induit une charge ou induit une tension à ses extrémités lorsqu'il est déformé par une contrainte. La sortie du capteur est amplifiée dans un amplificateur de charge qui convertit la charge produite par le capteur transducteur en une tension qui est proportionnelle à la charge. Les principaux avantages de la détection piézoélectrique résident dans la large plage de température de fonctionnement (jusqu'à 300 °C) et la plage haute fréquence (jusqu'à 100 kHz).

#### 3.1.2.2 Détection piézorésistive

Le principe de base d'une piézorésistance est la modification de la valeur de sa résistance lorsqu'elle est déformée sous l'effet d'une contrainte. Les résistances de détection peuvent être des régions dopées de type p ou n. La résistance des piézorésistances est très sensible à la contrainte et, de ce fait, à la pression, lorsqu'elle est correctement placée sur le diaphragme d'un capteur de pression. Quatre résistances correctement orientées sont utilisées pour construire une jauge de contrainte sous forme d'un pont de résistances.

Comme variante au pont de résistances, il existe une jauge de contrainte de tension transversale. Il s'agit d'un élément résistif unique sur un diaphragme, avec des prises de tension situées de manière centrale de chaque côté de la résistance. Lorsqu'on fait passer un courant à travers la résistance, les tensions sont égales lorsque l'élément n'est pas sous contrainte, mais lorsque l'élément est sous contrainte, une sortie de tension différentielle apparaît.

#### 3.1.2.3 Détection capacitive

Un petit espace diélectrique entre le diaphragme et une plaque crée une capacitance qui varie avec le mouvement du diaphragme. Les techniques de capacitance unique ou de capacitance différentielle peuvent être utilisées dans des systèmes de boucle ouverte ou de boucle fermée. La capacitance et les modifications capacitives peuvent être mesurées soit dans un circuit en pont soit au moyen des techniques de condensateur commuté. Toutes techniques de détection capacitive utilisées dans une structure micro-usinée nécessitent une tension alternative à travers le condensateur mesuré. La détection capacitive comporte les avantages suivants: petite taille des éléments, large plage de température de fonctionnement, facilité d'ajustement, bonne linéarité et compatibilité avec le conditionnement des signaux CMOS.

### 3.1.2.4 Détection à vibrations en silicium

L'élément à vibrations d'une structure micro-usinée en silicium est maintenue en oscillation, soit par l'énergie piézoélectrique soit par une énergie du champ électrique. L'application d'une pression sur le diaphragme en silicium produit une contrainte sur la structure micro-usinée, et la fréquence de vibration est mesurée pour déterminer la pression appliquée.

#### 3.1.2.5 Conditionnement de signal

Les capteurs de pression à semiconducteurs sont principalement des structures microusinées comprenant un élément sensible. D'autres composants ou fonctions électriques peuvent être réalisés en même temps et dans le même boîtier sur la chaîne de montage. La plupart des capteurs de pression offrent un conditionnement de signal intégré.

Le conditionnement de signal transforme une sortie de capteur brute en un signal étalonné. Ce processus peut impliquer plusieurs fonctions, telles que l'étalonnage du décalage initial de pression du zéro et de la sensibilité de pression, la compensation des erreurs non linéaires en température du décalage et de la sensibilité, la compensation de la non-linéarité et l'amplification du signal de sortie pour la pression.

#### 3.1.2.6 Compensation de température

Les capteurs à semiconducteurs sont sensibles à la température. Certains sont des capteurs non compensés en température tandis que d'autres sont compensés par des ajouts de circuits ou de matériaux conçus pour neutraliser les sources d'erreurs connues. Lorsqu'elles sont non compensées, les variations du fait de la température suivent les lois physiques et un coefficient de température ( $\alpha$ ) est représentatif de ce phénomène physique.

Lorsqu'elle est compensée, l'erreur restante de température dépend également de la manière dont la compensation est réalisée. Dans ce cas, un écart maximal de température ( $\Delta$ ) représente mieux cette erreur.

#### 3.2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans la CEI 60747-1, ainsi que les suivantes s'appliquent.

#### 3.2.1

#### coefficient de piézorésistance

mesure de l'effet de piézorésistance dérivé des matériaux semiconducteurs sous l'application de contrainte

#### 3.2.2

#### pression absolue

pression utilisant le vide absolu comme le point de référence

#### 3.2.3

#### pression de référence

la pression par rapport à laquelle les pressions sont définies, habituellement la pression du vide absolu ou la pression atmosphérique ambiante

#### 3.2.4

#### pression différentielle

la différence entre les deux pressions (absolues) qui agissent simultanément sur les côtés opposés de la membrane

#### 3.2.5

#### pression relative

pression différentielle lorsque l'une des deux pressions est considérée comme une pression de référence par rapport à laquelle l'autre pression est mesurée

#### 3.2.6

#### pression manométrique

pression relative lorsque la pression atmosphérique ambiante est utilisée comme pression de référence

#### 3.2.7

#### pression système (ou pression de mode commun)

pression statique qui agit sur le capteur mais ne représente pas la pression à convertir, dans le cas d'un capteur de pression différentielle

#### 3.2.8

#### capacité de surpression

pression maximale qui peut être appliquée au capteur sans dommage ou perte de précision d'étalonnage

#### 3.2.9

#### résistance de sortie différentielle

première dérivée de la tension de sortie en fonction du courant de sortie à la pression spécifiée. Se réfère à un capteur de base (sans amplification intégrée du signal)

NOTE En pratique, la valeur de résistance différentielle peut être exprimée comme le quotient de la modification de la tension de sortie sur la modification du courant de sortie résultant d'une petite modification de la résistance de charge de sortie.

#### 3.2.10

#### résistance d'entrée

tension d'alimentation divisée par le courant d'alimentation

#### 3.2.11

#### résistance d'isolement

résistance entre toutes les bornes électriques connectées du capteur et la partie du capteur qui est en contact avec l'élément détecté

NOTE En pratique, cela n'est pas applicable lorsque l'élément détecté, tel que le gaz ou l'huile, n'est pas conducteur.

#### 3.2.12

#### plage de pression étalonnée

plage de pression dans laquelle le dispositif est conçu pour fonctionner et pour laquelle les valeurs limites des caractéristiques de conversion sont spécifiées

#### 3.2.13

#### coefficient de température de la tension de décalage

variation de la tension de décalage par rapport à la variation de température

#### 3.2.14

#### coefficient de température de la tension de l'intervalle à pleine échelle

variation de la tension de l'intervalle à pleine échelle par rapport à la variation de température

#### 3.2.15

#### coefficient de température de la sensibilité de pression

variation de la sensibilité de pression par rapport à la variation de température

#### 3.2.16

#### écart maximal en température de la tension de décalage

écart maximal de la tension de décalage pour une plage de température spécifiée, comparé à la tension de décalage de sortie à la température de référence

#### 3.2.17

#### écart maximal en température de la tension d'intervalle à pleine échelle

écart maximal de la tension d'intervalle à pleine échelle dans une plage de température spécifiée, comparé à la tension d'intervalle à pleine échelle à la température de référence

#### 3.2.18

#### pression pleine échelle

pression qui définit la limite supérieure pour la plage de pression étalonnée

#### 3.2.19

#### pression au zéro de l'échelle

pression qui définit la limite inférieure pour la plage de pression étalonnée

#### 3.2.20

#### décalage nul (également appelé décalage de pression zéro)

sortie électrique présente lorsque le capteur de pression est à un niveau nul, c'est-à-dire lorsque la pression est égale de chaque côté du diaphragme sensible

#### 3.2.21

pression de rupture

pression provoquant des dommages irréversibles au capteur

### 3.2.22

#### erreur de linéarité (points extrêmes)

différence entre la valeur réelle de la tension de sortie et, à la pression donnée, la valeur qui en résulterait si la tension de sortie variait linéairement avec la pression entre la pression du zéro d'échelle et la pression pleine échelle

#### 3.2.23

#### erreur totale

différence entre la valeur réelle de la tension de sortie et, à la pression donnée, la valeur qui en résulterait si les tensions réelles étaient égales à leurs tensions nominales à la pression du zéro d'échelle et à la pression pleine échelle et variaient linéairement avec la pression entre ces points

#### 3.2.24

#### précision

écart maximal de la sortie réelle par rapport à la sortie nominale sur toute la plage de pression et la plage de température, en pourcentage de l'intervalle à pleine échelle à 25 °C, du fait de toutes les sources d'erreurs telles que celles de linéarité, d'hystérésis, de reproductibilité et de décalages de température

#### 3.2.25

#### hystérésis

aptitude du capteur à reproduire la même sortie pour la même entrée, indépendamment du sens de variation de l'entrée. L'hystérésis de pression est mesurée à une température constante, tandis que l'hystérésis de température est mesurée à une pression constante dans la plage de fonctionnement

#### 3.2.26

#### hystérésis de cycle de pression

différence de sortie, à toute pression donnée dans la plage de pression de fonctionnement, lorsqu'on s'approche de cette pression à partir de la pression de fonctionnement minimale par comparaison avec le cas où l'on s'en approche à partir de la pression de fonctionnement maximale à température ambiante

#### 3.2.27

#### hystérésis de cycle de température

différence de sortie, à toute température dans la plage de pression de fonctionnement, lorsqu'on s'approche de cette température à partir de la température de fonctionnement minimale par comparaison avec le cas où l'on s'en approche à partir de la température de fonctionnement maximale, avec application d'une pression fixe

#### 3.2.28

#### dérive de tension de sortie pour un cycle de pression

différence entre la valeur finale de la tension de sortie à une pression donnée après une série de cycles de pression et la valeur initiale à cette même pression lorsque toutes les autres conditions de fonctionnement sont maintenues constantes

#### 3.2.29

#### dérive de tension de sortie pour un cycle de température

différence entre la valeur finale de la tension de sortie à une température donnée après une série de cycles de température et la valeur initiale à cette même température lorsque toutes les autres conditions de fonctionnement sont maintenues constantes

#### 3.2.30

#### plage d'instabilité de tension de sortie pour un cycle de pression

différence entre les valeurs extrêmes de tension de sortie qui ont été observées à une pression donnée au cours d'une série de cycles de pression lorsque toutes autres conditions de fonctionnement sont maintenues constantes

#### 3.2.31

#### plage d'instabilité de tension de sortie pour un cycle de température

différence entre les valeurs extrêmes de tension de sortie qui ont été observées à une température donnée au cours d'une série de cycles de température, lorsque toutes autres conditions de fonctionnement sont maintenues constantes

- 30 -

#### 3.2.32

#### sensibilité ramenée à l'intervalle à pleine échelle

quotient de la tension d'intervalle à pleine échelle sur la plage de pression étalonnée

#### 3.2.33

#### **coefficient de température de la sensibilité sur l'intervalle à pleine échelle** sensibilité pour l'intervalle à pleine échelle par rapport à la variation de température

#### 3.3 Symboles littéraux

#### 3.3.1 Généralités

Les Paragraphes 4.2, 4.4 et 4.5 de la CEI 60747-1 s'appliquent.

#### 3.3.2 Liste des symboles littéraux

Nom et désignation	Symbole littéral	Remarques
Coefficient de piézorésistance	$\pi_{l},\pi_{t}$	$\pi_{\rm I}$ pour la composante longitudinale du coefficient, $\pi_{\rm t}$ pour la composante transversale du coefficient
Pression absolue	P <sub>abs</sub>	
Pression de référence	P <sub>ref</sub>	
Pression différentielle	$\Delta P$	
Pression relative	P <sub>rel</sub>	
Tension de décalage	V <sub>os</sub>	
Pression pleine échelle	P <sub>fs</sub>	
Pression au zéro de l'échelle	Pzs	
Pression de rupture	P <sub>burst</sub>	
Résistance de sortie différentielle	R <sub>do</sub>	
Résistance d'isolement	R <sub>iso</sub>	
Intervalle à pleine échelle	V <sub>FSS</sub>	
Temps de réponse	t <sub>resp</sub>	
Sensibilité	S	
Coefficient de température de sensibilité	α <sub>s</sub>	
Erreur totale	<i>E</i> <sub>t</sub> , <i>E</i> <sub>t</sub> ( <b>p</b> )	$E_{\rm t}$ pour toute pression, $E_{\rm t}({\rm p})$ pour une pression spécifiée
Erreur de linéarité (points extrêmes)	<i>E</i> <sub>1</sub> , <i>E</i> <sub>1</sub> ( <b>p</b> )	$E_{\rm I}$ pour toute pression, $E_{\rm I}({\rm p})$ pour une pression spécifiée
Hystérésis de pression de tension de sortie	H <sub>ohp</sub>	
Hystérésis de température de tension de sortie	H <sub>ohT</sub>	
Coefficient de température de la tension de décalage	$\alpha_{vos}$	
Coefficient de température de l'intervalle à pleine échelle	$lpha_{ m vFSS}$	

Nom et désignation	Symbole littéral	Remarques
Ecart maximal en température de la tension de décalage	$\Delta V_{ m os}$	
Ecart maximal en température de l'intervalle à pleine échelle	$\Delta V_{\rm FSS}$	
Dérive de tension de sortie pour un cycle de pression	$\Delta V_{ m otp}$	
Dérive de tension de sortie pour un cycle de température	$\Delta V_{\text{otT}}$	
Plage d'instabilité de tension de sortie pour un cycle de pression	$\Delta V_{ m oip}$	
Plage d'instabilité de tension de sortie pour un cycle de température	$\Delta V_{oiT}$	

### 4 Valeurs limites et caractéristiques essentielles

#### 4.1 Généralités

#### 4.1.1 Matériaux de capteur – pour capteurs piézoélectriques

Les matériaux utilisés pour les capteurs de pression à semiconducteurs sont des matériaux semiconducteurs comportant des effets importants de piézorésistance, tels que les semiconducteurs Si, les semiconducteurs composés et certains des semiconducteurs à oxyde métallique. Les valeurs limites des capteurs de pression dépendent des matériaux utilisés.

#### 4.1.2 Précautions de manipulation

Lors de la manipulation des capteurs, il faut que les précautions de manipulation données à l'Article 8 de la CEI 60747-1 soient par conséquent observées.

#### 4.1.3 Types

Il faut que les types de capteurs de pression à semiconducteurs dans lesquels la pression peut être mesurée soient spécifiés, c'est-à-dire les pressions absolue, manométrique ou différentielle.

#### 4.2 Valeurs limites

- 4.2.1 Pressions
- 4.2.1.1 **Pression maximale (***P*<sub>max</sub>**)**
- 4.2.1.2 **Pression de rupture (***P***burst)**
- 4.2.1.3 Capacité de surpression
- 4.2.1.4 Nombre maximal de cycles de pression jusqu'à une pression spécifiée
- 4.2.2 Températures
- 4.2.2.1 Températures de stockage minimale et maximale (T<sub>stg</sub>)
- 4.2.2.2 Températures minimale et maximale de fonctionnement (T<sub>amb</sub>)
- 4.2.3 Tension

Tension ( $V_{smax}$ ) ou courant ( $I_{smax}$ ) d'alimentation de valeur maximale

#### 4.3 Caractéristiques

Sauf indication contraire, les caractéristiques s'appliquent sur la plage de température de fonctionnement donnée en 4.2.2.2.

#### 4.3.1 Intervalle à pleine échelle (*V*<sub>FSS</sub>)

Différence algébrique entre les points finaux de la valeur de sortie, à une température de fonctionnement de +25 °C.

#### 4.3.2 Sortie pleine échelle (V<sub>FSO</sub>)

Limite supérieure de la sortie du capteur sur la plage de mesure, à une température de fonctionnement de +25 °C.

NOTE  $V_{FSO} = V_{off} + V_{FSS}$ 

#### 4.3.3 Sensibilité (S)

La variation de sortie par variation d'unité en pression pour une tension ou un courant d'alimentation spécifié.

#### 4.3.4 Coefficient de température de sensibilité pleine échelle ( $\alpha_s$ )

Variation en pourcentage de sensibilité par variation d'unité en température par rapport à la sensibilité à une température spécifiée (généralement +25 °C).

#### 4.3.5 Tension de décalage ( $V_{os}$ )

Valeurs maximales et minimales, à une tension ou un courant d'alimentation spécifié sans application de pression, sous une température de fonctionnement fixe.

#### 4.3.6 Coefficient de température de la tension de décalage ( $\alpha_{vos}$ )

Variation en pourcentage de décalage par variation d'unité en température par rapport à la sensibilité à une température spécifiée (généralement +25 °C).

#### 4.3.7 Hystérésis de pression de tension de sortie (H<sub>ohp</sub>)

Les valeurs maximales et minimales en pourcentage de la tension de sortie pleine échelle, à une tension ou un courant d'alimentation spécifié sous une plage de pression spécifiée

#### 4.3.8 Hystérésis de température de tension de sortie (*H*<sub>ohT</sub>)

Valeurs maximales et minimales en pourcentage de la tension de sortie pleine échelle, à une tension ou un courant d'alimentation spécifié sous une plage de pression spécifiée.

#### 4.3.9 Temps de réponse

Intervalle de temps entre le moment où une excitation est soumise à une variation brusque spécifiée et le moment où la réponse atteint les limites spécifiées autour de sa valeur finale et y demeure.

#### 4.3.10 Préchauffage

Le préchauffage est défini comme le temps nécessaire pour que le dispositif satisfasse à la tension de sortie spécifiée après que la pression a été stabilisée et que l'alimentation électrique a été appliquée.

#### 4.3.11 Dimensions

Les dimensions avec tolérance spécifiée doivent figurer sur les dessins techniques.

- 33 -

#### 4.3.12 Caractéristiques mécaniques

- Masse
- Volume de la cavité
- Déplacement volumétrique
- Herméticité

#### 5 Méthodes de mesure

#### 5.1 Généralités

#### 5.1.1 Précautions générales

Les précautions générales énumérées au Paragraphe 6.4 de la CEI 60747-1 s'appliquent.

#### 5.1.2 Conditions de mesure

Les mesures doivent être effectuées sur la plage de pression de fonctionnement à 25 °C, sauf spécification contraire.

#### 5.2 Mesures de tension de sortie

#### 5.2.1 But

Il s'agit de mesurer la tension de sortie dans des conditions spécifiques.

#### 5.2.2 Principes de mesure

- a) Schéma de circuit types piézorésistifs
- b) Description et exigences du circuit

L'impédance interne des mesureurs et/ou appareils de mesure ne doit pas affecter la performance et les résultats d'essai du circuit devant être mesuré.

NOTE Les capteurs de pression à semiconducteurs sont très sensibles à la température; toujours attendre la stabilisation thermique du dispositif en essai.



#### Légende

- 1 Sortie +
- 2 Entrée +
- 3 Entrée 4 Sortie –

Figure 1a – Tension constante

Figure 1b – Courant constant

Figure 1 – Circuit de base pour la mesure de la tension de sortie

# 5.2.2.1 Méthode de mesure – Intervalle pleine échelle

La température ambiante est stabilisée.

Appliquer une tension ou un courant spécifié aux bornes d'entrée du dispositif, en utilisant le circuit illustré à la Figure 1.

- 34 -

Placer le dispositif en connectant les bornes au circuit à une pression spécifiée. Attendre la stabilisation thermique.

Mesurer la sortie pleine échelle:  $V_{FSO}$  à  $P_{max}$ .

Mesurer V<sub>os</sub> quand la pression zéro est appliquée.

Calculer l'intervalle pleine échelle *V*<sub>FSS</sub> avec l'équation suivante:

$$V_{\text{FSS}} = V_{\text{FSO}} - V_{\text{os}}$$

#### 5.2.2.2 Conditions spécifiées

Température ambiante ou de référence.

Pression appliquée.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.3 Sensibilité (S)

#### 5.3.1 But

Mesurer la sensibilité du dispositif dans des conditions spécifiées.

#### 5.3.2 Méthode de mesure

Il s'agit de mesurer la sortie de tension pour deux pressions,  $P_1$  et  $P_2$ , et de calculer:

$$S = (V_2 - V_1) / (P_2 - P_1)$$

NOTE En pratique,  $P_1$  et  $P_2$  sont les points finaux de la plage de pression; la température de référence est de 25 °C. La sensibilité peut être appelée, dans ce cas, sensibilité pleine échelle.

#### 5.3.3 Conditions spécifiées

Température ambiante ou de référence.

Pressions auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.4 Coefficient de température de sensibilité ( $\alpha_s$ )

#### 5.4.1 But

Il s'agit de mesurer le coefficient de température de la sensibilité du dispositif dans des conditions spécifiées.

#### 5.4.1.1 Capteurs non compensés

Calculer la sensibilité à P<sub>max</sub> sur la plage de température, par rapport à 25 °C:

- 35 -

$$(\alpha_{s}) = [(S(T_{max}) - S(T_{min})) \times 100] / [(T_{max} - T_{min}) \times S(25 \ ^{\circ}C)]$$

NOTE 1 En pratique,  $T_{min}$  est le point inférieur de la plage de température de mesure et  $T_{max}$  est le point supérieur de la plage de température de mesure. L'unité est %  $S/^{\circ}C$ .

#### 5.4.1.2 Capteurs compensés

Ecart de sortie sur la plage de température de mesure, par rapport à 25 °C.

#### 5.4.2 Conditions spécifiées

Les températures auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

# 5.5 Coefficient de température d'intervalle pleine échelle ( $\alpha V_{FSS}$ ) et écart de température maximal d'intervalle pleine échelle ( $\Delta V_{FSS}$ )

#### 5.5.1 But

Il s'agit de mesurer le coefficient de température de l'intervalle pleine échelle du dispositif dans des conditions spécifiées.

#### 5.5.1.1 Capteurs non compensés

Il s'agit de mesurer la tension d'intervalle pleine échelle à  $P_{max}$  sur la plage de température par rapport à 25 °C:  $V_{FSS}$ 

$$(\alpha V_{\text{FSS}}) = [(V_{\text{FSS}} (T_{\text{max}}) - V_{\text{FSS}} (T_{\text{min}})) \times 100] / [(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \times V_{\text{FSS}} (25 \text{ °C})]$$

NOTE 1 En pratique,  $T_{min}$  est le point inférieur de la plage de température de mesure et  $T_{max}$  est le point supérieur de la plage de température de mesure. L'unité est %  $V_{FSS}$ /°C.

#### 5.5.1.2 Capteurs compensés

Ecart de sortie sur la plage de température entre la température de fonctionnement maximale et la température de fonctionnement minimale, par rapport à 25 °C.

NOTE En pratique, l'écart maximal de l'intervalle pleine échelle de sortie est utilisé ( $\Delta V_{FSS}$ ). Il s'agit de l'écart maximal de l'intervalle pleine échelle de sortie à une plage de température donnée (par exemple 0-85 °C), comparé à l'intervalle pleine échelle de sortie à 25 °C.

 $(\Delta V_{FSS})$  = Max  $(V_{FSS}(T) - V_{FSS}$  (25 °C)), quelle que soit T dans la plage complète de température.

#### 5.5.2 Conditions spécifiées

Les températures auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.6 Coefficient de température de la tension de décalage ( $\alpha V_{os}$ ) et ( $\Delta V_{os}$ )

#### 5.6.1 But

Il s'agit de mesurer le coefficient de température de la tension de décalage.

#### 5.6.1.1 Capteurs non compensés

Calculer le décalage à la pression zéro appliquée à deux températures TH et TL:

- 36 -

$$(\alpha_{Vos}) = (V_{os}(T_{max}) - V_{os}(T_{min})) / (T_{max} - T_{min})$$

NOTE En pratique,  $T_{min}$  est le point inférieur de la plage de température de mesure et  $T_{max}$  est le point supérieur de la plage de température de mesure. L'unité est  $\mu V/^{\circ}$ C.

#### 5.6.1.2 Capteurs compensés

Ecart de sortie, avec pression zéro appliquée, sur la plage de température de mesure, par rapport à 25 °C.

NOTE En pratique, l'écart maximal de la tension de décalage de sortie est utilisé ( $\Delta V_{os}$ ). Il s'agit de l'écart maximal du décalage de sortie à une plage de température donnée (habituellement 0-85 °C), comparé à la tension de décalage de sortie à 25 °C.

 $(\Delta V_{os}) = Max (V_{os}(T) - V_{os} (25 °C))$ , quelle que soit T dans la plage complète de température.

#### 5.6.2 Conditions spécifiées

Les températures auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.7 Hystérésis de pression de tension de sortie (*H*<sub>ohp</sub>)

#### 5.7.1 But

Il s'agit de mesurer l'hystérésis de pression de la tension de sortie.

#### 5.7.2 Schéma de circuit et description du circuit

Le même circuit que celui décrit dans la méthode de mesure.

Pour la définition et la description de  $H_{ohp}$ , il faut se référer à 3.3 et à la Figure 2 dans la CEI 60747-14-1, où la variable est la pression appliquée et la sortie est la tension de sortie dans ce cas, dans des conditions spécifiées.

#### 5.7.3 Conditions spécifiées

Températures auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.8 Hystérésis de température de tension de sortie (*H*<sub>ohT</sub>)

#### 5.8.1 But

Il s'agit de mesurer l'hystérésis de température de la tension de sortie.

#### 5.8.2 Méthode de mesure

Pour la définition et la description de  $H_{ohT}$ , il faut se référer à 3.3 et à la Figure 2 dans la CEI 60747-14-1, où la variable est la température et la sortie est la tension de sortie dans ce cas, dans des conditions spécifiées.

#### 5.8.3 Conditions spécifiées

Pression auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.9 Linéarité

#### 5.9.1 But

Il s'agit de mesurer la variation de la valeur de sortie selon la pression d'entrée par rapport à la ligne droite du point de départ au point final.

#### 5.9.2 Conditions spécifiées

Température ambiante ou de référence.

Pressions auxquelles les mesures sont effectuées.

Tension ou courant d'alimentation.

#### 5.9.3 Méthode de mesure

Mesurer les sorties de tension pour au moins cinq pressions d'entrée dans la plage de pression de mesure y compris les points finaux. A partir du graphique illustré à la Figure 2 du tracé de sortie de tension par rapport à l'accroissement du mesurande qui apparaît habituellement sous forme de courbe, une ligne droite est dessinée du point zéro au point de sortie pleine échelle.

Habituellement, le point qui dévie le plus de la ligne droite simple sera utilisé pour spécifier la 'linéarité' du capteur de pression. Cela est indiqué en pourcentage de la sortie pleine échelle normale du capteur de pression.



Figure 2 – Essai de linéarité

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

3, rue de Varembé PO Box 131 CH-1211 Geneva 20 Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11 Fax: + 41 22 919 03 00 info@iec.ch www.iec.ch