

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation –

Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et production d'énergie –

Partie 1: Récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions 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

65 000 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.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions 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

65 000 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.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation –

Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et production d'énergie –

Partie 1: Récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-0000-0

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
3.1 General terms.....	6
3.2 Piezoelectric transducer.....	8
3.3 Characteristic parameters	9
4 Essential ratings and characteristic parameters	11
4.1 Identification and type.....	11
4.2 Limiting values and operating conditions.....	11
4.3 Additional information	11
5 Test method	12
5.1 General.....	12
5.2 Electrical characteristics	13
5.2.1 Test procedure	13
5.2.2 Capacitance	14
5.2.3 Resonant frequency.....	14
5.2.4 Bandwidth.....	15
5.2.5 Open circuit voltage.....	15
5.2.6 Output voltage.....	15
5.2.7 Output current	16
5.2.8 Output power.....	16
5.2.9 Optimal load impedance	17
5.2.10 Maximum output power.....	17
5.2.11 Settling time	17
5.3 Mechanical characteristics.....	18
5.3.1 Test procedure	18
5.3.2 Temperature range	19
5.3.3 Relative humidity range	19
5.3.4 Input vibration.....	20
Annex A (informative) Piezoelectric mode.....	21
A.1 d_{33} mode.....	21
A.2 d_{31} mode.....	21
Bibliography.....	22
Figure 1 – A vibration based energy harvester using cantilever with piezoelectric film	7
Figure 2 – Conceptual diagram of a vibration based piezoelectric energy harvester	8
Figure 3 – Equivalent circuit of a vibration based piezoelectric energy harvester	10
Figure 4 – Measurement procedure of vibration based piezoelectric energy harvesters	13
Figure 5 – Test setup for the electrical characteristics of a vibration based piezoelectric energy harvester.....	14
Figure 6 – Frequency response of a vibration based piezoelectric energy harvester	15
Figure 7 – Output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester at various external loads	16
Figure 8 – Output current of a vibration based piezoelectric energy harvester at various output voltages	16

Figure 9 – Output power of a vibration based piezoelectric energy harvester at various external loads	17
Figure 10 – Output power and output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester at various input vibrations.....	17
Figure 11 – Transient response of output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester to excitation	18
Figure 12 – Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of a vibration based piezoelectric energy harvester	19
Figure A.1 – Piezoelectric mode of vibrating beam based energy harvester	21
Table 1 – Specification parameters for vibration based piezoelectric energy harvesters	11

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES
FOR ENERGY HARVESTING AND GENERATION –****Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting**

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 62830-1 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/2341/FDIS	47/2366/RVD

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 parts in the IEC 62830 series, published under the general title *Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation*, can be found on the IEC website.

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES FOR ENERGY HARVESTING AND GENERATION –

Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting

1 Scope

This part of IEC 62830 defines terms, definitions, symbols, configurations, and test methods that can be used to evaluate and determine the performance characteristics of vibration based piezoelectric energy harvesting devices for practical use. This document is applicable to energy harvesting devices for consumer, general industries, military and aerospace applications without any limitations on device technology and size.

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 60749-5:2003, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-12:2002, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions 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 General terms

3.1.1

vibration

mechanical oscillation

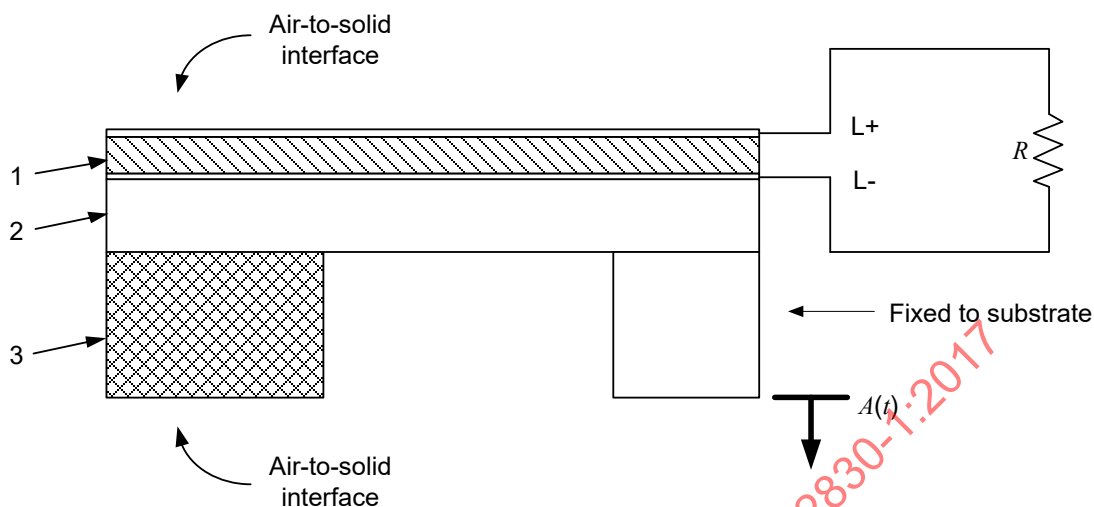
3.1.2

vibration based energy harvester

energy transducer that transforms vibration energy into electric energy

Note 1 to entry: A vibration based energy harvester to convert vibration to electricity by using piezoelectric transducers comprises an inertial mass, spring, and piezoelectric transducer as shown in Figure 1. The piezoelectric transducer contains the two electrodes and a piezoelectric film. The induced vibration introduces the reciprocating motion to the mass. The spring which suspends the mass bends and the bending of the spring introduces tensile and compression of the piezoelectric film. The top and bottom electrodes of the piezoelectric film harvest charges generated from the piezoelectric effect.

Note 2 to entry: A vibration based energy harvester is represented as shown in Figure 2. It is configured by mass, spring, damping, and piezoelectric transducer. The piezoelectric transducer consumes and transforms the kinetic energy of oscillated proof mass. Therefore, the piezoelectric transducer is generally viewed as damping.



IEC

Key

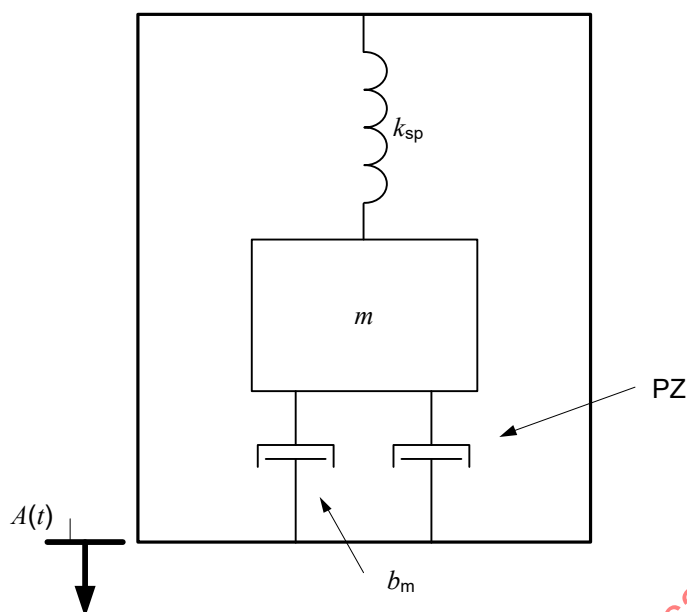
Configuration of energy harvester

- | | |
|---|--|
| 1 | piezoelectric film which is a body layer of a piezoelectric transducer for energy harvesting |
| 2 | spring to couple the induced vibration to the mass by suspending it |
| 3 | inertial mass to introduce mechanical motion coupling from induced vibration |

Components to operate an energy harvester

- | | |
|-------------|--|
| $A(t)$ | vibration which is mechanically induced oscillation to fixed substrate to vibrate the mass of the energy harvester |
| R | external load |
| $L+$, $L-$ | output of energy harvester |

Figure 1 – A vibration based energy harvester using cantilever with piezoelectric film



IEC

Key

Configuration of energy harvester

k_{sp} spring constant

b_m damping coefficient

$A(t)$ input vibration

m effective mass

PZ piezoelectric transducer

Figure 2 – Conceptual diagram of a vibration based piezoelectric energy harvester

3.1.3

mass-spring-damping system

system using effective mass, spring and damper to derive motion

3.1.4

effective mass

m

quantitative measure suspended by a spring to obtain kinetic energy by means of induced acceleration

3.1.5

spring

elastic object to store mechanical energy with spring constant, k_{sp}

3.1.6

parasitic damping

effect that reduces the acceleration of an oscillated object with damping coefficient, b_m

3.2 Piezoelectric transducer

3.2.1

piezoelectric transducer

energy converter to generate electricity from mechanical energy by means of piezoelectric effect

3.2.2**piezoelectric effect**

effect by which a mechanical deformation of piezoelectric material produces a proportional change in the electric polarization of that material

3.2.3**piezoelectric constant**

d

quantifying value of the polarization in the piezoelectric material on application of a stress

3.2.4**electromechanical coupling coefficient**

k

value that describes the conversion rate of electrical energy to mechanical energy or vice versa

Note 1 to entry: The coefficient is a combination of elastic, dielectric and piezoelectric constants which appears naturally in the expression of a piezoelectric transducer.

$$k = \sqrt{\frac{Ed^2}{\varepsilon}} \quad (1)$$

where

E is Young's modulus,

d is the piezoelectric constant, and

ε is the dielectric constant

3.2.5**capacitance**

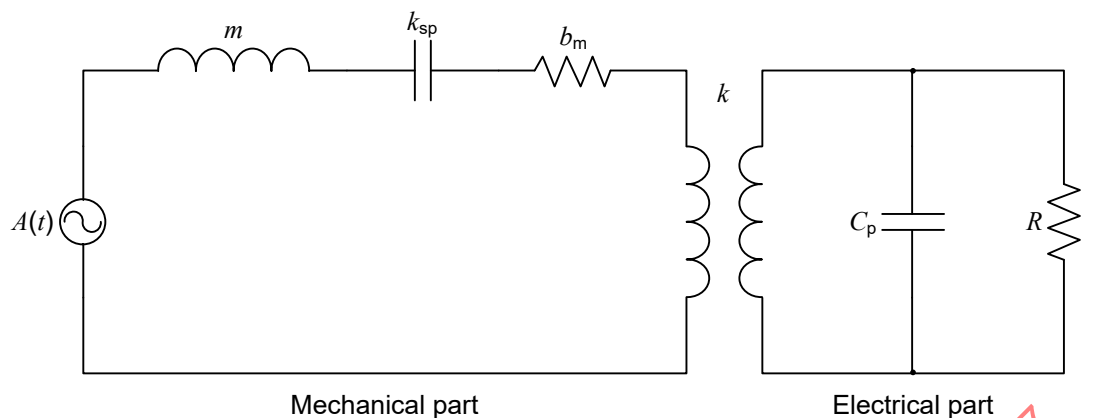
C_p

capacitance between two electrodes of a piezoelectric transducer

3.3 Characteristic parameters**3.3.1****equivalent circuit**

<vibration based piezoelectric energy harvester> electrical circuit which has the same output voltage from induced vibration as a piezoelectric vibration energy harvester in the immediate neighbourhood of resonance

Note 1 to entry: A vibration based piezoelectric energy harvester can be divided into mechanical and electrical parts as shown in Figure 3. The mechanical part consists of series elements m , k_{sp} , b_m , and a transformer. m , k_{sp} , and b_m represent the effective mass, spring constant, damping coefficient, and piezoelectric effect to convert mechanically induced strain to electrical charge density with coupling coefficient k . The electrical part comprises parallel connected C_p , R , and transformer. C_p represents the capacitance between two electrodes of the piezoelectric transducer and R is the external load.



Key

Mechanical part

m	effective mass
k_{sp}	spring constant
b_m	damping coefficient
$A(t)$	induced vibration

Electrical part

C_p	capacitance of piezoelectric transducer
R	external load
k	electromechanical coupling coefficient

Figure 3 – Equivalent circuit of a vibration based piezoelectric energy harvester

3.3.2 resonant frequency

f_o
lowest frequency of the induced vibration of the energy harvester to generate largest output power:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{sp}}{m}} \quad (2)$$

3.3.3 bandwidth

f_{BW}
separation of frequencies between which the output power is equal to or larger than a specified value

3.3.4 open circuit voltage

V
electrical potential difference relative to a reference node of an energy harvester when there is no external load connected to the terminal of the energy harvester

3.3.5 output power

P
electrical power transferred to the external load connected to the terminal of an energy harvester

3.3.6 output current

I
current through the external load connected to the terminal of an energy harvester

3.3.7**optimal load** R_{opt}

specified value of the external load for transferring the largest electrical energy from the energy harvester

3.3.8**settling time** τ

time necessary for the measured output signal to reach a specified value in the transient response

3.3.9**temperature range**

range of temperatures as measured on the enclosure over which the energy harvester will not sustain permanent damage though not necessarily functioning within the specified tolerances

3.3.10**input vibration**

range of accelerations of induced vibration to the energy harvester as measured on the enclosure over which the energy harvester will not sustain permanent damage though not necessarily functioning within the specified tolerances

4 Essential ratings and characteristic parameters**4.1 Identification and type**

The vibration energy harvester shall be clearly and durably marked in the order given below:

- a) year and week (or month) of manufacture;
- b) manufacturer's name or trademark;
- c) terminal identification (optional);
- d) serial number;
- e) factory identification code (optional).

4.2 Limiting values and operating conditions

Characteristic parameters should be listed as shown in Table 1. The manufacturer shall clearly announce the operating conditions and their limitation for energy harvesting. Limiting value is the maximum induced vibration to ensure the operation of vibration energy harvester for power generation without any damage.

Table 1 – Specification parameters for vibration based piezoelectric energy harvesters

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Unit	Measuring conditions
<i>Insert name of characteristic parameters</i>					

4.3 Additional information

Some additional information should be given such as equivalent circuits (resonant frequency, internal impedance, frequency response, output voltage and power, etc.), handling precautions, physical information (outline dimensions, terminals, etc.), accessories,

installation guide, package information, PCB interface and mounting information, and other information.

5 Test method

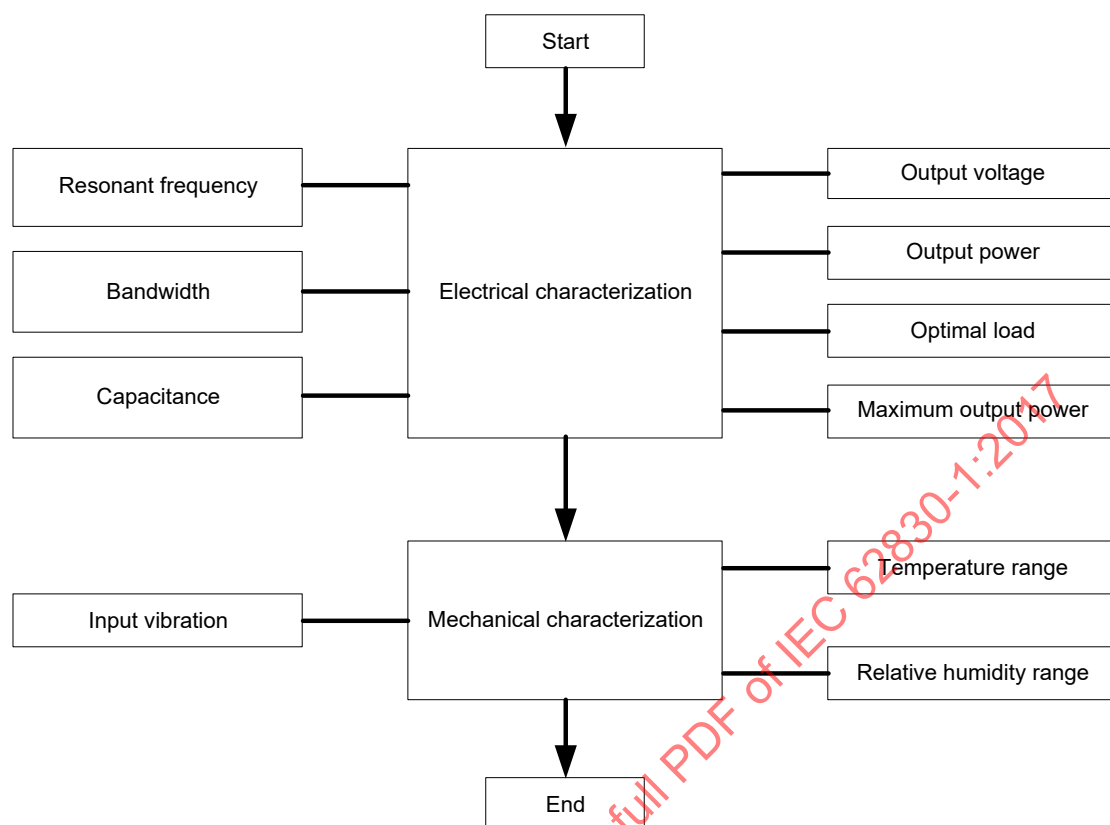
5.1 General

Basically, general test procedures for a vibration energy harvester are performed as shown in Figure 4. After the vibration based piezoelectric energy harvester has been mounted on a test fixture, it is measured by using voltage, current, and LCR meters. For measuring and characterizing these devices accurately, ultra-high-impedance meters should be used.

Before connecting the vibration energy harvester to the test fixture, voltage, current, and LCR meters shall be calibrated. After calibration, connect a test cable to the vibration energy harvester test fixture mounted on a vibration exciter. The output voltage or current reading on the display of the meters is carefully taken, together with induced vibration which is measured by the accelerometer.

NOTE After mounting the energy harvester on a vibration exciter, electrical characteristics are measured by using a meter or equivalent equipment. If the measurements are satisfactory, the reliability test for the temperature range with thermal cycling and mechanical failure with various vibrations is performed for commercial use.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017



IEC

Key

Procedure	Reference subclause	Procedure	Reference subclause
Start		Optimal load	3.3.7 and 5.2.9
Electrical characterization		Maximum output power	5.2.10
Resonant frequency	3.3.2 and 5.2.3	Mechanical characterization	
Bandwidth	3.3.3 and 5.2.4	Temperature range	5.3.2
Capacitance	3.2.5 and 5.2.2	Input vibration	3.3.10 and 5.3.4
Output voltage	3.3.4 and 5.2.6	Relative humidity range	5.3.3
Output power	3.3.5 and 5.2.8		

Figure 4 – Measurement procedure of vibration based piezoelectric energy harvesters

5.2 Electrical characteristics

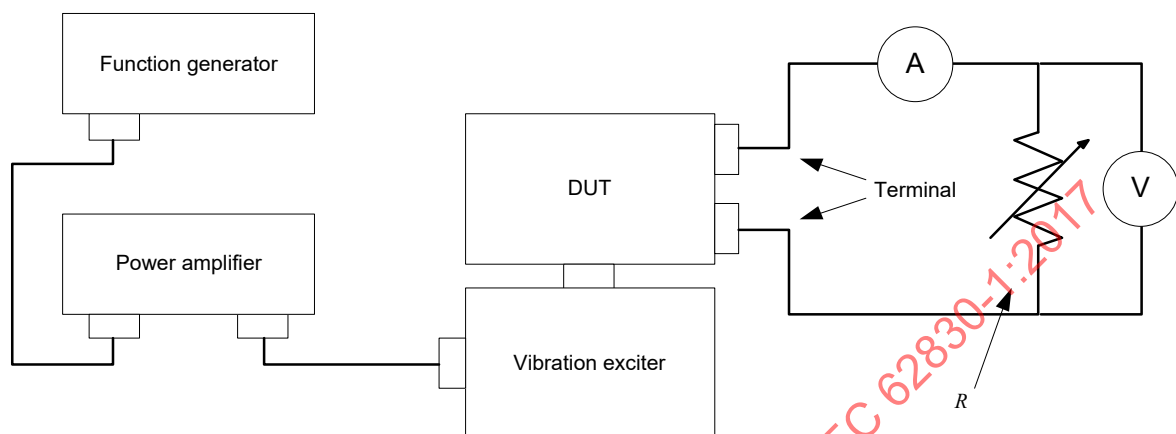
5.2.1 Test procedure

Figure 5 shows a test setup for measuring the electrical characteristics of a vibration based piezoelectric energy harvester. To measure the electrical characteristics of vibration based piezoelectric energy harvester, the device shall be mounted on a vibration exciter as shown in Figure 5. When a continuous vibration with specified acceleration is applied to the device, an output voltage or current across an external load is measured.

The following test procedure is performed:

- A specified vibration is induced to the energy harvester.

- b) The voltage or current across the external load which is connected to the terminals of the energy harvester is measured using a voltage or current meter.
- c) The voltage and current are measured with various vibration accelerations by adjusting the amplifying ratio of the power amplifier.
- d) The maximum voltage and current are derived from various external loads to find the optimal load.



IEC

Key

Component and meters to monitor

DUT: device energy harvester
under test

Voltage meter (V) To detect a voltage across the
external load

Ampere meter (A) To detect a current through the
external load

External load (R) A load with specific impedance

Equipment and supplies

Function generator To supply a specified frequency of
electrical signal to the power
amplifier

Power amplifier To supply a specified level of
electrical power to the vibration
exciter

Vibration exciter To supply a specified level and
frequency of mechanical vibration to
the DUT

Figure 5 – Test setup for the electrical characteristics of a vibration based piezoelectric energy harvester

5.2.2 Capacitance

Capacitance is measured between two terminals of an energy harvesting device at a specified frequency and voltage. A calibration of an LCR meter shall be made in order to eliminate systematic errors in the LCR meter, cable, and connectors. When the device is connected to the LCR meter, its capacitance will be displayed. When measuring capacitance, the specified frequency and voltage for measurement shall be recorded.

5.2.3 Resonant frequency

Resonant frequency is a measured frequency of the energy harvester, normally expressed in hertz, to generate the largest output power to be used in subsystem and system applications. Figure 6 shows the graphical shape of the measured frequency characteristic of an energy harvester. When measuring resonant frequency, specified acceleration and external load for measurement shall be recorded.

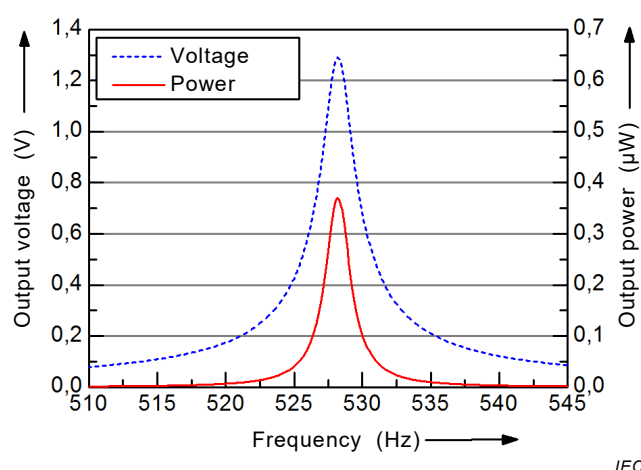


Figure 6 – Frequency response of a vibration based piezoelectric energy harvester

5.2.4 Bandwidth

Bandwidth is the working frequency range of the energy harvester having designated output power to be used in subsystem and system applications. It is the measured range, normally expressed in hertz, of the separation between the lower and upper frequencies relative to the specified value of the frequency response curve.

$$f_{BW} = f_{upper(specified)} - f_{lower(specified)} \text{ [Hz]} \quad (3)$$

It is obtained from the measured output power (or voltage). The upper and lower frequencies are selected when the measured output reaches a specified value.

5.2.5 Open circuit voltage

Open circuit voltage is the voltage measured across the terminals of the energy harvester from induced vibration without external load. When measuring open circuit voltage, the input impedance of the voltage meter shall be recorded.

5.2.6 Output voltage

Output voltage is the rms value of the voltage measured across the terminals of the energy harvester with a specified external load and induced vibration. Figure 7 shows the graphical shape of measured output voltage as a function of external resistive load connected to the terminal of an energy harvester. The open circuit voltage is the rms value of measured voltage when there is no external load connected to the terminal of the energy harvester with specified induced vibration.

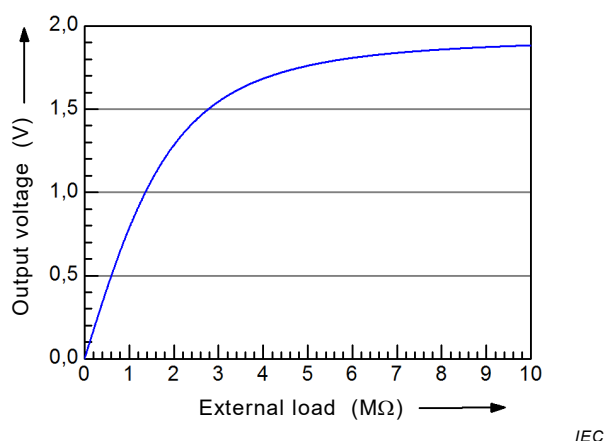


Figure 7 – Output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester at various external loads

5.2.7 Output current

Output current is the current measured through the specified external load connected to the terminal of a vibration energy harvester at the specified induced vibration. Figure 8 shows the graphical shape of measured current as a function of output voltage of an energy harvester. The short-circuit current from the terminal of the energy harvester is the rms value of measured current when the voltage across the energy harvester is zero.

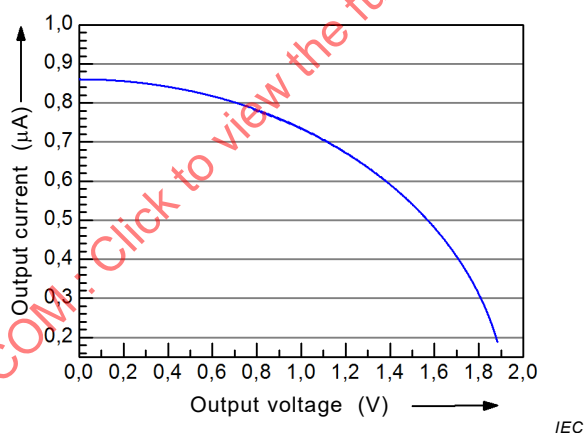


Figure 8 – Output current of a vibration based piezoelectric energy harvester at various output voltages

5.2.8 Output power

Output power is calculated from the rms value of measured output voltage and current of the energy harvester with external load.

$$P = IV \text{ [W]} \quad (4)$$

Figure 9 shows the graphical shape of measured output power as a function of external load of an energy harvester.

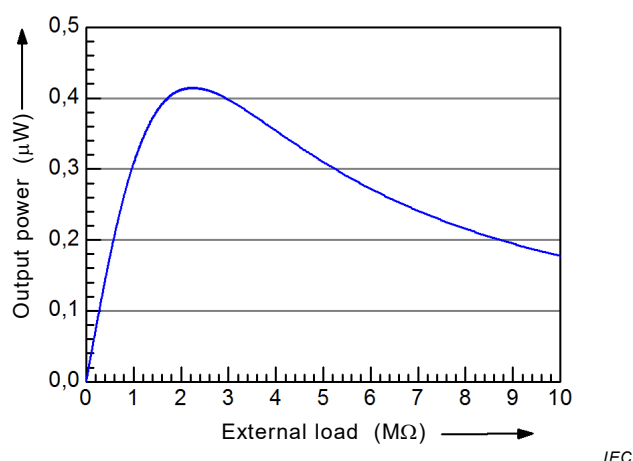


Figure 9 – Output power of a vibration based piezoelectric energy harvester at various external loads

5.2.9 Optimal load impedance

Optimal load impedance is determined as the value of the external load when the output power of the energy harvester is maximized.

5.2.10 Maximum output power

Maximum output power is a maximum value of output power measured from an energy harvester at a specified maximum input vibration. The maximum input vibration is defined in 5.3.4. Figure 10 shows the graphical shape of measured output power and output voltage as functions of input vibration.

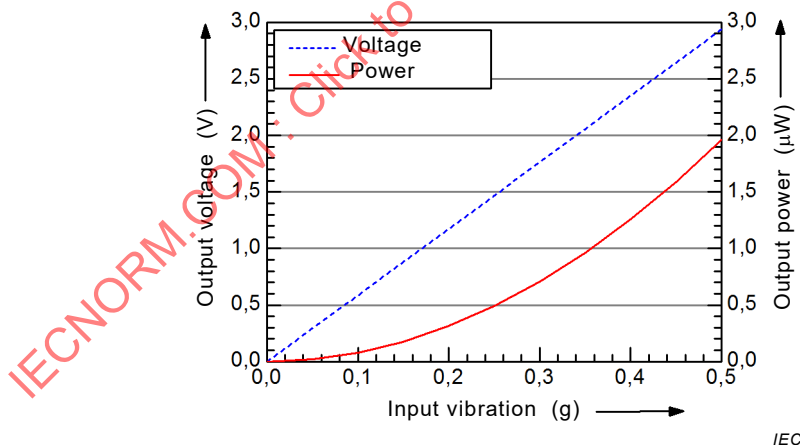
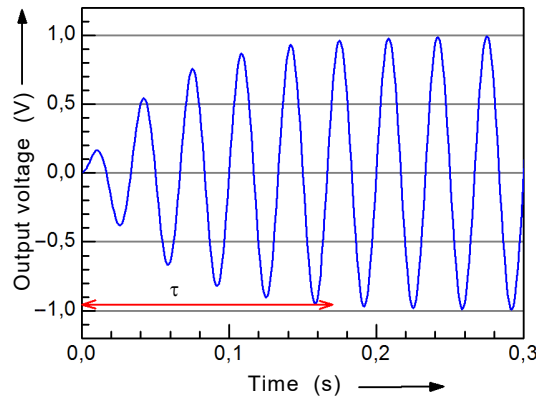


Figure 10 – Output power and output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester at various input vibrations

5.2.11 Settling time

Settling time is a relaxation time to ensure the output voltage is in steady state from excitation. It is the measured time, normally expressed in seconds, necessary for the measured output signal to reach a specified value in the transient response. Figure 11 shows the transient response of measured output voltage as a function of time. The settling time is affected by the packaging condition of the energy harvester.



IEC

Figure 11 – Transient response of output voltage of a vibration based piezoelectric energy harvester to excitation

The damping ratio (ζ) is measured after measurement of settling time from excitation.

$$\zeta = \frac{1}{\tau 2\pi f_o} \quad (5)$$

It is obtained from the excited vibration (f_o) and settling time of the energy harvester (τ). The damping coefficient (b_m) shall be calculated as

$$b_m = 2\zeta \sqrt{mk_{sp}} \quad (6)$$

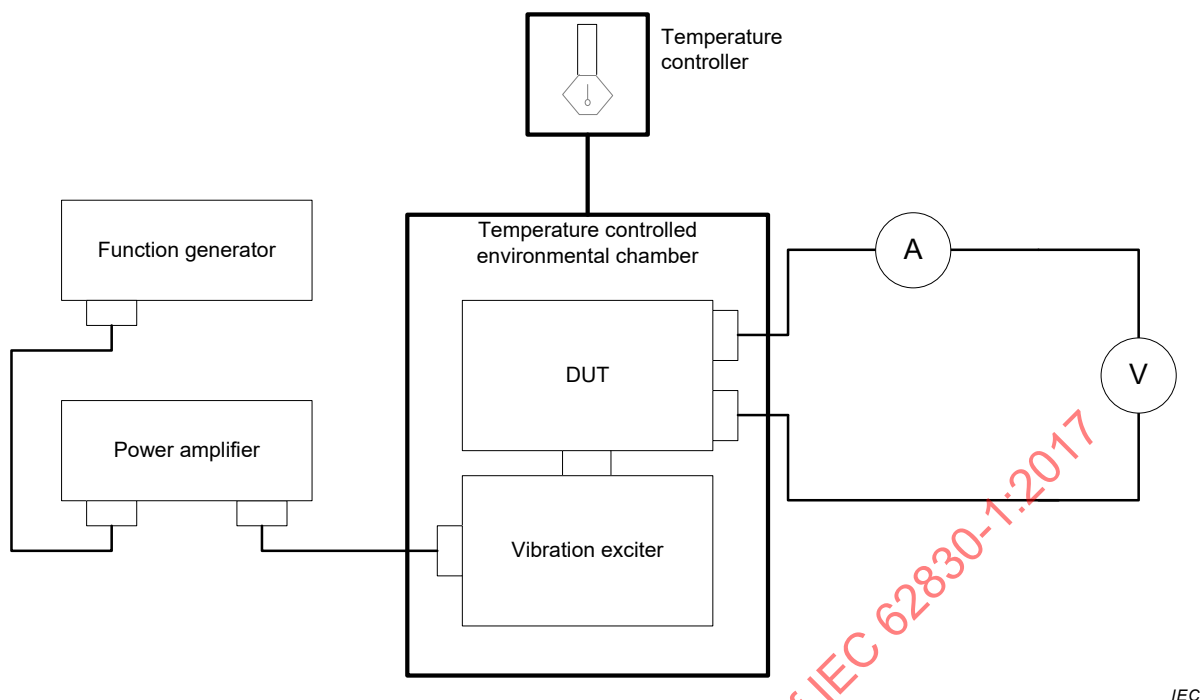
5.3 Mechanical characteristics

5.3.1 Test procedure

Figure 12 shows a test setup for evaluating the reliability of a vibration based piezoelectric energy harvester. When a continuous vibration is applied to the device, output voltage or current is measured through an external load connected to the device.

To test the reliability, the following test procedure is performed:

- A vibration is induced to the energy harvester.
- The output voltage or current of the energy harvester is measured by the meter.



IEC

Key**Component and meters to monitor**

DUT: device under test energy harvester

Voltage meter (V) To detect a voltage across the external load

Ampere meter (A) To detect a current through the external load

Equipment and supplies

Function generator To supply a specified frequency of electrical signal to the power amplifier

Power amplifier To supply a specified level of electrical power to the vibration exciter

Vibration exciter To supply a specified level and frequency of mechanical vibration to a DUT

Temperature controlled environment chamber To keep a specified temperature value of a DUT

Figure 12 – Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of a vibration based piezoelectric energy harvester

5.3.2 Temperature range

The objective of this test is to evaluate the reliability of the device by a low/high temperature cycling test. The temperature range should be specified from the applications. First, the test is performed in the temperature cycling test chamber, and second, by placing the finished energy harvester in an oven. The performance characteristics are monitored by a meter.

See IEC 60749-5:2003.

5.3.3 Relative humidity range

The objective of this test is to evaluate the reliability of the device by a low/high humidity test. The humidity range should be specified from the applications. The test is performed in the humidity cycling test chamber with specific temperature. The performance characteristics are monitored by a meter.

See IEC 60749-5:2003.

5.3.4 Input vibration

The objective of this test is to evaluate the reliability of the device by high input vibration. The vibration range should be specified from the applications. First, the test is performed as a cycling test of induced vibration with various accelerations, and second, by placing the finished energy harvester on the vibration exciter. The performance characteristics are monitored by a meter.

See IEC 60749-12:2002.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

Annex A (informative)

Piezoelectric mode

A.1 d_{33} mode

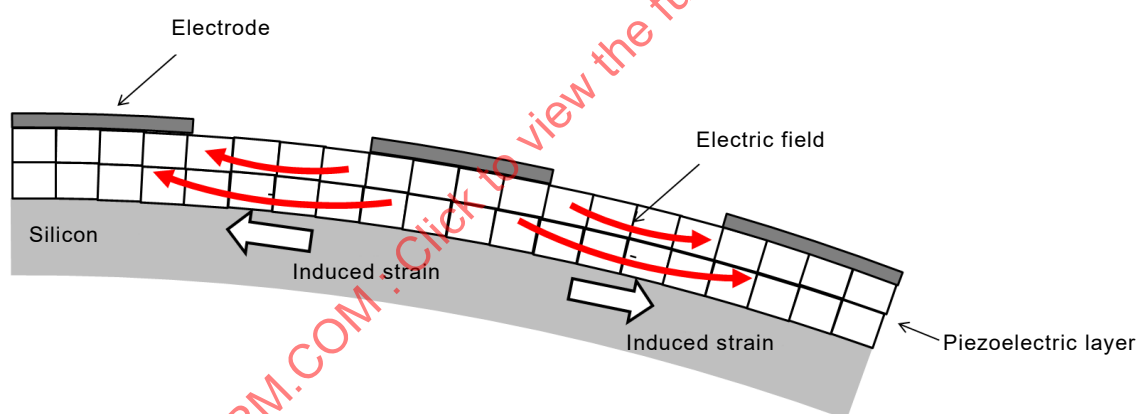
A piezoelectric transducer generates an electric field in the same direction as an induced strain or stress applied to the piezoelectric film. The electrodes for the d_{33} mode of piezoelectric thin film are on the top or bottom side of the film and are shaped like comb electrodes. This configuration is sensitive to the induced vibration and high output voltage due to the low capacitance.

The d_{33} mode is illustrated in Figure A.1 a).

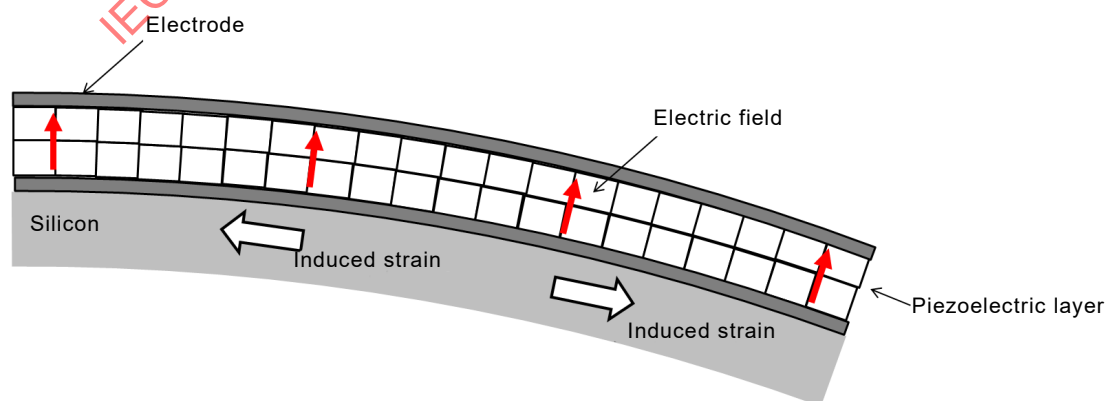
A.2 d_{31} mode

A piezoelectric transducer generates an electric field perpendicular to an induced strain or stress applied to the piezoelectric film. The electrodes for the d_{31} mode of piezoelectric thin film are on the top and bottom sides of the film. The d_{31} mode is widely used for making energy harvesters.

The d_{31} mode is illustrated in Figure A.1 b).



a) d_{33} mode



b) d_{31} mode

Figure A.1 – Piezoelectric mode of vibrating beam based energy harvester

Bibliography

IEC 62047-5:2011, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 5: RF MEMS switches*

IEC 62047-7:2011, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 7: MEMS BAW filter and duplexer for radio frequency control and selection*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

S. Roundy, P.K. Wright, and J. Rabaey, *Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks with Special Focus on Vibrations*, Kluwer Academic Press, 2003.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes et définitions	28
3.1 Termes généraux	28
3.2 Transducteur piézoélectrique	30
3.3 Paramètres caractéristiques	31
4 Valeurs assignées et paramètres caractéristiques essentiels	33
4.1 Identification et type	33
4.2 Valeurs limites et conditions de fonctionnement	33
4.3 Informations supplémentaires	34
5 Méthode d'essai	34
5.1 Généralités	34
5.2 Caractéristiques électriques	35
5.2.1 Procédure d'essai	35
5.2.2 Capacité	36
5.2.3 Fréquence de résonance	36
5.2.4 Largeur de bande	37
5.2.5 Tension en circuit ouvert	37
5.2.6 Tension de sortie	37
5.2.7 Courant de sortie	38
5.2.8 Puissance de sortie	38
5.2.9 Impédance de charge optimale	39
5.2.10 Puissance de sortie maximale	39
5.2.11 Durée d'établissement	39
5.3 Caractéristiques mécaniques	40
5.3.1 Procédure d'essai	40
5.3.2 Plage de températures	41
5.3.3 Plage d'humidité relative	41
5.3.4 Vibrations d'entrée	42
Annexe A (informative) Mode piézoélectrique	43
A.1 Mode d_{33}	43
A.2 Mode d_{31}	43
Bibliographie	44

Figure 1 – Dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations utilisant la flexion d'un film piézoélectrique	29
---	----

Figure 2 – Schéma conceptuel d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	30
---	----

Figure 3 – Circuit équivalent d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	32
--	----

Figure 4 – Procédure de mesure du dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	35
---	----

Figure 5 – Montage d'essai pour les caractéristiques électriques d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	36
---	----

Figure 6 – Réponse fréquentielle d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	37
---	----

Figure 7 – Tension de sortie d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations pour différentes charges externes	38
Figure 8 – Courant de sortie d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations pour différentes tensions de sorties	38
Figure 9 – Puissance de sortie d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations pour différentes charges externes	39
Figure 10 – Puissance de sortie et tension de sortie d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations pour différentes vibrations d'entrée	39
Figure 11 – Réponse transitoire de la tension de sortie d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations à une excitation	40
Figure 12 – Schéma de principe d'un montage d'essai pour évaluer la fiabilité d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	41
Figure A.1 – Mode piézoélectrique d'un dispositif de récupération d'énergie basé sur une poutre vibrante	43
Tableau 1 – Paramètres de spécification pour des dispositifs de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations	34

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR RÉCUPÉRATION ET PRODUCTION D'ÉNERGIE –

Partie 1: Récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

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 62830-1 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2341/FDIS	47/2366/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62830, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et production d'énergie*, 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.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62830-1:2017

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR RÉCUPÉRATION ET PRODUCTION D'ÉNERGIE –

Partie 1: Récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62830 définit des termes, des définitions, des symboles, des configurations et des méthodes d'essai qui peuvent être utilisés pour évaluer et déterminer les caractéristiques de performances de dispositifs pratiques de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations. Le présent document s'applique aux dispositifs de récupération d'énergie destinés à des applications grand public, industrielles, militaires et aérospatiales sans limitation sur la taille ni sur la technologie des dispositifs.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60749-5:2003, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 5: Essai continu de durée de vie sous température et humidité avec polarisation*

IEC 60749-12:2002, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 12: Vibrations, fréquences variables*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants 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 Termes généraux

3.1.1 vibration

oscillation mécanique

3.1.2

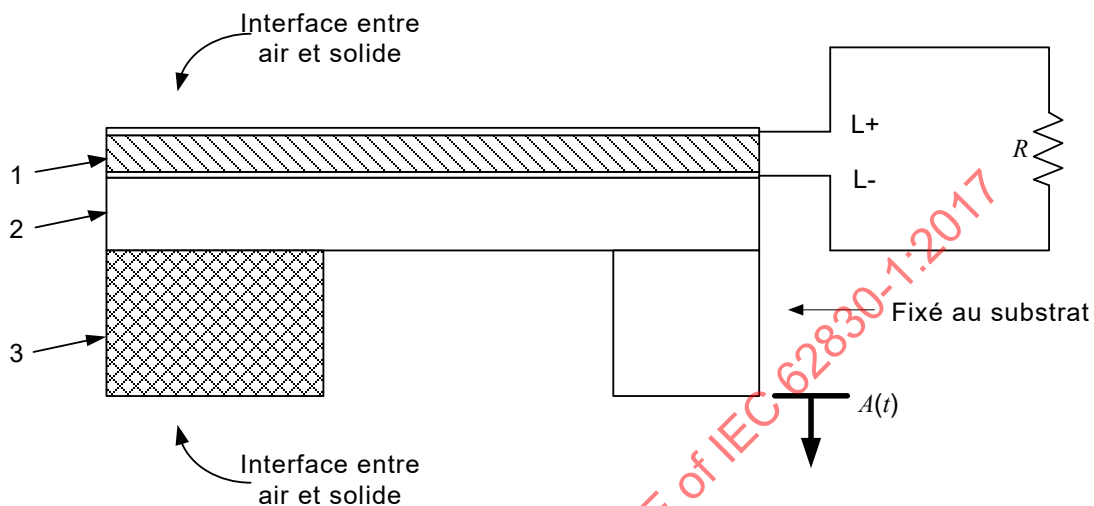
dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations

transducteur d'énergie qui transforme l'énergie des vibrations en énergie électrique

Note 1 à l'article: Un dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations pour convertir des vibrations en électricité en utilisant des transducteurs piézoélectriques comprend une masse inertielle, un ressort et un transducteur piézoélectrique comme représenté à la Figure 1. Le transducteur piézoélectrique contient les deux

électrodes et un film piézoélectrique. Les vibrations induites provoquent le mouvement de va-et-vient de la masse. Le ressort qui soutient la masse se courbe et la courbure du ressort introduit une traction et une compression du film piézoélectrique. L'électrode supérieure et l'électrode inférieure du film piézoélectrique récupèrent les charges générées par l'effet piézoélectrique.

Note 2 à l'article: Un dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations est représenté à la Figure 2. Il est configuré par une masse, un ressort, un amortissement et un transducteur piézoélectrique. Le transducteur piézoélectrique consomme et transforme l'énergie cinétique de la masse étalon soumise à l'oscillation. Le transducteur piézoélectrique est donc généralement vu comme un amortisseur.



IEC

Légende

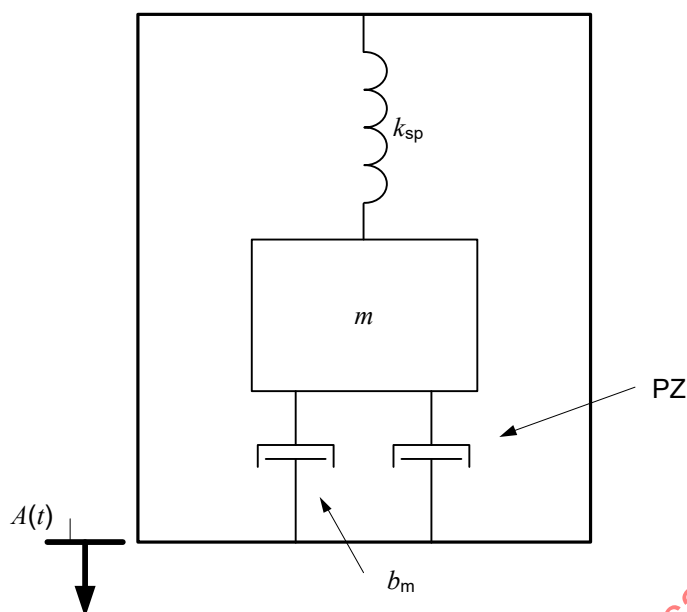
Configuration d'un dispositif de récupération d'énergie

- 1 film piézoélectrique qui constitue une couche de corps d'un transducteur piézoélectrique pour la récupération d'énergie
- 2 ressort pour accoupler les vibrations induites dans la masse en suspendant cette masse
- 3 masse inertielle destinée à créer le couplage du mouvement mécanique à partir des vibrations induites

Composants nécessaires pour faire fonctionner un dispositif de récupération d'énergie

- | | |
|----------|---|
| $A(t)$ | vibrations constituées d'oscillations induites mécaniquement dans un substrat fixe pour faire vibrer la masse du dispositif de récupération d'énergie |
| R | charge externe |
| $L+, L-$ | sortie du dispositif de récupération d'énergie |

Figure 1 – Dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations utilisant la flexion d'un film piézoélectrique



IEC

Légende

Configuration d'un dispositif de récupération d'énergie

k_{sp}	constante du ressort	m	masse effective
b_m	coefficient d'amortissement	PZ	transducteur piézoélectrique
$A(t)$	vibrations d'entrée		

Figure 2 – Schéma conceptuel d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

3.1.3

système masse-ressort-amortisseur

système utilisant la masse effective, le ressort et l'amortisseur pour obtenir le mouvement

3.1.4

masse effective

m

mesure quantitative suspendue par un ressort pour obtenir l'énergie cinétique au moyen de l'accélération induite

3.1.5

ressort

objet élastique pour stocker de l'énergie mécanique avec une constante de ressort, k_{sp}

3.1.6

amortissement parasite

effet qui réduit l'accélération d'un objet soumis à oscillation avec un coefficient d'amortissement, b_m

3.2 Transducteur piézoélectrique

3.2.1

transducteur piézoélectrique

convertisseur d'énergie pour produire de l'électricité à partir d'énergie mécanique par effet piézoélectrique

3.2.2**effet piézoélectrique**

effet occasionné par la déformation mécanique d'un matériau piézoélectrique qui produit une modification proportionnelle dans la polarisation électrique de ce matériau

3.2.3**constante piézoélectrique**

d

valeur de quantification de la polarisation dans le matériau piézoélectrique, lorsqu'une contrainte est appliquée

3.2.4**coefficient de couplage électromécanique**

k

valeur décrivant le taux de conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique, ou vice versa

Note 1 à l'article: Le coefficient est une combinaison de constantes élastiques, diélectriques et piézoélectriques qui apparaît naturellement dans l'expression d'un transducteur piézoélectrique.

$$k = \sqrt{\frac{Ed^2}{\varepsilon}} \quad (1)$$

où

E est le module de Young,

d est la constante piézoélectrique, et

ε est la constante diélectrique

3.2.5**capacité**

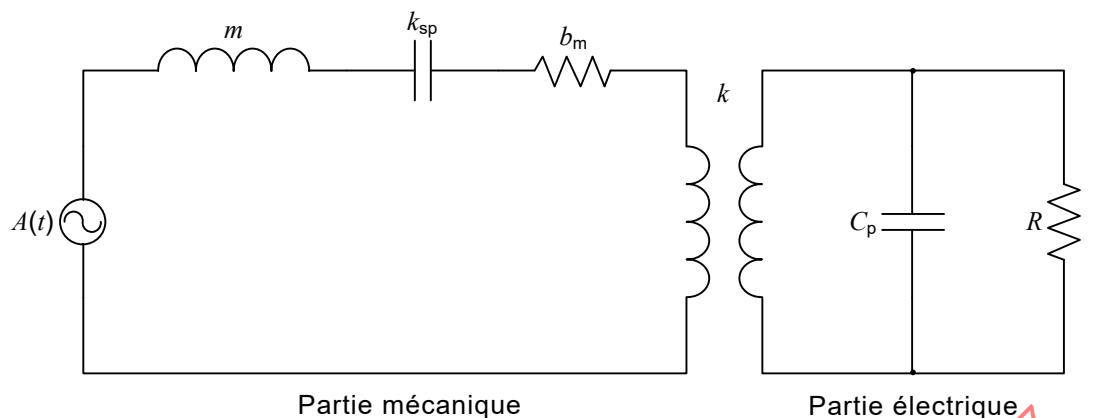
C_p

capacité entre deux électrodes d'un transducteur piézoélectrique

3.3 Paramètres caractéristiques**3.3.1****circuit équivalent**

<dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations> circuit électrique présentant la même tension de sortie à partir de vibrations induites qu'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations au voisinage immédiat de la résonance

Note 1 à l'article: Un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations peut être divisé en une partie mécanique et une partie électrique comme cela est représenté à la Figure 3. La partie mécanique est constituée d'éléments en série m , k_{sp} , b_m , et d'un transformateur. m , k_{sp} , et b_m représentent la masse effective, la constante du ressort, le coefficient d'amortissement et l'effet piézoélectrique pour convertir une déformation induite mécaniquement en densité de charge électrique avec un coefficient de couplage k . La partie électrique comprend C_p , R , et un transformateur connectés en parallèle. C_p représente la capacité entre deux électrodes du transducteur piézoélectrique et R est la charge externe.



Légende

Partie mécanique

m	masse effective
k_{sp}	constante du ressort
b_m	coefficient d'amortissement
$A(t)$	vibrations induites

Partie électrique

C_p	capacité du transducteur piézoélectrique
R	charge externe
k	coefficient de couplage électromécanique

Figure 3 – Circuit équivalent d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

3.3.2

fréquence de résonance

f_o

plus petite fréquence des vibrations induites dans un dispositif de récupération d'énergie pour produire la puissance de sortie la plus grande:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{sp}}{m}} \quad (2)$$

3.3.3

bande passante

f_{BW}

intervalle des fréquences entre lesquelles la puissance de sortie est supérieure ou égale à une valeur spécifiée

3.3.4

tension en circuit ouvert

V

différence de potentiel électrique par rapport à un nœud de référence d'un dispositif de récupération d'énergie lorsqu'aucune charge externe n'est raccordée aux bornes du dispositif de récupération d'énergie

3.3.5

puissance de sortie

P

puissance électrique transférée à la charge externe raccordée aux bornes d'un dispositif de récupération d'énergie

3.3.6**courant de sortie** I

courant traversant la charge externe raccordée aux bornes d'un dispositif de récupération d'énergie

3.3.7**charge optimale** R_{opt}

valeur spécifiée de la charge externe pour transférer la plus grande énergie électrique du dispositif de récupération d'énergie

3.3.8**durée d'établissement** τ

durée nécessaire au signal de sortie mesuré pour atteindre une valeur spécifiée dans la réponse transitoire

3.3.9**plage de températures**

plage des températures mesurées sur l'enveloppe dans laquelle le dispositif de récupération d'énergie ne subira pas de détérioration permanente même s'il ne fonctionne pas nécessairement dans les tolérances spécifiées

3.3.10**vibrations d'entrée**

plage d'accélération des vibrations induites dans le dispositif de récupération d'énergie mesurées sur l'enveloppe dans laquelle le dispositif de récupération d'énergie ne subira pas de détérioration permanente même s'il ne fonctionne pas nécessairement dans les tolérances spécifiées

4 Valeurs assignées et paramètres caractéristiques essentiels**4.1 Identification et type**

Le dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations doit comporter un marquage clair et durable dans l'ordre indiqué ci-dessous:

- a) année et semaine (ou mois) de fabrication;
- b) nom ou marque commerciale du fabricant
- c) identification des bornes (facultatif);
- d) numéro de série;
- e) code d'identification de l'usine (facultatif).

4.2 Valeurs limites et conditions de fonctionnement

Il convient que les paramètres caractéristiques soient énumérés tels que représentés dans le Tableau 1. Le fabricant doit indiquer clairement les conditions de fonctionnement et leurs limitations pour la récupération d'énergie. Les valeurs limites sont les vibrations induites maximales qui garantissent le fonctionnement du dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations pour la production d'énergie sans détérioration.

Tableau 1 – Paramètres de spécification pour des dispositifs de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

Paramètre	Symbole	Min.	Max.	Unité	Conditions de mesure
<i>Insérer le nom des paramètres caractéristiques</i>					

4.3 Informations supplémentaires

Il convient de donner des informations supplémentaires telles que des circuits équivalents (fréquence de résonance, impédance interne, réponse fréquentielle, tension et puissance de sortie, etc.), des précautions de manipulation, des informations d'ordre physique (dimensions d'encombrement, bornes, etc.), des accessoires, un guide d'installation, des informations sur le boîtier, des informations sur le montage et l'interface des circuits imprimés, et toute autre information.

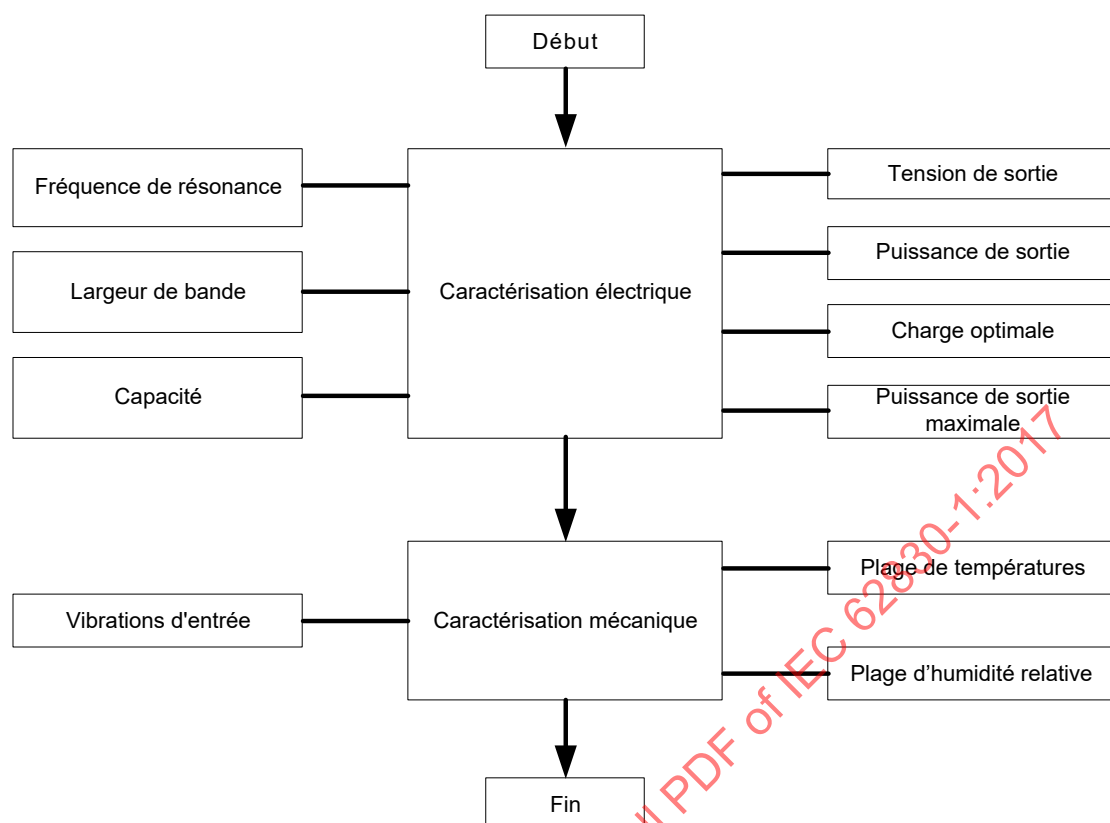
5 Méthode d'essai

5.1 Généralités

Les procédures générales d'essai pour un dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations sont généralement réalisées comme cela est représenté à la Figure 4. Une fois le dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations monté sur un dispositif d'essai, il est mesuré en utilisant des voltmètres, des ampèremètres et des appareils de mesure RLC. Pour mesurer et caractériser ces dispositifs avec précision, il convient d'utiliser des impédancemètres capables de mesurer de très hautes impédances.

Avant de raccorder le dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations au dispositif d'essai, les voltmètres, les ampèremètres et les appareils de mesure RLC doivent être étalonnés. Après l'étalonnage, raccorder un câble d'essai au dispositif d'essai du dispositif de récupération d'énergie basée sur des vibrations monté sur un générateur de vibrations. La tension ou le courant de sortie figurant sur l'affichage des appareils de mesure sont lus soigneusement avec les vibrations induites mesurées par l'accéléromètre.

NOTE Après avoir monté le dispositif de récupération d'énergie sur un générateur de vibrations, les caractéristiques électriques sont mesurées en utilisant un appareil de mesure ou un équipement équivalent. Si les mesures sont satisfaisantes, l'essai de fiabilité pour la plage de températures avec des cycles thermiques et des défaillances mécaniques avec différentes vibrations, est effectué en vue d'une utilisation commerciale.



IEC

Légende

Procédure	Paragraphe de référence	Procédure	Paragraphe de référence
Début		Charge optimale	3.3.7 et 5.2.9
Caractérisation électrique		Puissance de sortie maximale	5.2.10
Fréquence de résonance	3.3.2 et 5.2.3	Caractérisation mécanique	
Largeur de bande	3.3.3 et 5.2.4	Plage de températures	5.3.2
Capacité	3.2.5 et 5.2.2	Vibrations d'entrée	3.3.10 et 5.3.4
Tension de sortie	3.3.4 et 5.2.6	Plage d'humidité relative	5.3.3
Puissance de sortie	3.3.5 et 5.2.8		

Figure 4 – Procédure de mesure du dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

5.2 Caractéristiques électriques

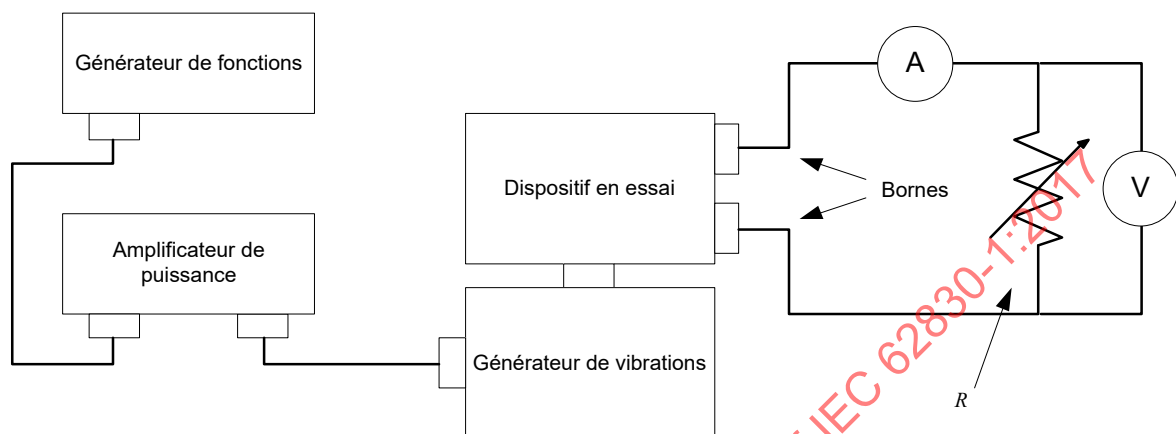
5.2.1 Procédure d'essai

La Figure 5 représente un montage d'essai en vue de mesurer les caractéristiques électriques d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations. Pour mesurer les caractéristiques électriques d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations, le dispositif doit être monté sur un générateur de vibrations tel que représenté à la Figure 5. Lorsque des vibrations continues avec une accélération spécifiée sont appliquées au dispositif, la tension de sortie aux bornes d'une charge externe ou le courant qui la traverse est mesuré.

La procédure d'essai suivante est effectuée:

- Des vibrations spécifiées sont induites dans le dispositif de récupération d'énergie.

- b) La tension aux bornes de la charge externe raccordée aux bornes du dispositif de récupération d'énergie ou le courant qui traverse cette charge externe est mesuré en utilisant un voltmètre ou un ampèremètre.
- c) La tension et le courant sont mesurés avec différentes accélérations des vibrations en ajustant le rapport d'amplification de l'amplificateur de puissance.
- d) La tension maximale et le courant maximal sont dérivés de différentes charges externes pour trouver la charge optimale.



IEC

Légende

Composants et appareils de mesure à contrôler

DUT: dispositif en essai (<i>device under test</i>)	dispositif récupération d'énergie
Voltmètre (V)	Détecter une tension aux bornes de la charge externe
Ampèremètre (A)	Détecter un courant traversant la charge externe
Charge externe (R)	Charge d'impédance spécifique

Équipements et alimentations

Générateur de fonctions	Délivrer une fréquence spécifiée d'un signal électrique à l'amplificateur de puissance
Amplificateur de puissance	Délivrer un niveau spécifié de puissance électrique au générateur de vibrations
Générateur de vibrations	Délivrer un niveau et une fréquence de vibrations mécaniques spécifiés au DUT

Figure 5 – Montage d'essai pour les caractéristiques électriques d'un dispositif de récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations

5.2.2 Capacité

La capacité est mesurée entre deux bornes d'un dispositif de récupération d'énergie à une fréquence et une tension spécifiées. L'étalonnage d'un appareil de mesure RLC doit être réalisé, afin d'éliminer les erreurs systématiques de l'appareil de mesure RLC, des câbles et des connecteurs. Quand le dispositif est raccordé à l'appareil de mesure RLC, sa capacité s'affiche. Lors de la mesure de la capacité, la fréquence et la tension spécifiées pour la mesure doivent être enregistrées.

5.2.3 Fréquence de résonance

La fréquence de résonance est une fréquence mesurée normalement exprimée en hertz, du dispositif de récupération d'énergie, pour générer la plus grande puissance de sortie à utiliser dans des applications de systèmes et de sous-systèmes. La Figure 6 est un graphe représentant la caractéristique des fréquences mesurées d'un dispositif de récupération d'énergie. Lors de la mesure de la fréquence de résonance, une accélération et une charge externe spécifiées pour la mesure doivent être enregistrées.