This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 62127-2

Edition 1.2 2017-03
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Ultrasonics – Hydrophones –
Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

Ultrasons – Hydrophones –
Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-4136-3

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

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

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 62127-2

Edition 1.2 2017-03
CONSOLIDATED VERSION

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

Ultrasonics – Hydrophones –
Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

Ultrasons – Hydrophones –
Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

IEC 62127-2:2007-08+AMD1:2013-02+AMD2:2017-03 CSV(en-fr)

This is a preview - click here to buy the full publication

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and symbols 9
4 List of symbols 15
5 Overview of calibration procedures 18
5.1 Principles 18
5.2 Summary of calibration procedures 19
5.3 Reporting of results 20
5.4 Recommended calibration periods 21
6 Generic requirements of a hydrophone calibration system 22
6.1 Mechanical positioning 22
6.1.1 General 22
6.1.2 Accuracy of the axial hydrophone position 22
6.1.3 Accuracy of the lateral hydrophone position 22
6.2 Temperature measurements and temperature stability 22
6.3 Hydrophone size 23
6.4 Measurement vessel and water properties 23
6.5 Measurement of output voltage 24
7 Electrical considerations 24
7.1 Signal type 24
7.2 Earthing 24
7.3 Measurement of hydrophone output voltage 24
7.3.1 General 24
7.3.2 Electrical loading by measuring instrument 25
7.3.3 Electrical loading by extension cables 25
7.3.4 Noise 25
7.3.5 Cross-talk (radio-frequency *rf* pick-up) and acoustic interference 25
7.3.6 Integral hydrophone pre-amplifiers 26
8 Preparation of hydrophones 26
8.1 General 26
8.2 Wetting 26
8.3 Hydrophone support 26
8.4 Influence of cable 26
9 Free field reciprocity calibration 27
9.1 General 27
9.2 Object 27
9.3 General principles 27
9.3.1 General 27
9.3.2 Three-transducer reciprocity calibration method 27
9.3.3 Self-reciprocity calibration method 27
9.3.4 Two-transducer reciprocity calibration method 27
9.4 Two-transducer reciprocity calibration method 28
9.4.1 ~~Apparatus~~ Auxiliary transducers 28

This is a preview - click here to buy the full publication

9.4.2 ~~Procedure~~ Reflector 28
9.4.3 Measurement field 29
9.4.4 Reciprocity approach 29
9.4.5 Measurement procedure 29
10 Free field calibration by planar scanning 29
10.1 General 29
10.2 Object 29
10.3 General principle 30
10.4 Procedural requirements 31
10.4.1 Hydrophone scanning 31
10.5 Procedure 31
10.5.1 Power measurement 31
10.5.2 Transducer mounting 32
10.5.3 Measurement conditions 32
10.5.4 Measurements 32
10.6 Corrections and sources of uncertainty 32
11 Free field calibration by optical interferometry 32
11.1 General 32
11.2 Principle 33
12 Calibration by comparison using a standard hydrophone 33
12.1 General 33
12.2 Object 33
12.3 Principle 33
12.4 Procedural requirements 34
12.4.1 Source transducer 34
12.4.2 Source transducer drive signal 34
12.4.3 Measurement system 34
12.5 Procedure 34
12.5.1 Measurements (Type I): determination of the directional response of a hydrophone 34
12.5.2 Measurements (Type II): calibration by comparison using a standard hydrophone 35
12.6 Maximum hydrophone size 35
Annex A (informative) Assessment of uncertainty in free field calibration of hydrophones 37
Annex B (informative) Behaviour of PVDF polymer sensors in high intensity ultrasonic fields 39
Annex C (informative) Electrical loading corrections 42
Annex D (informative) Absolute calibration of hydrophones using the planar scanning technique 43
Annex E (informative) Properties of water 51
Annex F (informative) The absolute calibration of hydrophones by optical interferometry up to 40 MHz 53
Annex G (informative) Waveform concepts 63
Annex H (informative) Time delay spectrometry – requirements and a brief review of the technique 73
Annex I (informative) Determination of the phase response of hydrophones 76
Annex J (informative) Maximum size considerations for the active element of a hydrophone 82

This is a preview - click here to buy the full publication

Annex K (informative) Two-transducer reciprocity calibration method 84
Bibliography 89

Figure F.1 – Experimental set-up of the interferometric foil technique 56
Figure F.2 – End-of-cable open-circuit sensitivity, M_C, of a coplanar membrane hydrophone 58
Figure F.3 – Hydrophone waveform generated by a 9 μm coplanar membrane hydrophone positioned at the focus of a 5 MHz transducer (focal length 51 mm) 59
Figure F.4 – Interferometer (displacement) waveform generated with the pellicle positioned at the focus of the 5 MHz transducer (focal position 51 mm) 60
Figure F.5 – Frequency spectrum of the displacement waveform (lower curve) and the differentiated displacement waveform (upper curve) 60
Figure F.6 – Sensitivity of a 0,2 mm active element diameter of a 9 μm bilaminar membrane hydrophone determined at 5 MHz intervals over the frequency range 5 MHz to 60 MHz 61
Figure G.1 – Coordinates of a field point, P, in the near field of a plane- circular source transducer of radius, $\boldsymbol{a}_t$ 70
Figure I.1 – Phase of end-of-cable open-circuit sensitivity for two membrane hydrophones 78
Figure I.2 – Phase of end-of-cable open-circuit sensitivity for a ∅0,2 mm needle hydrophone 80
Figure K.1 – Experimental setup with a twisting reflector [83] 87
Figure K.2 – Experimental setup with a translational reflector [84] 88
Figure K.3 – Experimental setup with a translational auxiliary transducer [85] 88

Table 1 – List of typical uncertainty values obtained by the calibration methods specified in this standard and for the frequency range listed here 20
Table E.1 – Speed of sound c [,] and specific acoustic impedance, ρc, as a function of temperature, for propagation in water 51
Table G.1 – Temporal waveform and hydrophone position concepts described in this annex 63
Table I.1 – Example of uncertainties (where a coverage factor, k = 2, is used) for a HTDS phase calibration of a needle hydrophone with a diameter of 0,2 mm, expressed at a confidence level of 95 % 78

This is a preview - click here to buy the full publication

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

IEC 62127-2 edition 1.2 contains the first edition (2007-08) [documents 87/353/CDV and 87/372/RVC] and its corrigendum 1 (2008-08), its amendment 1 (2013-02) [documents 87/519/FDIS and 87/527/RVD] and its amendment 2 (2017-03) [documents 87/612/CDV and 87/639/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This is a preview - click here to buy the full publication

International Standard IEC 62127-2 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

IEC 62127-1, IEC 62127-2 and IEC 62127-3 are being published simultaneously.

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

A list of all parts of IEC 62127 series, published under the general title *Ultrasonics – Hydrophones,* can be found on the IEC website.

NOTE Words in **bold** in the text are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability 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.

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.

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

The spatial and temporal distribution of acoustic pressure in an ultrasonic field in a liquid medium is commonly determined using miniature ultrasonic **hydrophones**. These devices are not absolute measurement instruments and require calibration. The purpose of this part of IEC 62127 is to specify those calibration methods to be used in determining the response of a **hydrophone** in the ultrasonic range, i.e. above 20 kHz up to a frequency of 40 MHz. The main **hydrophone** application in this context lies in the measurement of ultrasonic fields emitted by medical diagnostic equipment in water. **Hydrophone** behaviour over this wide frequency band is required in order to reliably characterize the acoustic parameters of the applied acoustic field. In particular, the frequency range above 15 MHz is important to fully characterize this equipment, primarily due to the increased appearance of high-frequency components in the ultrasonic signals, caused by ~~non-linear~~ nonlinear propagation. In addition, the number of medical ultrasonic systems that use frequencies above 15 MHz, particularly intra-operative probes, is growing. It has turned out in recent years that the **hydrophone** response below 0,5 MHz is also required to reliably determine the peak-negative (rarefactional) acoustic pressure.

While the term "**hydrophone**" can be used in a wider sense, it is understood here as referring to miniature piezoelectric **hydrophones**. It is this instrument type that is used today in various areas of medical ultrasonics and, in particular, to characterize quantitatively the field structure of medical diagnostic instruments. With regard to other pressure sensor types, such as those based on fibre optics, some of the requirements of this standard are applicable to these as well but others are not. If in the future these other "**hydrophone**" types gain more importance in field measurement practice, their characteristics and calibration will have to be dealt with in a revised version of this standard or in a separate one.

NOTE This standard covers the ultrasonic frequency range, from 20 kHz to an upper frequency of 40 MHz. Standards dealing with **hydrophone** properties (IEC 62127-3) and **hydrophone** use (IEC 62127-1) are being developed in parallel as part of a programme of maintenance activities aimed at restructuring and merging, where possible, all existing ultrasonic **hydrophone** standards. This will eventually lead to unified standards covering the whole field of practical **hydrophone** application.

This is a preview - click here to buy the full publication

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

1 Scope

This part of IEC 62127 specifies:

- absolute **hydrophone** calibration methods;
- relative (comparative) **hydrophone** calibration methods.

Recommendations and references to accepted literature are made for the various relative and absolute calibration methods in the frequency range covered by this standard.

This standard is applicable to

- **hydrophones** used for measurements made in water and in the ultrasonic frequency range up to 40 MHz;

  NOTE 1 Although some physiotherapy medical applications of medical ultrasound are developing which operate in the frequency range 40 kHz to 100 kHz, the primary frequency range of diagnostic imaging remains above 2 MHz. It has recently been established that, even in the latter case, the **hydrophone** response at substantially lower frequencies can influence measurements made of key acoustic parameters [1].

- **hydrophones** employing circular piezoelectric sensor elements, designed to measure the pulsed wave and continuous wave ultrasonic fields generated by ultrasonic equipment;

  NOTE 2 Some hydrophones can have non-circular active elements, arising from slight deviations from a circular structure caused, for example by electrode structure, or conversely, the active elements can actually be squares. The clauses within this standard remain valid, although, in these cases, special attention should be paid to the directional response and to the effective radii of the active element through various axes of rotation.

- **hydrophones** with or without a hydrophone pre-amplifier.

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 60050-801~~:1994~~, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 60565, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz*

IEC 61161~~:2006~~, *Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements*

IEC 61689, *Ultrasonics – Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz*

IEC 61828~~:2006~~, *Ultrasonics – Focusing transducers – Definitions and measurement methods for the transmitted fields*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 62127-1:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz*
Amendment 1:2013

IEC 62127-3, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz*

This is a preview - click here to buy the full publication

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 99
INTRODUCTION 101
1 Domaine d'application 102
2 Références normatives 102
3 Termes, définitions et symboles 103
4 Liste des symboles 109
5 Présentation des modes opératoires d'étalonnage 112
5.1 Principes 112
5.2 Récapitulatif des modes opératoires d'étalonnage 113
5.3 Déclaration des résultats 114
5.4 Périodes d'étalonnage recommandées 115
6 Exigences génériques d'un système d'étalonnage d'hydrophone 116
6.1 Positionnement mécanique 116
6.1.1 Généralités 116
6.1.2 Précision de la position axiale de l'hydrophone 116
6.1.3 Précision de la position latérale de l'hydrophone 116
6.2 Mesures et stabilité de la température 117
6.3 Dimension de l'hydrophone 117
6.4 Récipient de mesure et propriétés de l'eau 117
6.5 Mesure de la tension de sortie 118
7 Considérations électriques 118
7.1 Type de signal 118
7.2 Mise à la masse 118
7.3 Mesure de la tension de sortie de l'hydrophone 119
7.3.1 Généralités 119
7.3.2 Charge électrique avec appareil de mesure 119
7.3.3 Charge électrique par rallonges de câble 119
7.3.4 Bruit 119
7.3.5 Diaphonie (capteur de radiofréquence) et interférence acoustique 120
7.3.6 Préamplificateurs d'hydrophone intégrés 120
8 Préparation des hydrophones 120
8.1 Généralités 120
8.2 Humidification 120
8.3 Support de l'hydrophone 120
8.4 Influence du câble 121
9 Etalonnage réciproque en champ libre 121
9.1 Généralités 121
9.2 Objet 121
9.3 Principes généraux 121
9.3.1 Généralités 121
9.3.2 Méthode d'étalonnage réciproque à trois transducteurs 121
9.3.3 Méthode d'étalonnage par auto-réciprocité 122
9.3.4 Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 122
9.4 Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 122
9.4.1 ~~Appareils~~ Transducteurs auxiliaires 122

This is a preview - click here to buy the full publication

9.4.2 ~~Mode opératoire~~ Réflecteur ... 123
9.4.3 Champ de mesure ... 123
9.4.4 Approche réciproque ... 123
9.4.5 Procédure de mesure ... 124
10 Etalonnage en champ libre par exploration planaire ... 124
10.1 Généralités ... 124
10.2 Objet ... 124
10.3 Principe général ... 124
10.4 Exigences liées au mode opératoire ... 126
10.4.1 Balayage de l'hydrophone ... 126
10.5 Mode opératoire ... 126
10.5.1 Mesure de la puissance ... 126
10.5.2 Montage du transducteur ... 126
10.5.3 Conditions de mesure ... 126
10.5.4 Mesures ... 127
10.6 Corrections et sources d'incertitude ... 127
11 Etalonnage en champ libre par interférométrie optique ... 127
11.1 Généralités ... 127
11.2 Principe ... 127
12 Etalonnage par comparaison à l'aide d'un hydrophone normalisé ... 127
12.1 Généralités ... 127
12.2 Objet ... 128
12.3 Principe ... 128
12.4 Exigences liées au mode opératoire ... 128
12.4.1 Transducteur source ... 128
12.4.2 Signal d'attaque du transducteur source ... 129
12.4.3 Système de mesure ... 129
12.5 Mode opératoire ... 129
12.5.1 Mesures (Type I): détermination de la réponse directionnelle d'un hydrophone ... 129
12.5.2 Mesures (Type II): étalonnage par comparaison à l'aide d'un hydrophone normalisé ... 130
12.6 Dimension maximale de l'hydrophone ... 130
Annexe A (informative) Evaluation de l'incertitude dans l'étalonnage en champ libre des hydrophones ... 131
Annexe B (informative) Comportement des capteurs polymères PVDF dans les champs ultrasoniques à haute intensité ... 134
Annexe C (informative) Corrections de charge électrique ... 138
Annexe D (informative) Etalonnage absolu des hydrophones à l'aide de la technique d'exploration planaire ... 139
Annexe E (informative) Propriétés de l'eau ... 148
Annexe F (informative) Etalonnage absolu des hydrophones par interférométrie optique jusqu'à 40 MHz ... 150
Annexe G (informative) Concepts de forme d'onde ... 161
Annexe H (informative) Spectrométrie de temporisation – Exigences et brève présentation de la technique ... 171
Annexe I (informative) Détermination de la réponse en phase des hydrophones ... 174
Annexe J (informative) Considérations liées à la taille maximale de l'élément actif d'un hydrophone ... 180

This is a preview - click here to buy the full publication

Annexe K (informative) Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 183
Bibliographie 188

Figure F.1 – Configuration expérimentale de la technique de la feuille interférométrique 153
Figure F.2 – Sensibilité en circuit ouvert en bout de câble, M_C, d'un hydrophone à membrane coplanaire 155
Figure F.3 – Forme d'onde d'hydrophone générée par un hydrophone à membrane coplanaire de 9 µm placé au foyer d'un transducteur de 5 MHz (longueur focale de 51 mm) 156
Figure F.4 – Forme d'onde (déplacement) de l'interféromètre générée avec la pellicule placée au foyer du transducteur de 5 MHz (position focale de 51 mm) 157
Figure F.5 – Spectre de fréquences de la forme d'onde de déplacement (courbe inférieure) et forme d'onde de déplacement différenciée (courbe supérieure) 157
Figure F.6 – Sensibilité du diamètre d'un élément actif de 0,2 mm d'un hydrophone à membrane à deux feuilles de 9 µm déterminée à intervalles de 5 MHz dans la plage de fréquences comprise entre 5 MHz et 60 MHz 158
Figure G.1 – Coordonnées d'un point du champ, P, dans le champ proche d'un transducteur source circulaire plan de rayon $\boldsymbol{a}_t$ 168
Figure I.1 – Phase de la sensibilité en circuit ouvert en bout de câble de deux hydrophones à membrane 176
Figure I.2 – Phase de la sensibilité en circuit ouvert en bout de câble d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm de diamètre 178
Figure K.1 – Montage expérimental avec un réflecteur pivotant [83] 186
Figure K.2 – Montage expérimental avec réflecteur translationnel [84] 187
Figure K.3 – Montage expérimental avec transducteur auxiliaire translationnel [85] 187

Tableau 1 – Liste des valeurs d'incertitude typiques obtenues par les méthodes d'étalonnage spécifiées dans la présente norme et pour la plage de fréquences indiquée ici 114
Tableau E.1 – Vitesse du son c [36], [37] et impédance acoustique spécifique, ρc, en fonction de la température, pour la propagation dans l'eau 148
Tableau G.1 – Concepts de forme d'onde temporelle et de position de l'hydrophone décrits dans la présente annexe 161
Tableau I.1 – Exemple d'incertitudes (où un facteur de couverture k = 2 est utilisé) dans le cas de l'étalonnage de phase HTDS d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm de diamètre, exprimé à un niveau de confiance de 95 % 176

This is a preview - click here to buy the full publication

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62127-2 édition 1.2 contient la première édition (2007-08) [documents 87/353/CDV et 87/372/RVC] et son corrigendum 1 (2008-08), son amendement 1 (2013-02) [documents 87/519/FDIS et 87/527/RVD] et son amendement 2 (2017-03) [documents 87/612/CDV et 87/639/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

This is a preview - click here to buy the full publication

La Norme internationale IEC 62127-2 a été établie par le comité d'études 87 de l'IEC: Ultrasons.

L'IEC 62127-1, l'IEC 62127-2 et l'IEC 62127-3 ont été publiées conjointement. La version française n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62127, publiées sous le titre général *Ultrasons – Hydrophones,* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

NOTE Les mots en **gras** dans le texte sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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.

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

La répartition spatiale et temporelle de la pression acoustique d'un champ à ultrasons en milieu liquide est généralement déterminée à l'aide d'**hydrophones** à ultrasons miniatures. Ces dispositifs ne sont pas des appareils de mesure à proprement parler et nécessitent un étalonnage. La présente partie de l'IEC 62127 a pour objet de spécifier les méthodes d'étalonnage à utiliser pour déterminer la réponse d'un **hydrophone** dans la gamme ultrasonore, c'est-à-dire au-dessus de 20 kHz et jusqu'à une fréquence de 40 MHz. Dans ce cadre, la principale application de l'**hydrophone** consiste à mesurer les champs ultrasoniques émis par des appareils de diagnostic médical dans l'eau. Le comportement de l'**hydrophone** dans cette large bande de fréquences est nécessaire pour caractériser de manière fiable les paramètres acoustiques du champ acoustique appliqué. En particulier, la plage de fréquences au-dessus de 15 MHz est importante pour caractériser cet appareil de manière exhaustive, principalement en raison de la présence accrue de composants à haute fréquence dans les signaux ultrasonores provoqués suite à une propagation non linéaire. En outre, les systèmes médicaux à ultrasons utilisant des fréquences supérieures à 15 MHz sont de plus en plus nombreux, notamment les sondes péri-opératoire. Ces dernières années, il est apparu que les réponses d'un **hydrophone** inférieures à 0,5 MHz sont également nécessaires pour déterminer avec fiabilité la pression acoustique négative (de raréfaction) de crête.

Si le terme "**hydrophone**" peut être utilisé dans un sens plus large, il fait référence ici aux **hydrophones** piézoélectriques miniatures. Il s'agit d'un type d'appareil utilisé aujourd'hui dans différents domaines des ultrasons médicaux et, en particulier, pour caractériser de manière quantitative la structure du champ des appareils de diagnostic médicaux. Concernant d'autres types de capteur de pression (ceux reposant sur les fibres optiques, par exemple), certaines exigences de la présente norme leur sont également applicables, mais d'autres pas. Si, à l'avenir, ces autres types d'"**hydrophone**" prennent de l'importance dans la pratique de mesure de champ, leurs caractéristiques et leur étalonnage devront faire l'objet d'une version révisée de la présente norme ou d'une norme distincte.

NOTE La présente norme porte sur la plage de fréquences ultrasonores comprise entre 20 kHz et une fréquence supérieure de 40 MHz. Les normes traitant des propriétés de l'**hydrophone** (IEC 62127-3) et de l'utilisation de l'**hydrophone** (IEC 62127-1) sont développées en parallèle dans le cadre d'un programme d'activités de maintenance visant à restructurer et fusionner, dans la mesure du possible, toutes les normes existantes relatives aux **hydrophones** à ultrasons. Cela sera éventuellement à l'origine de normes unifiées couvrant l'ensemble du domaine d'application pratique de l'**hydrophone**.

This is a preview - click here to buy the full publication

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62127 spécifie:

- les méthodes d'étalonnage absolues de l'**hydrophone;**
- les méthodes d'étalonnage (comparatives) relatives de l'**hydrophone**.

Des recommandations et références à des documents validés sont faites pour les méthodes d'étalonnage relatives et absolues dans la plage de fréquences couverte par la présente norme.

Cette norme s'applique aux

- **hydrophones** utilisés pour procéder à des mesures dans l'eau dans la plage de fréquences ultrasonores pouvant atteindre 40 MHz;

  NOTE 1 Bien que certaines applications des ultrasons appliquées en physiothérapie fonctionnant dans la plage de fréquences comprise entre 40 kHz et 100 kHz soient en cours de développement, la plage de fréquences principale des appareils d'imagerie de diagnostic reste supérieure à 2 MHz. Il a récemment été établi que, même dans ce dernier cas, la réponse de l'**hydrophone** à des fréquences sensiblement inférieures peut influencer les mesures réalisées des paramètres acoustiques fondamentaux [1].

- **hydrophones** utilisant des capteurs piézoélectriques circulaires, conçus pour mesurer les champs ultrasoniques à ondes pulsées et entretenues générés par les appareils à ultrasons;

  NOTE 2 Certains hydrophones peuvent comporter des éléments actifs non circulaires, suite à des écarts sensibles de la structure circulaire provoqués, par exemple, par une structure à électrode. A l'inverse, les éléments actifs peuvent réellement être carrés. Les articles de la présente norme restent valables même si, dans certains cas, il convient d'accorder une attention particulière à la réponse directionnelle et aux rayons efficaces de l'élément actif passant par différents axes de rotation.

- **hydrophones** avec ou sans préamplificateur d'hydrophone.

2 Références normatives

Les documents référencés ci-dessous sont indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition mentionnée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence (y compris ses amendements) s'applique.

IEC 60050-801~~:1994~~, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 801: Acoustique et électroacoustique*

IEC 60565, *Acoustique sous-marine – Hydrophones – Etalonnage dans la bande de fréquences de 0,01 Hz à 1 MHz*

IEC 61161~~:2006~~, *Ultrasons – Mesurage de puissance – Balances de forces de rayonnement et exigences de fonctionnement*

IEC 61689, *Ultrasons – Systèmes de physiothérapie – Spécifications des champs et méthodes de mesure dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 5 MHz*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 61828~~:2006~~, *Ultrasons – Transducteurs focalisants – Définitions et méthodes de mesurage pour les champs transmis*

IEC 62127-1:2007, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 1: Mesurage et caractérisation des champs ultrasoniques médicaux jusqu'à 40 MHz*
Amendement 1:2013

IEC 62127-3, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 62127-2

Edition 1.2 2017-03
CONSOLIDATED VERSION

FINAL VERSION

VERSION FINALE

Ultrasonics – Hydrophones –
Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

Ultrasons – Hydrophones –
Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

IEC 62127-2:2007-08+AMD1:2013-02+AMD2:2017-03 CSV(en-fr)

This is a preview - click here to buy the full publication

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and symbols 9
4 List of symbols 15
5 Overview of calibration procedures 17
5.1 Principles 17
5.2 Summary of calibration procedures 18
5.3 Reporting of results 20
5.4 Recommended calibration periods 21
6 Generic requirements of a hydrophone calibration system 22
6.1 Mechanical positioning 22
6.1.1 General 22
6.1.2 Accuracy of the axial hydrophone position 22
6.1.3 Accuracy of the lateral hydrophone position 22
6.2 Temperature measurements and temperature stability 22
6.3 Hydrophone size 23
6.4 Measurement vessel and water properties 23
6.5 Measurement of output voltage 24
7 Electrical considerations 24
7.1 Signal type 24
7.2 Earthing 24
7.3 Measurement of hydrophone output voltage 24
7.3.1 General 24
7.3.2 Electrical loading by measuring instrument 25
7.3.3 Electrical loading by extension cables 25
7.3.4 Noise 25
7.3.5 Cross-talk (radio-frequency *rf* pick-up) and acoustic interference 25
7.3.6 Integral hydrophone pre-amplifiers 26
8 Preparation of hydrophones 26
8.1 General 26
8.2 Wetting 26
8.3 Hydrophone support 26
8.4 Influence of cable 26
9 Free field reciprocity calibration 26
9.1 General 26
9.2 Object 27
9.3 General principles 27
9.3.1 General 27
9.3.2 Three-transducer reciprocity calibration method 27
9.3.3 Self-reciprocity calibration method 27
9.3.4 Two-transducer reciprocity calibration method 27
9.4 Two-transducer reciprocity calibration method 27
9.4.1 Auxiliary transducers 28

This is a preview - click here to buy the full publication

9.4.2 Reflector ... 28
9.4.3 Measurement field ... 28
9.4.4 Reciprocity approach ... 29
9.4.5 Measurement procedure ... 29
10 Free field calibration by planar scanning ... 29
10.1 General ... 29
10.2 Object ... 29
10.3 General principle ... 29
10.4 Procedural requirements ... 31
10.4.1 Hydrophone scanning ... 31
10.5 Procedure ... 31
10.5.1 Power measurement ... 31
10.5.2 Transducer mounting ... 31
10.5.3 Measurement conditions ... 31
10.5.4 Measurements ... 32
10.6 Corrections and sources of uncertainty ... 32
11 Free field calibration by optical interferometry ... 32
11.1 General ... 32
11.2 Principle ... 32
12 Calibration by comparison using a standard hydrophone ... 32
12.1 General ... 32
12.2 Object ... 32
12.3 Principle ... 33
12.4 Procedural requirements ... 33
12.4.1 Source transducer ... 33
12.4.2 Source transducer drive signal ... 33
12.4.3 Measurement system ... 34
12.5 Procedure ... 34
12.5.1 Measurements (Type I): determination of the directional response of a hydrophone ... 34
12.5.2 Measurements (Type II): calibration by comparison using a standard hydrophone ... 35
12.6 Maximum hydrophone size ... 35
Annex A (informative) Assessment of uncertainty in free field calibration of hydrophones ... 36
Annex B (informative) Behaviour of PVDF polymer sensors in high intensity ultrasonic fields ... 38
Annex C (informative) Electrical loading corrections ... 41
Annex D (informative) Absolute calibration of hydrophones using the planar scanning technique ... 42
Annex E (informative) Properties of water ... 50
Annex F (informative) The absolute calibration of hydrophones by optical interferometry up to 40 MHz ... 52
Annex G (informative) Waveform concepts ... 62
Annex H (informative) Time delay spectrometry – requirements and a brief review of the technique ... 72
Annex I (informative) Determination of the phase response of hydrophones ... 75
Annex J (informative) Maximum size considerations for the active element of a hydrophone ... 81

This is a preview - click here to buy the full publication

Annex K (informative) Two-transducer reciprocity calibration method 83

Bibliography 88

Figure F.1 – Experimental set-up of the interferometric foil technique 55

Figure F.2 – End-of-cable open-circuit sensitivity, M_C, of a coplanar membrane hydrophone 57

Figure F.3 – Hydrophone waveform generated by a 9 μm coplanar membrane hydrophone positioned at the focus of a 5 MHz transducer (focal length 51 mm) 58

Figure F.4 – Interferometer (displacement) waveform generated with the pellicle positioned at the focus of the 5 MHz transducer (focal position 51 mm) 59

Figure F.5 – Frequency spectrum of the displacement waveform (lower curve) and the differentiated displacement waveform (upper curve) 59

Figure F.6 – Sensitivity of a 0,2 mm active element diameter of a 9 μm bilaminar membrane hydrophone determined at 5 MHz intervals over the frequency range 5 MHz to 60 MHz 60

Figure G.1 – Coordinates of a field point, P, in the near field of a plane- circular source transducer of radius, $\boldsymbol{a}_t$ 69

Figure I.1 – Phase of end-of-cable open-circuit sensitivity for two membrane hydrophones 77

Figure I.2 – Phase of end-of-cable open-circuit sensitivity for a ∅0,2 mm needle hydrophone 79

Figure K.1 – Experimental setup with a twisting reflector [83] 86

Figure K.2 – Experimental setup with a translational reflector [84] 87

Figure K.3 – Experimental setup with a translational auxiliary transducer [85] 87

Table 1 – List of typical uncertainty values obtained by the calibration methods specified in this standard and for the frequency range listed here 20

Table E.1 – Speed of sound c [,] and specific acoustic impedance, ρc, as a function of temperature, for propagation in water 50

Table G.1 – Temporal waveform and hydrophone position concepts described in this annex 62

Table I.1 – Example of uncertainties (where a coverage factor, k = 2, is used) for a HTDS phase calibration of a needle hydrophone with a diameter of 0,2 mm, expressed at a confidence level of 95 % 77

This is a preview - click here to buy the full publication

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

IEC 62127-2 edition 1.2 contains the first edition (2007-08) [documents 87/353/CDV and 87/372/ RVC] and its corrigendum 1 (2008-08), its amendment 1 (2013-02) [documents 87/519/FDIS and 87/527/RVD] and its amendment 2 (2017-03) [documents 87/612/CDV and 87/639/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This is a preview - click here to buy the full publication

International Standard IEC 62127-2 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

IEC 62127-1, IEC 62127-2 and IEC 62127-3 are being published simultaneously.

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

A list of all parts of IEC 62127 series, published under the general title *Ultrasonics – Hydrophones,* can be found on the IEC website.

NOTE Words in **bold** in the text are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability 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.

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

The spatial and temporal distribution of acoustic pressure in an ultrasonic field in a liquid medium is commonly determined using miniature ultrasonic **hydrophones**. These devices are not absolute measurement instruments and require calibration. The purpose of this part of IEC 62127 is to specify those calibration methods to be used in determining the response of a **hydrophone** in the ultrasonic range, i.e. above 20 kHz up to a frequency of 40 MHz. The main **hydrophone** application in this context lies in the measurement of ultrasonic fields emitted by medical diagnostic equipment in water. **Hydrophone** behaviour over this wide frequency band is required in order to reliably characterize the acoustic parameters of the applied acoustic field. In particular, the frequency range above 15 MHz is important to fully characterize this equipment, primarily due to the increased appearance of high-frequency components in the ultrasonic signals, caused by nonlinear propagation. In addition, the number of medical ultrasonic systems that use frequencies above 15 MHz, particularly intra-operative probes, is growing. It has turned out in recent years that the **hydrophone** response below 0,5 MHz is also required to reliably determine the peak-negative (rarefactional) acoustic pressure.

While the term "**hydrophone**" can be used in a wider sense, it is understood here as referring to miniature piezoelectric **hydrophones**. It is this instrument type that is used today in various areas of medical ultrasonics and, in particular, to characterize quantitatively the field structure of medical diagnostic instruments. With regard to other pressure sensor types, such as those based on fibre optics, some of the requirements of this standard are applicable to these as well but others are not. If in the future these other "**hydrophone**" types gain more importance in field measurement practice, their characteristics and calibration will have to be dealt with in a revised version of this standard or in a separate one.

NOTE This standard covers the ultrasonic frequency range, from 20 kHz to an upper frequency of 40 MHz. Standards dealing with **hydrophone** properties (IEC 62127-3) and **hydrophone** use (IEC 62127-1) are being developed in parallel as part of a programme of maintenance activities aimed at restructuring and merging, where possible, all existing ultrasonic **hydrophone** standards. This will eventually lead to unified standards covering the whole field of practical **hydrophone** application.

This is a preview - click here to buy the full publication

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz

1 Scope

This part of IEC 62127 specifies:

- absolute **hydrophone** calibration methods;
- relative (comparative) **hydrophone** calibration methods.

Recommendations and references to accepted literature are made for the various relative and absolute calibration methods in the frequency range covered by this standard.

This standard is applicable to

- **hydrophones** used for measurements made in water and in the ultrasonic frequency range up to 40 MHz;

  NOTE 1 Although some physiotherapy medical applications of medical ultrasound are developing which operate in the frequency range 40 kHz to 100 kHz, the primary frequency range of diagnostic imaging remains above 2 MHz. It has recently been established that, even in the latter case, the **hydrophone** response at substantially lower frequencies can influence measurements made of key acoustic parameters [1].

- **hydrophones** employing circular piezoelectric sensor elements, designed to measure the pulsed wave and continuous wave ultrasonic fields generated by ultrasonic equipment;

  NOTE 2 Some hydrophones can have non-circular active elements, arising from slight deviations from a circular structure caused, for example by electrode structure, or conversely, the active elements can actually be squares. The clauses within this standard remain valid, although, in these cases, special attention should be paid to the directional response and to the effective radii of the active element through various axes of rotation.

- **hydrophones** with or without a hydrophone pre-amplifier.

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 60050-801, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 60565, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz*

IEC 61161, *Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements*

IEC 61689, *Ultrasonics – Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz*

IEC 61828, *Ultrasonics – Focusing transducers – Definitions and measurement methods for the transmitted fields*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 62127-1:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz*
Amendment 1:2013

IEC 62127-3, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz*

This is a preview - click here to buy the full publication

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 99
INTRODUCTION 101
1 Domaine d'application 102
2 Références normatives 102
3 Termes, définitions et symboles 103
4 Liste des symboles 109
5 Présentation des modes opératoires d'étalonnage 112
5.1 Principes 112
5.2 Récapitulatif des modes opératoires d'étalonnage 113
5.3 Déclaration des résultats 114
5.4 Périodes d'étalonnage recommandées 115
6 Exigences génériques d'un système d'étalonnage d'hydrophone 116
6.1 Positionnement mécanique 116
6.1.1 Généralités 116
6.1.2 Précision de la position axiale de l'hydrophone 116
6.1.3 Précision de la position latérale de l'hydrophone 116
6.2 Mesures et stabilité de la température 117
6.3 Dimension de l'hydrophone 117
6.4 Récipient de mesure et propriétés de l'eau 117
6.5 Mesure de la tension de sortie 118
7 Considérations électriques 118
7.1 Type de signal 118
7.2 Mise à la masse 118
7.3 Mesure de la tension de sortie de l'hydrophone 119
7.3.1 Généralités 119
7.3.2 Charge électrique avec appareil de mesure 119
7.3.3 Charge électrique par rallonges de câble 119
7.3.4 Bruit 119
7.3.5 Diaphonie (capteur de radiofréquence) et interférence acoustique 120
7.3.6 Préamplificateurs d'hydrophone intégrés 120
8 Préparation des hydrophones 120
8.1 Généralités 120
8.2 Humidification 120
8.3 Support de l'hydrophone 120
8.4 Influence du câble 121
9 Etalonnage réciproque en champ libre 121
9.1 Généralités 121
9.2 Objet 121
9.3 Principes généraux 121
9.3.1 Généralités 121
9.3.2 Méthode d'étalonnage réciproque à trois transducteurs 121
9.3.3 Méthode d'étalonnage par auto-réciprocité 122
9.3.4 Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 122
9.4 Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 122
9.4.1 Transducteurs auxiliaires 122

This is a preview - click here to buy the full publication

9.4.2 Réflecteur ... 122
9.4.3 Champ de mesure ... 123
9.4.4 Approche réciproque ... 123
9.4.5 Procédure de mesure ... 123
10 Etalonnage en champ libre par exploration planaire ... 123
10.1 Généralités ... 123
10.2 Objet ... 123
10.3 Principe général ... 124
10.4 Exigences liées au mode opératoire ... 125
10.4.1 Balayage de l'hydrophone ... 125
10.5 Mode opératoire ... 126
10.5.1 Mesure de la puissance ... 126
10.5.2 Montage du transducteur ... 126
10.5.3 Conditions de mesure ... 126
10.5.4 Mesures ... 126
10.6 Corrections et sources d'incertitude ... 127
11 Etalonnage en champ libre par interférométrie optique ... 127
11.1 Généralités ... 127
11.2 Principe ... 127
12 Etalonnage par comparaison à l'aide d'un hydrophone normalisé ... 127
12.1 Généralités ... 127
12.2 Objet ... 127
12.3 Principe ... 127
12.4 Exigences liées au mode opératoire ... 128
12.4.1 Transducteur source ... 128
12.4.2 Signal d'attaque du transducteur source ... 128
12.4.3 Système de mesure ... 128
12.5 Mode opératoire ... 128
12.5.1 Mesures (Type I): détermination de la réponse directionnelle d'un hydrophone ... 128
12.5.2 Mesures (Type II): étalonnage par comparaison à l'aide d'un hydrophone normalisé ... 129
12.6 Dimension maximale de l'hydrophone ... 130
Annexe A (informative) Evaluation de l'incertitude dans l'étalonnage en champ libre des hydrophones ... 131
Annexe B (informative) Comportement des capteurs polymères PVDF dans les champs ultrasoniques à haute intensité ... 134
Annexe C (informative) Corrections de charge électrique ... 138
Annexe D (informative) Etalonnage absolu des hydrophones à l'aide de la technique d'exploration planaire ... 139
Annexe E (informative) Propriétés de l'eau ... 148
Annexe F (informative) Etalonnage absolu des hydrophones par interférométrie optique jusqu'à 40 MHz ... 150
Annexe G (informative) Concepts de forme d'onde ... 161
Annexe H (informative) Spectrométrie de temporisation – Exigences et brève présentation de la technique ... 171
Annexe I (informative) Détermination de la réponse en phase des hydrophones ... 174
Annexe J (informative) Considérations liées à la taille maximale de l'élément actif d'un hydrophone ... 180

This is a preview - click here to buy the full publication

Annexe K (informative) Méthode d'étalonnage réciproque à deux transducteurs 183

Bibliographie 188

Figure F.1 – Configuration expérimentale de la technique de la feuille interférométrique 153

Figure F.2 – Sensibilité en circuit ouvert en bout de câble, M_C, d'un hydrophone à membrane coplanaire 155

Figure F.3 – Forme d'onde d'hydrophone générée par un hydrophone à membrane coplanaire de 9 μm placé au foyer d'un transducteur de 5 MHz (longueur focale de 51 mm) 156

Figure F.4 – Forme d'onde (déplacement) de l'interféromètre générée avec la pellicule placée au foyer du transducteur de 5 MHz (position focale de 51 mm) 157

Figure F.5 – Spectre de fréquences de la forme d'onde de déplacement (courbe inférieure) et forme d'onde de déplacement différenciée (courbe supérieure) 157

Figure F.6 – Sensibilité du diamètre d'un élément actif de 0,2 mm d'un hydrophone à membrane à deux feuilles de 9 μm déterminée à intervalles de 5 MHz dans la plage de fréquences comprise entre 5 MHz et 60 MHz 158

Figure G.1 – Coordonnées d'un point du champ, P, dans le champ proche d'un transducteur source circulaire plan de rayon $\boldsymbol{a}_t$ 168

Figure I.1 – Phase de la sensibilité en circuit ouvert en bout de câble de deux hydrophones à membrane 176

Figure I.2 – Phase de la sensibilité en circuit ouvert en bout de câble d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm de diamètre 178

Figure K.1 – Montage expérimental avec un réflecteur pivotant [83] 186

Figure K.2 – Montage expérimental avec réflecteur translationnel [84] 187

Figure K.3 – Montage expérimental avec transducteur auxiliaire translationnel [85] 187

Tableau 1 – Liste des valeurs d'incertitude typiques obtenues par les méthodes d'étalonnage spécifiées dans la présente norme et pour la plage de fréquences indiquée ici 114

Tableau E.1 – Vitesse du son c [36], [37] et impédance acoustique spécifique, ρc, en fonction de la température, pour la propagation dans l'eau 148

Tableau G.1 – Concepts de forme d'onde temporelle et de position de l'hydrophone décrits dans la présente annexe 161

Tableau I.1 – Exemple d'incertitudes (où un facteur de couverture k = 2 est utilisé) dans le cas de l'étalonnage de phase HTDS d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm de diamètre, exprimé à un niveau de confiance de 95 % 176

This is a preview - click here to buy the full publication

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62127-2 édition 1.2 contient la première édition (2007-08) [documents 87/353/CDV et 87/372/RVC] et son corrigendum 1 (2008-08), son amendement 1 (2013-02) [documents 87/519/FDIS et 87/527/RVD] et son amendement 2 (2017-03) [documents 87/612/CDV et 87/639/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

This is a preview - click here to buy the full publication

La Norme internationale IEC 62127-2 a été établie par le comité d'études 87 de l'IEC: Ultrasons.

L'IEC 62127-1, l'IEC 62127-2 et l'IEC 62127-3 ont été publiées conjointement. La version française n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62127, publiées sous le titre général *Ultrasons – Hydrophones,* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

NOTE Les mots en **gras** dans le texte sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

La répartition spatiale et temporelle de la pression acoustique d'un champ à ultrasons en milieu liquide est généralement déterminée à l'aide d'**hydrophones** à ultrasons miniatures. Ces dispositifs ne sont pas des appareils de mesure à proprement parler et nécessitent un étalonnage. La présente partie de l'IEC 62127 a pour objet de spécifier les méthodes d'étalonnage à utiliser pour déterminer la réponse d'un **hydrophone** dans la gamme ultrasonore, c'est-à-dire au-dessus de 20 kHz et jusqu'à une fréquence de 40 MHz. Dans ce cadre, la principale application de l'**hydrophone** consiste à mesurer les champs ultrasoniques émis par des appareils de diagnostic médical dans l'eau. Le comportement de l'**hydrophone** dans cette large bande de fréquences est nécessaire pour caractériser de manière fiable les paramètres acoustiques du champ acoustique appliqué. En particulier, la plage de fréquences au-dessus de 15 MHz est importante pour caractériser cet appareil de manière exhaustive, principalement en raison de la présence accrue de composants à haute fréquence dans les signaux ultrasonores provoqués suite à une propagation non linéaire. En outre, les systèmes médicaux à ultrasons utilisant des fréquences supérieures à 15 MHz sont de plus en plus nombreux, notamment les sondes péri-opératoire. Ces dernières années, il est apparu que les réponses d'un **hydrophone** inférieures à 0,5 MHz sont également nécessaires pour déterminer avec fiabilité la pression acoustique négative (de raréfaction) de crête.

Si le terme "**hydrophone**" peut être utilisé dans un sens plus large, il fait référence ici aux **hydrophones** piézoélectriques miniatures. Il s'agit d'un type d'appareil utilisé aujourd'hui dans différents domaines des ultrasons médicaux et, en particulier, pour caractériser de manière quantitative la structure du champ des appareils de diagnostic médicaux. Concernant d'autres types de capteur de pression (ceux reposant sur les fibres optiques, par exemple), certaines exigences de la présente norme leur sont également applicables, mais d'autres pas. Si, à l'avenir, ces autres types d'"**hydrophone**" prennent de l'importance dans la pratique de mesure de champ, leurs caractéristiques et leur étalonnage devront faire l'objet d'une version révisée de la présente norme ou d'une norme distincte.

NOTE La présente norme porte sur la plage de fréquences ultrasonores comprise entre 20 kHz et une fréquence supérieure de 40 MHz. Les normes traitant des propriétés de l'**hydrophone** (IEC 62127-3) et de l'utilisation de l'**hydrophone** (IEC 62127-1) sont développées en parallèle dans le cadre d'un programme d'activités de maintenance visant à restructurer et fusionner, dans la mesure du possible, toutes les normes existantes relatives aux **hydrophones** à ultrasons. Cela sera éventuellement à l'origine de normes unifiées couvrant l'ensemble du domaine d'application pratique de l'**hydrophone**.

This is a preview - click here to buy the full publication

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 2: Etalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62127 spécifie:

- les méthodes d'étalonnage absolues de l'**hydrophone;**
- les méthodes d'étalonnage (comparatives) relatives de l'**hydrophone**.

Des recommandations et références à des documents validés sont faites pour les méthodes d'étalonnage relatives et absolues dans la plage de fréquences couverte par la présente norme.

Cette norme s'applique aux

- **hydrophones** utilisés pour procéder à des mesures dans l'eau dans la plage de fréquences ultrasonores pouvant atteindre 40 MHz;

  NOTE 1 Bien que certaines applications des ultrasons appliquées en physiothérapie fonctionnant dans la plage de fréquences comprise entre 40 kHz et 100 kHz soient en cours de développement, la plage de fréquences principale des appareils d'imagerie de diagnostic reste supérieure à 2 MHz. Il a récemment été établi que, même dans ce dernier cas, la réponse de l'**hydrophone** à des fréquences sensiblement inférieures peut influencer les mesures réalisées des paramètres acoustiques fondamentaux [1].

- **hydrophones** utilisant des capteurs piézoélectriques circulaires, conçus pour mesurer les champs ultrasoniques à ondes pulsées et entretenues générés par les appareils à ultrasons;

  NOTE 2 Certains hydrophones peuvent comporter des éléments actifs non circulaires, suite à des écarts sensibles de la structure circulaire provoqués, par exemple, par une structure à électrode. A l'inverse, les éléments actifs peuvent réellement être carrés. Les articles de la présente norme restent valables même si, dans certains cas, il convient d'accorder une attention particulière à la réponse directionnelle et aux rayons efficaces de l'élément actif passant par différents axes de rotation.

- **hydrophones** avec ou sans préamplificateur d'hydrophone.

2 Références normatives

Les documents référencés ci-dessous sont indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition mentionnée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence (y compris ses amendements) s'applique.

IEC 60050-801, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 801: Acoustique et électroacoustique*

IEC 60565, *Acoustique sous-marine – Hydrophones – Etalonnage dans la bande de fréquences de 0,01 Hz à 1 MHz*

IEC 61161, *Ultrasons – Mesurage de puissance – Balances de forces de rayonnement et exigences de fonctionnement*

IEC 61689, *Ultrasons – Systèmes de physiothérapie – Spécifications des champs et méthodes de mesure dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 5 MHz*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 61828, *Ultrasons – Transducteurs focalisants – Définitions et méthodes de mesurage pour les champs transmis*

IEC 62127-1:2007, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 1: Mesurage et caractérisation des champs ultrasoniques médicaux jusqu'à 40 MHz*
Amendement 1:2013

IEC 62127-3, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz*