

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC
60782

Première édition
First edition
1984-01

**Mesures des transducteurs magnétostrictifs
ultrasoniques**

**Measurements of ultrasonic magnetostrictive
transducers**

© IEC 1984 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Liste des symboles	8
 SECTION UN — INTRODUCTION 	
Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Classification des transducteurs	10
4. Liste des caractéristiques fondamentales	10
5. Définitions et symboles des caractéristiques	14
5.1 Puissance électrique d'entrée P_e	14
5.2 Rendement électroacoustique du transducteur η_{ea}	14
5.3 Amplitude de déplacement vibratoire ξ	16
5.4 Fréquence de résonance f_{res}	16
5.5 Largeur de bande Δf	16
5.6 Impédance électrique du transducteur Z	18
5.7 Impédance électrique bloquée (amortie) du transducteur Z_d	18
 SECTION DEUX — CONDITIONS DE MESURE 	
6. Généralités	18
7. Paramètres opératoires	20
8. Charge acoustique liquide	20
9. Préparation des mesures des transducteurs de catégorie P	20
9.1 Préparation du transducteur	20
9.2 Préparation de l'eau	20
10. Prescriptions générales relatives à l'appareillage	20
 SECTION TROIS — PROCESSUS DE MESURE 	
11. Puissance électrique d'entrée	22
11.1 Méthode du wattmètre	22
11.2 Méthode d'impédance	22
11.3 Méthode des trois voltmètres	22
12. Rendement électroacoustique	24
12.1 Méthode du wattmètre calorimétrique	24
12.2 Méthode du flux de puissance	26
12.3 Méthode du wattmètre	28
12.4 Méthode du diagramme d'impédance	28
13. Amplitude de déplacement vibratoire	30
13.1 Méthode du microscope optique	30
13.2 Méthodes des capteurs de vibrations	30
14. Fréquence de résonance du transducteur	32
14.1 Méthode de la puissance maximale	32
14.2 Méthode de l'amplitude maximale	32
14.3 Méthode de l'impédance caractéristique	32
15. Largeur de bande et facteur de qualité mécanique	34
15.1 Méthode de la caractérisation en fréquence de la puissance d'entrée	34
15.2 Méthode de la caractérisation en fréquence de l'amplitude	34
16. Impédance électrique du transducteur à la résonance	36
16.1 Méthode du voltmètre et du wattmètre	36
16.2 Méthode du pont	36
16.3 Méthode du voltmètre et du phasemètre	36
16.4 Méthode des trois voltmètres	36
17. Impédance électrique bloquée (amortie) du transducteur	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
List of symbols	9

SECTION ONE — INTRODUCTION

Clause

1. Scope	11
2. Object	11
3. Classification of transducers	11
4. List of essential characteristics	11
5. Definitions of characteristics and their symbols	15
5.1 Input electrical power P_e	15
5.2 Electroacoustical efficiency of the transducer η_{ea}	15
5.3 Vibrational displacement amplitude ξ	17
5.4 Frequency of resonance f_{res}	17
5.5 Bandwidth Δf	17
5.6 Electrical impedance of the transducer Z	19
5.7 Blocked (damped) electrical impedance of the transducer Z_d	19

SECTION TWO — MEASURING CONDITIONS

6. General	19
7. Operating parameters	21
8. Acoustical liquid load	21
9. Preparation for measurement of P-category transducers	21
9.1 Preparation of the transducer	21
9.2 Preparation of water	21
10. General requirements for the instrumentation	21

SECTION THREE — MEASURING PROCEDURES

11. Electrical input power	23
11.1 Wattmeter method	23
11.2 Impedance method	23
11.3 Three voltmeter method	23
12. Electroacoustical efficiency	25
12.1 Calorimetric-wattmeter method	25
12.2 Power flow method	27
12.3 Wattmeter method	29
12.4 Impedance diagram method	29
13. Vibrational displacement amplitude	31
13.1 Optical microscope method	31
13.2 Vibrometer methods	31
14. Frequency of resonance of the transducer	33
14.1 Maximum power method	33
14.2 Maximum amplitude method	33
14.3 Impedance characteristic method	33
15. Bandwidth and mechanical quality factor	35
15.1 Input power frequency characteristic method	35
15.2 Amplitude frequency characteristic method	35
16. Electrical impedance of the transducer at resonance	37
16.1 Voltmeter and wattmeter method	37
16.2 Bridge method	37
16.3 Voltmeter and phasemeter method	37
16.4 Three voltmeter method	37
17. Blocked (damped) electrical impedance of the transducer	39

	Pages
ANNEXE A — Conditions de mesures	40
ANNEXE B — Bases et limites de la mesure de la puissance acoustique par la méthode calorimétrique	42
ANNEXE C — Bases de la méthode du wattmètre et de la méthode du diagramme d'impédance pour la mesure du rendement du transducteur	44
ANNEXE D — Capteurs de vibrations pour des mesures de l'amplitude de déplacement sans contact	46
ANNEXE E — Bibliographie	48
FIGURES	50

	Page
APPENDIX A — Measuring conditions	41
APPENDIX B — Basis of the calorimetric method of measuring the acoustic power and its limitations	43
APPENDIX C — Basis of the wattmeter method and of the impedance diagram method of measurement of transducer efficiency	45
APPENDIX D — Vibrometers for non-contact measurements of displacement amplitude	47
APPENDIX E — Bibliography	48
FIGURES	50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES TRANSDUCTEURS MAGNÉTOSTRICTIFS
ULTRASONIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 29D: Ultrasons, du Comité d'Etudes n° 29 de la CEI: Electroacoustique.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Stresa en 1969, à Londres en 1971, à Oslo en 1972, à Moscou en 1974, à Gaithersburg en 1976, à Budapest en 1977, à Stockholm en 1979 et à Sydney en 1980. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 29D(Bureau Central)18, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1982.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Chine	Suède
Danemark	Union des Républiques
Espagne	Socialistes Soviétiques
Etats-Unis d'Amérique	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENTS OF ULTRASONIC MAGNETOSTRICTIVE
TRANSDUCERS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 29D: Ultrasonics, of IEC Technical Committee No. 29: Electroacoustics.

Drafts were discussed at meetings held in Stresa in 1969, in London in 1971, in Oslo in 1972, in Moscow in 1974, in Gaithersburg in 1976, in Budapest in 1977, in Stockholm in 1979 and in Sydney in 1980. As a result of this latter meeting, a draft, Document 29D(Central Office)18, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1982.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Romania
Austria	South Africa (Republic of)
Belgium	Spain
China	Sweden
Denmark	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	

MESURES DES TRANSDUCTEURS MAGNÉTOSTRICTIFS ULTRASONIQUES

LISTE DES SYMBOLES

<p>P_e = puissance électrique d'entrée</p> <p>V_T = tension d'excitation du transducteur</p> <p>I_T = courant d'excitation du transducteur</p> <p>φ = déphasage entre V_T et I_T</p> <p>P_a = puissance acoustique de sortie du transducteur</p> <p>P_d = puissance de perte magnétique du transducteur</p> <p>P_{ml} = puissance de perte mécanique interne du transducteur</p> <p>P_m = puissance mécanique totale fournie par le transducteur</p> <p>I_{Tp} = courant de polarisation</p> <p>R_w = résistance de l'enroulement du transducteur</p> <p>η_{ea} = rendement électroacoustique</p> <p>η_{em} = rendement électromécanique</p> <p>η_{ma} = rendement mécanique-acoustique</p> <p>ξ = amplitude de déplacement vibratoire</p>	<p>f = fréquence</p> <p>f_{res} = fréquence de résonance du transducteur</p> <p>f_r = fréquence de résonance série du transducteur</p> <p>f_a = fréquence d'antirésonance du transducteur</p> <p>Δf = largeur de bande</p> <p>Q = facteur de qualité mécanique</p> <p>Z = impédance électrique du transducteur</p> <p>R = composante réelle de l'impédance électrique</p> <p>X = composante imaginaire de l'impédance électrique</p> <p>Z_{res} = valeur de l'impédance électrique à la fréquence de résonance</p> <p>Z_d = impédance électrique bloquée du transducteur</p> <p>R_s = résistance connectée en série avec le transducteur</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MEASUREMENTS OF ULTRASONIC MAGNETOSTRICTIVE TRANSDUCERS

LIST OF SYMBOLS

P_e = electrical input power V_T = driving voltage of transducer I_T = driving current of transducer φ = phase shift between V_T and I_T P_a = acoustical output power of transducer P_d = magnetic loss power of transducer P_{ml} = internal mechanical loss power of transducer P_m = total mechanical power delivered by the transducer I_{Tp} = polarizing current R_w = resistance of winding of the transducer η_{ea} = electroacoustical efficiency η_{em} = electromechanical efficiency η_{ma} = mechanoacoustical efficiency ξ = vibrational displacement amplitude	f = frequency f_{res} = frequency of resonance of the transducer f_r = series resonance frequency of the transducer f_a = antiresonance frequency of the transducer Δf = bandwidth Q = mechanical quality factor Z = electrical impedance of the transducer R = real component of the electrical impedance X = imaginary component of the electrical impedance Z_{res} = value of electrical impedance at the frequency of resonance Z_d = blocked electrical impedance of the transducer R_s = resistor connected in series with the transducer
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

SECTION UN – INTRODUCTION

1. **Domaine d'application**

Le présent rapport est applicable aux transducteurs magnétostrictifs, qu'ils soient de type métallique laminé ou de type ferrite, conçus pour émettre une puissance acoustique sonore ou ultrasonique, dans les milieux liquides ou solides; ne transmettant pas d'information, ils servent à différents traitements ultrasoniques, tels que usinage, soudage, action chimique, etc., en fonctionnant à la fréquence de résonance avec une alimentation par générateurs de puissance.

Ce rapport s'applique aussi, moyennant certaines modifications, à des transducteurs spéciaux, comme ceux qui sont conçus pour utilisation avec des métaux fondus, etc.

Dans ce rapport, on considère uniquement les transducteurs ayant une seule fréquence de résonance en fonctionnement.

SECTION ONE — INTRODUCTION

1. Scope

This report is applicable to magnetostrictive transducers, of both laminated metal and ferrite types, designed for producing sonic or ultrasonic acoustic power in liquid or solid media, and for different kinds of ultrasonic processing such as cutting, welding, chemical processing, etc. Transducers for information carrying signals are excluded. The transducers, which may be sonic or ultrasonic, operate at the resonance frequency and are supplied from electric power generators.

It also applies with some modifications to special transducers, for example those designed for application to molten metals, etc.

In this report only transducers with a single working frequency of resonance are considered.