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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

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

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

MESURES DES TRANSDUCTEURS MAGNÉTOSTRICTIFS ULTRASONIQUES

LISTE DES SYMBOLES

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

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 = bandwith
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 sonique 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.