

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
444-6**

Première édition  
First edition  
1995-01

---

---

**Mesure des paramètres des résonateurs  
à quartz –**

**Partie 6:**

Mesure de la dépendance du niveau  
d'excitation (DNE)

**Measurement of quartz crystal unit parameters –**

**Part 6:**

Measurement of drive level dependence (DLD)

© CEI 1995 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

---

---

CODE PRIX  
PRICE CODE

**Q**

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	8
Articles	
1 Généralités .....	10
1.1 Domaine d'application .....	10
1.2 Références normatives .....	10
2 Effets de DNE .....	10
2.1 Changements réversibles de la fréquence et de la résistance .....	10
2.2 Changements irréversibles de la fréquence et de la résistance .....	10
2.3 Raisons des effets DNE .....	12
3 Niveaux d'excitation pour la mesure de DNE .....	12
4 Méthodes d'essais .....	14
4.1 Méthode d'essai A (méthode du réseau en $\pi$ ) .....	14
4.2 Méthode d'essai B (méthode d'oscillateur) .....	18
Annexe A – Relation entre le niveau d'excitation électrique et le déplacement mécanique des résonateurs à quartz .....	30

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	9
Clause	
1 General .....	11
1.1 Scope .....	11
1.2 Normative references .....	11
2 DLD effects .....	11
2.1 Reversible changes in frequency and resistance .....	11
2.2 Irreversible changes in frequency and resistance .....	11
2.3 Causes of DLD effects .....	13
3 Drive levels for DLD measurement .....	13
4 Test methods .....	15
4.1 Test method A ( $\pi$ -network method) .....	15
4.2 Test method B (oscillator method) .....	19
Annex A – Relationship between electrical drive level and mechanical displacement of quartz crystal units .....	31

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MESURE DES PARAMÈTRES DES RÉSONATEURS À QUARTZ -

Partie 6: Mesure de la dépendance  
du niveau d'excitation (DNE)

## AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La norme internationale CEI 444-6 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Elle constitue la partie 6 de la série des publications de la CEI sur les méthodes de mesure des paramètres des résonateurs à quartz.

La partie 1: *Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en  $\pi$* , est parue comme CEI 444-1 (deuxième édition, 1986).

La partie 2: *Méthode de décalage de phase pour la mesure de la capacité dynamique des quartz*, est parue comme CEI 444-2 (1980).

La partie 3: *Méthode fondamentale pour la mesure des paramètres à deux pôles des résonateurs à quartz à la fréquence jusqu'à 200 MHz par la technique de phase dans le circuit en  $\pi$ , avec compensation de la capacité parallèle  $C_0$* , est parue comme CEI 444-3 (1986).

La partie 4: *Méthode pour la mesure de la fréquence de résonance à la charge  $f_L$  et de la résistance de résonance à la charge  $R_L$  et pour le calcul des autres valeurs dérivées des quartz piézoélectriques, jusqu'à 30 MHz*, est parue comme CEI 444-4 (1988).

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## MEASUREMENT OF QUARTZ CRYSTAL UNIT PARAMETERS –

## Part 6: Measurement of drive level dependence (DLD)

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 444-6 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

It forms part 6 of a series of publications dealing with the measurement of quartz crystal unit parameters.

*Part 1: Basic method for the measurement of resonance frequency and resonance resistance of quartz crystal units by zero phase technique in a  $\pi$ -network*, is issued as IEC 444-1 (second edition, 1986).

*Part 2: Phase offset method for measurement of motional capacitance of quartz crystal units*, is issued as IEC 444-2 (1980).

*Part 3: Basic method for the measurement of two-terminal parameters of quartz crystal units up to 200 MHz by phase technique in a  $\pi$ -network with compensation of the parallel capacitance  $C_0$* , is issued as IEC 444-3 (1986).

*Part 4: Method for the measurement of the load resonance frequency  $f_L$ , load resonance resistance  $R_L$ , and the calculation of other derived values of quartz crystal units, up to 30 MHz*, is issued as IEC 444-4 (1988).

La partie 5: *Méthode de mesure des dispositifs piézoélectriques pour la détermination des paramètres électriques équivalents, utilisant des analyseurs automatiques de réseaux et correction des erreurs*, sera publiée comme CEI 444-5.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
49(BC)273	49/284/RVD

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Part 5: *Reference method of the measurement of crystal units, using automatic network analyzer techniques for the determination of equivalent electrical parameters*, will be issued as IEC 444-5.

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

DIS	Report on voting
49(CO)273	49/284/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

## INTRODUCTION

Le niveau d'excitation (exprimé comme la puissance/la tension ou le courant passant par le résonateur à quartz) force le résonateur à produire des oscillations mécaniques au moyen de l'effet piézoélectrique. Dans ce processus, le travail d'accélération est converti en énergie cinétique et élastique, et les pertes de puissance en chaleur. La dernière conversion est due au frottement interne et externe du résonateur à quartz.

Les pertes de frottement dépendent de la vitesse des masses vibrantes et elles augmentent lorsque l'oscillation n'est plus linéaire ou lorsque les vitesses critiques, les élongations ou déformations, excursions ou accélérations sont atteintes dans le résonateur à quartz ou sur ses surfaces et points de montage (voir l'annexe A). Cela provoque des changements de la résistance et de la fréquence, ainsi que des changements additionnels, du fait que ces paramètres dépendent de la température.

A des niveaux d'excitation «élevés» (par exemple supérieurs à 1 mW ou 1 mA pour les résonateurs à quartz de coupe AT) des changements sont observés sur tous les résonateurs à quartz et ils peuvent provoquer des changements irréversibles de l'amplitude et de la fréquence. Toute augmentation additionnelle du niveau d'excitation peut détruire le résonateur.

A part cet effet, des changements de la fréquence et de la résistance sont observés dans quelques résonateurs à quartz (par exemple inférieurs à 1  $\mu$ W ou 50  $\mu$ A pour les résonateurs à quartz de coupe AT) à des niveaux d'excitation «bas». Dans ce cas, lorsque le gain de boucle n'est pas suffisant, le démarrage des oscillations est difficile. Dans les filtres à quartz, l'affaiblissement de transmission et l'ondulation changeront.

De plus, le couplage entre le mode de vibration spécifié et les autres modes (par exemple du résonateur lui-même, du montage, et du gaz de remplissage) dépend aussi du niveau d'excitation. En raison des caractéristiques de température de ces modes différents, ces couplages contribueront à des changements de la fréquence et de la résistance du mode spécifié dans les gammes étroites de températures. Ces changements augmentent avec l'élévation du niveau d'excitation. Cependant, cet effet ne sera pas considéré dans cette partie de la CEI 444.



## INTRODUCTION

The drive level (expressed as power/voltage across or current through the crystal unit) forces the resonator to produce mechanical oscillations by way of piezoelectric effect. In this process, the acceleration work is converted to kinetic and elastic energy and the power loss to heat. The latter conversion is due to the inner and outer friction of the quartz resonator.

The frictional losses depend on the velocity of the vibrating masses and increase when the oscillation is no longer linear or when critical velocities, elongations or strains, excursions or accelerations are attained in the quartz resonator or at its surfaces and mounting points (see annex A). This causes changes in resistance and frequency, as well as further changes due to the temperature dependence of these parameters.

At "high" drive levels (e.g. above 1 mW or 1 mA for AT-cut crystal units) changes are observed by all crystal units and these also can result in irreversible amplitude and frequency changes. Any further increase of the drive level may destroy the resonator.

Apart from this effect, changes in frequency and resistance are observed at "low" drive levels in some crystal units, e.g. below 1  $\mu$ W or 50  $\mu$ A for AT-cut crystal units). In this case, if the loop gain is not sufficient, the start-up of the oscillation is difficult. In crystal filters the transducer attenuation and ripple will change.

Furthermore, the coupling between a specified mode of vibration and other modes (e.g. of the resonator itself, the mounting and the back-fill gas) also depends on the level of drive. Due to the differing temperature response of these modes, these couplings give rise to changes of frequency and resistance of the specified mode within narrow temperature ranges. These changes increase with increasing drive level. However, this effect will not be considered further in this part of IEC 444.

## MESURE DES PARAMÈTRES DES RÉSONATEURS À QUARTZ –

### Partie 6: Mesure de la dépendance du niveau d'excitation (DNE)

#### 1 Généralités

##### 1.1 *Domaine d'application*

La présente partie de la CEI 444 s'applique aux mesures de la dépendance du niveau d'excitation (DNE) des résonateurs à quartz. Deux méthodes d'essai sont traitées. La méthode A, basée sur la méthode du réseau en  $\pi$  conformément à la CEI 444-1, peut être utilisée dans la gamme des fréquences complète couverte par la présente partie de la CEI 444. La méthode B, méthode d'oscillateur, est adaptée pour la mesure des résonateurs à quartz sur le mode fondamental en grandes séries avec des conditions de mesure fixées.

##### 1.2 *Références normatives*

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 444. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 444 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 444, *Mesure des paramètres des résonateurs à quartz*

CEI 444-1:1986, *Mesure des paramètres des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en  $\pi$  – Première partie: Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en  $\pi$ .*

## MEASUREMENT OF QUARTZ CRYSTAL UNIT PARAMETERS –

### Part 6: Measurement of drive level dependence (DLD)

#### 1 General

##### 1.1 Scope

This part of IEC 444 applies to the measurements of drive level dependence (DLD) of quartz crystal units. Two test methods are described. Method A, based on the  $\pi$ -network method according to IEC 444-1, can be used in the complete frequency range covered by this part of IEC 444. Method B, an oscillator method, is suitable for measurements of fundamental mode crystal units in larger quantities with fixed conditions.

##### 1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 444. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 444 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 444: *Measurement of quartz crystal unit parameters*

IEC 444-1:1986, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a  $\pi$ -network - Part 1: Basic method for the measurement of resonance frequency and resonance resistance of quartz crystal units by zero phase technique in a  $\pi$ -network*