



# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Measurement of quartz crystal unit parameters –  
Part 6: Measurement of drive level dependence (DLD)**

**Mesure des paramètres des résonateurs à quartz –  
Partie 6: Mesure de la dépendance du niveau d'excitation (DNE)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

R

ICS 31.140

ISBN 978-2-83220-876-2

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 DLD effects .....	6
3.1 Reversible changes in frequency and resistance .....	6
3.2 Irreversible changes in frequency and resistance .....	6
3.3 Causes of DLD effects.....	7
4 Drive levels for DLD measurement .....	7
5 Test methods.....	8
5.1 Method A (Fast standard measurement method) .....	8
5.1.1 Testing at two drive levels .....	8
5.1.2 Testing according to specification.....	8
5.2 Method B (Multi-level reference measurement method).....	9
Annex A (normative) Relationship between electrical drive level and mechanical displacement of quartz crystal units .....	11
Annex B (normative) Method C: DLD measurement with oscillation circuit .....	14
Bibliography.....	19
Figure 1 – Maximum tolerable resistance ratio $\gamma$ for the drive level dependence as a function of the resistances $R_{r2}$ or $R_{r3}$ .....	9
Figure B.1 – Insertion of a quartz crystal unit in an oscillator .....	14
Figure B.2 – Crystal unit loss resistance as a function of dissipated power .....	15
Figure B.3 – Behaviour of the $R_r$ of a quartz crystal units .....	16
Figure B.4 – Block diagram of circuit system.....	16
Figure B.5 – Installed $-R_{OSC}$ in scanned drive level range.....	17
Figure B.6 – Drive level behavior of a quartz crystal unit if $-R_{OSC} = 70 \Omega$ is used as test limit in the “Annex B” test.....	17
Figure B.7 – Principal schematic diagram of the go/no-go test circuit.....	18

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### MEASUREMENT OF QUARTZ CRYSTAL UNIT PARAMETERS –

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

#### FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60444-6 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) DLD measurement with oscillation circuit had the traditional method to detect the DLD abnormal modes at present time. Therefore, this method made the transition to the Annex B.
- b) High reliability crystal unit is needed to use for various applications at the present day, in order to upgrade the inspection capabilities for DLD abnormal modes, the multi-level reference measurement method was introduced into this specification.

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

CDV	Report on voting
49/1004/CDV	49/1038/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 60444 series, published under the general title *Measurement of quartz crystal unit parameters*, can be found on the IEC website.

Withdrawn

## 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 mW 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 60444.

The first edition of IEC 60444-6 was published in 1995. However, it has not been revised until today. In the meantime the demand for tighter specification and measurement of DLD has increased.

In this new edition, the concept of DLD in IEC 60444-6:1995 is maintained. However, the more suitable definition for the user's severe requirements was introduced. Also, the specifications based on the matters arranged in the Stanford meeting in June, 2011 are taken into consideration.

## MEASUREMENT OF QUARTZ CRYSTAL UNIT PARAMETERS –

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

#### 1 Scope

This part of IEC 60444 applies to the measurements of drive level dependence (DLD) of quartz crystal units. Two test methods (A and C) and one referential method (B) are described. “Method A”, based on the  $\pi$ -network according to IEC 60444-1, can be used in the complete frequency range covered by this part of IEC 60444. “Reference Method B”, based on the  $\pi$ -network or reflection method according to IEC 60444-1, IEC 60444-5 or IEC 60444-8 can be used in the complete frequency range covered by this part of IEC 60444. “Method C”, an oscillator method, is suitable for measurements of fundamental mode crystal units in larger quantities with fixed conditions.

#### 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60444-1, *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*

IEC 60444-5, *Measurement of quartz crystal units parameters – Part 5: Methods for the determination of equivalent electrical parameters using automatic network analyzer techniques and error correction*

IEC 60444-8, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 8: Test fixture for surface mounted quartz crystal units*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application .....	24
2 Références normatives.....	24
3 Effets de la DNE.....	24
3.1 Changements réversibles de la fréquence et de la résistance.....	24
3.2 Changements irréversibles de la fréquence et de la résistance.....	24
3.3 Causes des effets de la DNE.....	25
4 Niveaux d'excitation pour la mesure de la DNE.....	25
5 Méthodes d'essai .....	26
5.1 Méthode A (méthode de mesure rapide normalisée).....	26
5.1.1 Essai à deux niveaux d'excitation .....	26
5.1.2 Essai conformément à la spécification .....	27
5.2 Méthode B (méthode de mesure de référence à plusieurs niveaux).....	28
Annexe A (normative) Relation entre le niveau d'excitation électrique et le déplacement mécanique des résonateurs à quartz.....	30
Annexe B (normative) Méthode C: Mesure de la DNE avec un circuit d'oscillation.....	33
Bibliographie.....	38
Figure 1 – Rapport des résistances maximales tolérables $\gamma$ pour la dépendance du niveau d'excitation en fonction des résistances $R_{r2}$ ou $R_{r3}$ .....	27
Figure B.1 – Insertion d'un résonateur à quartz dans un oscillateur .....	33
Figure B.2 – Résistance de perte d'un résonateur en fonction de la puissance dissipée.....	34
Figure B.3 – Comportement de $R_r$ d'un résonateur à quartz .....	35
Figure B.4 – Schéma de circuit.....	35
Figure B.5 – $-R_{osc}$ installée dans une gamme de niveaux d'excitation balayés.....	36
Figure B.6– Comportement du niveau d'excitation d'un résonateur à quartz si $-R_{osc} = 70 \Omega$ est utilisée comme limite de l'essai de l'Annexe B .....	36
Figure B.7 – Schéma principal du circuit d'essai tout-ou-rien .....	37

## 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 Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60444-6 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) La mesure de DNE avec le circuit oscillation utilisait la méthode traditionnelle de détection des modes anormaux DNE au temps présent. Donc, cette méthode fait la transition avec l'Annexe B.
- b) La grande fiabilité de l'unité de cristal utilisé est nécessaire pour diverses applications actuelles, pour permettre de mettre à jour les capacités d'inspection des modes anormaux



des DNE, la méthode de mesure de référence de multi-niveaux a été présentée dans cette spécification.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
49/1004/CDV	49/1038/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60444, publiées sous le titre général *Mesure des paramètres des résonateurs à quartz*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Withdrawn

## INTRODUCTION

Le niveau d'excitation (exprimé comme la puissance/la tension aux bornes du résonateur ou le courant qui traverse le résonateur) force le résonateur à produire des oscillations mécaniques par 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 des vitesses critiques, des élongations ou des déformations, des excursions ou des accélérations sont atteintes dans le résonateur à quartz ou sur ses surfaces et points de montage (voir Annexe A). Cela provoque des changements de la résistance et de la fréquence, ainsi que des changements supplémentaires, 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 des résonateurs de coupe AT) des changements sont observés sur tous les résonateurs et ils peuvent provoquer des changements irréversibles de l'amplitude et de la fréquence. Toute autre augmentation du niveau d'excitation peut détruire le résonateur.

A part cet effet, des changements de la fréquence et de la résistance sont observés dans certains résonateurs (par exemple inférieurs à 1 mW ou 50  $\mu$ A pour les résonateurs 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 résonateurs, l'affaiblissement de transmission et l'ondulation changeront.

De plus, le couplage entre un mode de vibration spécifié et d'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 différentes de ces modes, ces couplages contribueront à des changements de la fréquence et de la résistance du mode spécifié dans des gammes de températures étroites. Ces changements augmentent avec l'élévation du niveau d'excitation. Cependant, cet effet ne sera pas considéré dans cette partie de la CEI 60444.

La première édition de la CEI 60444-6 a été publiée en 1995 et n'avait pas encore été révisée. Pendant ce temps, la demande de spécifications plus précises et de mesures de la dépendance du niveau d'excitation (DNE) s'est accrue.

Dans cette nouvelle édition, le concept de la DNE de la CEI 60444-6:1995 est maintenu. Toutefois, une définition mieux adaptée aux exigences strictes des utilisateurs a été introduite. Aussi, les spécifications basées sur les sujets évoqués lors de la conférence de Stanford en juin 2011 sont également prises en compte.

# MESURE DES PARAMÈTRES DES RÉSONATEURS À QUARTZ –

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

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60444 s'applique aux mesures de la dépendance du niveau d'excitation (DNE) des résonateurs à quartz. Deux méthodes d'essai (A et C) et une méthode de référence (B) sont décrites. La méthode A, basée sur le réseau en  $\pi$  conformément à la CEI 60444-1, peut être utilisée dans la gamme des fréquences complète couverte par la présente partie de la CEI 60444. La méthode de référence B, basée sur le réseau en  $\pi$  ou sur la méthode de réflexion conformément à la CEI 60444-1, à la CEI 60444-5 ou à la CEI 60444-8, peut être utilisée dans la gamme des fréquences complète couverte par la présente partie de la CEI 60444. La méthode C, une méthode avec un oscillateur, est adaptée pour les mesures de résonateurs sur le mode fondamental en plus grandes quantités avec des conditions fixes.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60444-1, *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  $\pi$*

CEI 60444-5, *Mesure des paramètres des résonateurs à quartz – Partie 5: Méthodes pour la détermination des paramètres électriques équivalents utilisant des analyseurs automatiques de réseaux et correction des erreurs*

CEI 60444-8, *Mesure des paramètres des résonateurs à quartz – Partie 8: Dispositif d'essai pour les résonateurs à quartz montés en surface*