

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60444-1

1986

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1
1999-08

Amendement 1

**Mesure des paramètres des quartz
piézoélectriques par la technique de phase nulle
dans le circuit en pi –**

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**

[IEC 60444-1:1986/AMD1:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de03277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de03277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999)

[1de03277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de03277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999)
Amendment 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 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

H

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
49/442/FDIS	49/445/RVD

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

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter le titre de l'annexe B comme suit:

Annexe B – Mise à jour de certaines formules de l'annexe A

Page 42

Ajouter, après l'annexe A, la nouvelle annexe B comme suit:

IEC 60444-1:1986/AMD1:1999
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a569546c-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999>

Annexe B (normative)

Mise à jour de certaines formules de l'annexe A

B.1 Objectifs

Dans cette annexe, certaines formules de l'annexe A sont mises à jour en prenant en considération la procédure modifiée d'étalonnage d'un réseau en π avec la résistance de référence $R_n = 25 \Omega$ à la place de la lame court-circuit.

La formule reliant R_r aux tensions mesurées est dérivée pour les valeurs arbitraires de la résistance de référence R_n . L'erreur sur R_n est prise en considération dans l'analyse des erreurs pour R_r .

La formule est donnée pour le courant et le niveau d'excitation d'un résonateur à quartz inséré dans le réseau en π . La pente de phase d'un résonateur à quartz inséré dans le réseau en π est obtenue et la formule pour Q_{eff} est corrigée.

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

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

FDIS	Report on voting
49/442/FDIS	49/445/RVD

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

Page 3

CONTENTS

Add the title of annex B as follows:

Annex B – Updating of some formulae of appendix A

Page 43

Add, after appendix A, the new annex B as follows:

[IEC 60444-1:1986/AMD1:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999>

Annex B (normative)

Updating of some formulae of appendix A

B.1 Purposes

In this annex some formulae of the appendix A are updated, taking into account the modified calibration procedure of the π -network with a reference resistor $R_n = 25 \Omega$ instead of a short.

The formula relating R_r to the measured voltages is derived for arbitrary values of the reference resistor R_n . The error of R_n is taken into account in the error analysis for R_r .

The formula for current and drive level of the crystal in the π -network is given. The phase slope of the crystal inserted in the π -network is derived and the formula for Q_{eff} is corrected.

B.2 Circuit en π chargé par Z = 50 Ω (avec le circuit en dérivation conforme à la figure 5a)

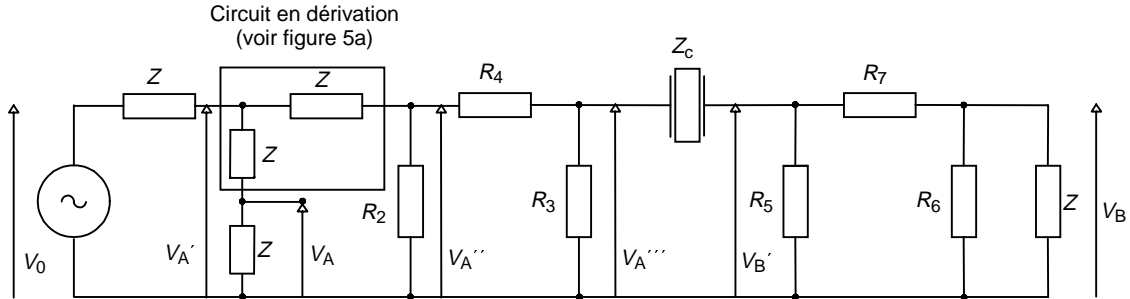


Figure B.1 – Circuit en π chargé

IEC 1019/99

B.3 Facteur de transfert de la tension d'un circuit en π chargé

Ci-dessous la dérivation élémentaire du facteur de transfert de la tension est présentée pour obtenir une formule plus complète.

ITeH STANDARD PREVIEW

Soit $R_6' = R_6 \parallel Z = \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}$ (standards.iteh.ai)

Alors $\frac{V_B'}{V_B} = \frac{R_6'}{R_6' + R_7} = k_\pi = 0,3649$ (B.1)

Définir $R_5' = R_5 \parallel (R_6' + R_7) = \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6' + R_7} \right)^{-1} = R_{T2} = 12,5 \Omega$

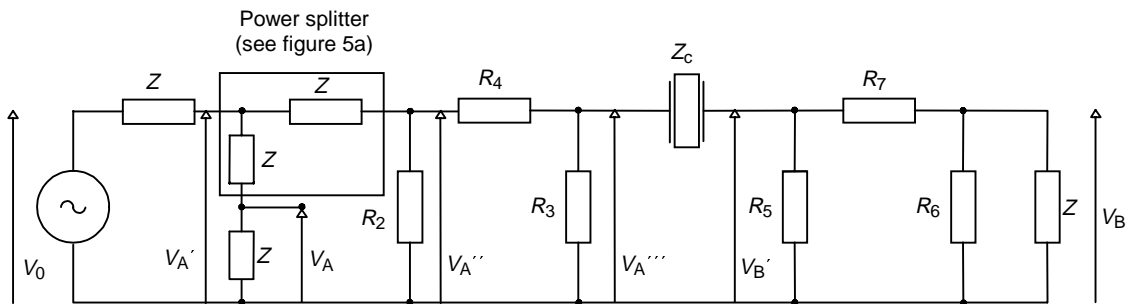
où R_{T2} est la résistance de terminaison à la sortie du circuit en π comme vu de la part d'un résonateur.

Alors $\frac{V_B'}{V_A''} = \frac{R_5'}{R_5' + Z_c}$ (B.2)

Définir $R_3' = R_3 \parallel (R_5' + Z_c) = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5' + Z_c} \right)^{-1}$

Alors $\frac{V_A''}{V_A} = \frac{R_3'}{R_3' + R_4}$ (B.3)

B.2 The π -network terminated by $Z = 50 \Omega$ (with power splitter according to figure 5a)



IEC 1019/99

Figure B.1 – Terminated π -network

B.3 Voltage transfer factor of the terminated π -network

In the following an elementary derivation of the voltage transfer factor is presented to provide a more comprehensive formula.

$$\text{Let } R_6' = R_6 \parallel Z = \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}$$

$$\text{Then } \frac{V_B'}{V_B} = \frac{R_6'}{R_6' + R_7} = k_\pi = 0,3649 \quad (\text{B.1})$$

$$\text{Define } R_5' = R_5 \parallel (R_6' + R_7) = \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6' + R_7} \right)^{-1} = R_{T2} = 12,5 \Omega$$

where R_{T2} is the termination resistance at the output of the π -network as seen by the crystal.

$$\text{Then } \frac{V_B''}{V_A''} = \frac{R_5'}{R_5' + Z_c} \quad (\text{B.2})$$

$$\text{Define } R_3' = R_3 \parallel (R_5' + Z_c) = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5' + Z_c} \right)^{-1}$$

$$\text{Then } \frac{V_A'''}{V_A''} = \frac{R_3'}{R_3' + R_4} \quad (\text{B.3})$$

Définir $R_2' = R_2 \parallel (R_3' + R_4) = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3' + R_4} \right)^{-1}$

Il s'ensuit que pour le circuit en dérivation conforme à la figure 5a et ne prenant pas en considération les câbles:

$$\frac{V_A''}{V_A'} = \frac{R_2'}{R_2' + Z} \tag{B.4}$$

et $\frac{V_A'}{V_A} = \frac{2Z}{Z} = 2$ (B.5)

Le facteur de transfert de la tension V_B/V_A est obtenu en multipliant les formules (B.1) × (B.2) × (B.3) × (B.4) × (B.5):

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_B}{V_B'} \times \frac{V_B'}{V_A'} \times \frac{V_A''}{V_A'} \times \frac{V_A''}{V_A'} \times \frac{V_A'}{V_A}$$

Après certaines substitutions et réarrangements, on peut montrer que

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{R_2 R_{T1} 2 Z R_{T2} R_6}{(Z(R_2 + R_4) + R_2 R_4) \times (Z(R_6 + R_7) + R_6 R_7)} \times \frac{1}{Z_c + R_{T1} + R_{T2}} \tag{B.6}$$

où <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999>

$$R_{T1} = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}} \right)^{-1} = 12,5 \Omega$$

et

$$R_{T2} = \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_7 + \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}} \right)^{-1} = 12,5 \Omega$$

V_B/V_A est symétrique par rapport à l'entrée et à la sortie du circuit en π et se divise en un facteur qui dépend de Z et des valeurs de la résistance du circuit en π seulement, et en un facteur qui dépend de l'impédance du résonateur Z_c chargée par les impédances de terminaison du circuit en π .

$$\text{Define } R_2' = R_2 \parallel (R_3' + R_4) = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3' + R_4} \right)^{-1}$$

Then, for a power splitter according to figure 5a and disregarding the cables:

$$\frac{V_A''}{V_A'} = \frac{R_2'}{R_2' + Z} \quad (\text{B.4})$$

$$\text{and } \frac{V_A'}{V_A} = \frac{2Z}{Z} = 2 \quad (\text{B.5})$$

The voltage transfer factor V_B / V_A is obtained by multiplying formulae (B.1) \times (B.2) \times (B.3) \times (B.4) \times (B.5):

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_B}{V_B'} \times \frac{V_B'}{V_A''} \times \frac{V_A''}{V_A'} \times \frac{V_A'}{V_A}$$

After some substitutions and rearrangements it can be shown that

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{R_2 R_{T1} 2 Z R_{T2} R_6}{(Z(R_2 + R_4) + R_2 R_4) \times (Z(R_6 + R_7) + R_6 R_7) \times Z_c + R_{T1} + R_{T2}} \quad (\text{B.6})$$

where

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999>

$$R_{T1} = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}} \right)^{-1} = 12,5 \, \Omega$$

and

$$R_{T2} = \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_7 + \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{Z} \right)^{-1}} \right)^{-1} = 12,5 \, \Omega$$

V_B/V_A is symmetric with respect to the input and the output of the π -network and splits into a factor which depends only on Z and the resistance values of the π -network and a factor which depends on the crystal impedance Z_c loaded by the termination impedances of the π -network.

$$\frac{V_B}{V_A} = K (R_2 \dots R_7, Z) \times \frac{1}{Z_c + R_T}$$

où $R_T = R_{T1} + R_{T2} = 25 \Omega$.

A ce stade, les approximations ne sont pas faites. L'équation (B.6) est valable même si on admet que les résistances ont une impédance complexe.

La valeur de V_B/V_A pour $Z_c = 0 \Omega$ est

$$K/R_T = 0,0333$$

ce qui correspond à l'affaiblissement de 29,6 dB.

B.4 Calibration avec la résistance de référence $R_n = 25 \Omega$

Comme K ne dépend pas de Z_c , l'application de la formule (B.6) donne ce qui suit:

pour la résistance de référence R_n insérée dans le circuit en π ,

$$\frac{V_{Bn}}{V_{An}} = \frac{K}{R_n + R_T} \tag{B.7}$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

et pour le résonateur avec l'impédance Z_c insérée dans le circuit en π ,

$$\frac{V_{Bc}}{V_{Ac}} = \frac{K}{Z_c + R_T} \tag{B.8}$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a36954bc-1451-4580-bad8-1de02277a328/iec-60444-1-1986-amd1-1999>

En divisant (B.7) par (B.8) et en résolvant l'équation pour Z_c , on obtient

$$Z_c = \frac{V_{Bn}}{V_{An}} \times \frac{V_{Ac}}{V_{Bc}} (R_n + R_T) - R_T \tag{B.9}$$

A la fréquence de résonance f_r , l'impédance du résonateur Z_c est égale à la résistance de résonance R_r , et on obtient

$$R_r = \left[\frac{V_{Bn}}{V_{An}} \times \frac{V_{Ac}}{V_{Bc}} \left(\frac{R_n}{R_T} + 1 \right) - 1 \right] R_T \tag{B.10}$$

Pour $R_n = R_T = 25 \Omega$, l'équation donnée ci-dessus a pour résultat la formule utilisée en 6.2.2.7.

$$\frac{V_B}{V_A} = K(R_2 \dots R_7, Z) \times \frac{1}{Z_c + R_T}$$

where $R_T = R_{T1} + R_{T2} = 25 \Omega$.

Thus far, no approximations have been made. Equation (B.6) holds even if the resistors are assumed to have complex impedance.

The value of V_B/V_A for $Z_c = 0 \Omega$ is

$$K/R_T = 0,0333$$

corresponding to an attenuation of 29,6 dB.

B.4 Calibration with reference resistor $R_n = 25 \Omega$

As K does not depend on Z_c , application of formula (B.6) yields:

for a reference resistor R_n inserted in the π -network

$$\frac{V_{Bn}}{V_{An}} = \frac{K}{R_n + R_T} \quad (\text{B.7})$$

for a crystal with impedance Z_c inserted in the π -network

$$\frac{V_{Bc}}{V_{Ac}} = \frac{K}{Z_c + R_T} \quad (\text{B.8})$$

By dividing (B.7) by (B.8) and solving the equation for Z_c one obtains

$$Z_c = \frac{V_{Bn}}{V_{An}} \times \frac{V_{Ac}}{V_{Bc}} (R_n + R_T) - R_T \quad (\text{B.9})$$

At the resonance frequency f_r the crystal impedance Z_c is equal to the resonance resistance R_r , which gives

$$R_r = \left[\frac{V_{Bn}}{V_{An}} \times \frac{V_{Ac}}{V_{Bc}} \left(\frac{R_n}{R_T} + 1 \right) - 1 \right] R_T \quad (\text{B.10})$$

For $R_n = R_T = 25 \Omega$ the above equation results in the formula used in 6.2.2.7.