

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА  
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІРТК-2017)

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

16-17 травня 2017 р.  
Київ, Україна

ЗБІРКА ТЕЗ

Київ  
2017

## МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

### Голова:

Квасніков В.П. д.т.н., проф., Заслужений метролог України, зав. каф. комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій НАУ, м. Київ.

### Члени комітету:

Васильєв А.Й. д.е.н., проф., Президент Інженерної академії України, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Міжнародної Інженерної академії, м. Харків.

Власенко В.О. д.т.н., проф., каф. технології університету Ополя, Республіка Польща.

Древецький В.В. д.т.н., проф., зав. каф. автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування, віце-президент Інженерної академії України, м. Рівне.

Радєв Х.К. д.т.н., проф., Технічний університет, м. Софія, Болгарія.

Черновол М.І. член-кор. Національної аграрної академії України, д.т.н., проф., ректор Центральноукраїнського НТУ, м. Кропивницький.

Хлебус Е. д.т.н., проф., зав. каф. лазерних технологій, автоматизації та організації виробництва, Вроцлавська Політехніка, Республіка Польща.

Острофські К. д.т.н., проф., декан Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Мічинські Я. д.т.н., проф., зав. каф. Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Хойніцкі Ю. Ph.D., проф., заст. декана Варшавського університету природничих наук, Республіка Польща.

Serhiy Kovala Ph.D., MBA, CTP Senior Lecturer, Department of Informatics and Operations Management Faculty of Business and Law Kingston University.

Yahya S.H. Khraisat Ph.D., Al\_Balda Applied University / Al-Huson University College, Irdan, Jordan.

Відповідальний редактор: Шелуха О.О.

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту інформаційно-діагностичних систем НАУ (протокол № 5 від 10 травня 2017 р.)

### **Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017).**

Десята міжнародна науково-практична конференція 16-17 травня 2017 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2017. – 314 с. (збірка тез)

Містить результати наукових, експериментальних та теоретичних досліджень вчених та аспірантів.

Матеріали можуть бути корисними науковим співробітникам, інженерно-технічним працівникам, аспірантам та студентам старших курсів вузів, що спеціалізуються в галузі автоматизованих систем управління робототехнічних комплексів та прогресивних інформаційних технологій.

<b>Молчанов О.В.</b> Визначення поточних експлуатаційних характеристик вогнів злітно-посадкової смуги.	138
<b>Поліщук А.В.</b> Визначення яскравості поверхні при освітленні точковим джерелом світла.	140
<b>Шинкаренко В.Ф.</b> Технологія генетичного передбачення в технічних системах: від генетичного коду до інноваційних проектів.	142
<b>Юрчук А.О., Варченко О.І.</b> Системи автоматизованого проектування освітлення.	145
<b>Грабко В.В., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю.</b> Навчально-методичний комплект з теоретичної електротехніки та метрології.	148
<b>СЕКЦІЯ 5. Інформаційні технології в приладобудуванні та машинобудуванні. Нафтогазові технології</b>	152
<b>Kutia V.M., Drevetskyi V.V.</b> Automation of water-in-fuel emulsion preparation and quality control.	153
<b>Бондарук А.А., Сенніков О.С., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.</b> Вал карданної передачі.	155
<b>Гончаров А.В., Доронін Д.С.</b> Оцінювання амплітуди радіосигналу та параметрів асиметричної завади з застосуванням усічених поліномів Кунченка.	158
<b>Гумен М.Б., Коткова К.В., Макаренко В.В., Гумен Т.Ф.</b> Дослідження частотних властивостей кварцових резонаторів за допомогою пакету NI MULTISIM.	161
<b>Діхтієвський О.В., Квасніков В.П.</b> Дослідження ефективності використання вимірювальних головок на верстатах з числовим програмним керуванням.	164
<b>Древецький В.В., Муран Р.О.</b> Вимірювання витрати у відкритих потоках комбінованим гідродинамічно-оптичним методом.	167
<b>Ивченко А.В.</b> Моментно-кумулянтные модели смеси постоянного сигнала и коррелированной помехи.	170
<b>Іванчук В.В., Древецький В.В.</b> Алгоритм автоматизованої системи управління флегмового числа колони.	173
<b>Клепач М. І., Ярмольчук А. А.</b> Автоматизована система контролю процесу спиртового бродіння.	175
<b>Лелеко С.А.</b> Комп'ютерне моделювання виявлення сигналів на фоні негаусівського шуму по моментному критерію типу Неймана-Пірсона в середовищі MATLAB SIMULINK.	177
<b>Любченко В.В.</b> Реалізація модуля візуалізації даних промислового підприємства.	180

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ NI MULTISIM

Гумен М.Б., к.т.н., професор, Коткова К.В., студентка, Національний авіаційний університет, email: [mbgumen@ukr.net](mailto:mbgumen@ukr.net), [ekotkova92@gmail.com](mailto:ekotkova92@gmail.com)

Макаренко В.В., доцент, Гумен Т.Ф., Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», email: [bela\\_09@ukr.net](mailto:bela_09@ukr.net)

Вимірювання частотних характеристик реальних кварцових резонаторів є досить трудомісткою процедурою, яка вимагає наявності спеціального вимірювального обладнання з високим розділенням за частотою – синтезатора частоти або аналізатора частотних характеристик. Використання ж програм імітаційного моделювання, зокрема spice-симулятора NI Multisim, значно прискорює і спрощує цей процес.

При аналізі скористаємося методом електромеханічних аналогій і подамо резонатор як механічну коливальну систему електричною еквівалентною схемою (див. рис. 1).

Як будь-яка коливальна система, кварцовий резонатор оцінюється добротністю

$$Q = P_q / P_a = \rho / R_s, \quad (1)$$

де  $P_q$  - реактивна потужність,  $P_a$  – потужність втрат,  $\rho = \sqrt{L_s / C_s}$  - хвильовий опір резонатора,  $R_s$  – опір втрат [1]. Кварцові резонатори характеризуються значним хвильовим опір  $\rho$  та добротністю, яка резонатора для різних типів кварцу набуває значень  $10^4 \dots 10^7$ .

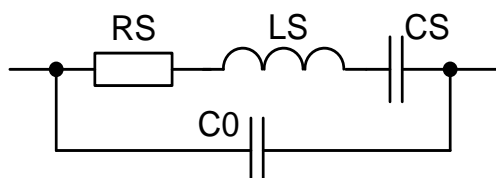


Рис. 1. Еквівалентна схема кварцового резонатора

Враховуючи високу добротність кварцових резонаторів, в еквівалентній схемі елементом  $R_s$  можна знехтувати та вважати опір резонатора чисто реактивним. Крива залежності реактивного опору такої схеми від частоти має дві характерні точки, що визначаються частотами послідовного  $f_s$  і паралельного  $f_p$  резонансів, за яких реактивний опір прагне до нуля і нескінченності відповідно.

Частоти резонансів обчислюються за такими формулами:

$$f_s = 1 / (2\pi \sqrt{L_s C_s}); \quad (2)$$

$$f_p = 1 / [2\pi \sqrt{L_s C_s C_0 / (C_s + C_0)}]. \quad (3)$$

В бібліотеці **Misk/Crystal** пакету NI Multisim 14 оберемо для аналізу резонатор HC-49/U\_5MHz. Для початку проаналізуємо його spice-модель. Достатньо у меню вибору елементів **Misk/Crystal** вибрати резонатор, а потім натиснути кнопку **View model**. На екран буде виведено параметри моделі (див. рис. 2, а).

\* EWB Version 4 - CRYSTAL Model  
 \* LS= 0.08 CS= 1.3e-014 RS= 50 CO= 4.5e-012  
 LS 1 3 0.08  
 CS 3 4 1.3e-014  
 RS 4 2 50  
 CO 1 2 4.5e-012

\* EWB Version 4 - CRYSTAL Model  
 \* LS= 2.38e-04 CS= 3e-012 RS= 50 CO= 20e-012  
 LS 1 3 2.38e-04  
 CS 3 4 5e-012  
 RS 4 2 50  
 CO 1 2 20e-012

а

б

Рис. 2. Spice-моделі кварцового резонатора HC-49/U-5MHz з бібліотеки вибору компонентів (а) та з меню властивостей резонатора (б)

Модель резонатора на схемі може відрізнитися від тієї, яка закладена у базу даних для вибору елементів. Для перевірки розташовуємо елемент на робочому аркуші і двічі клацаємо лівою кнопкою "миші" по його зображенню. У вікні властивостей, що відкриється, обираємо закладку **Value** і натискаємо на кнопку **Edit model**. Отримана spice-модель (див. рис. 2, б), істотно відрізняється від spice -моделі, зображеної на рис. 2, а. Тому потрібно з'ясувати, яка з них відповідає реальним параметрам кварцового резонатора. Для цього скористаємося схемами дослідження амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) кварцового резонатора, що зображені на рис. 3.

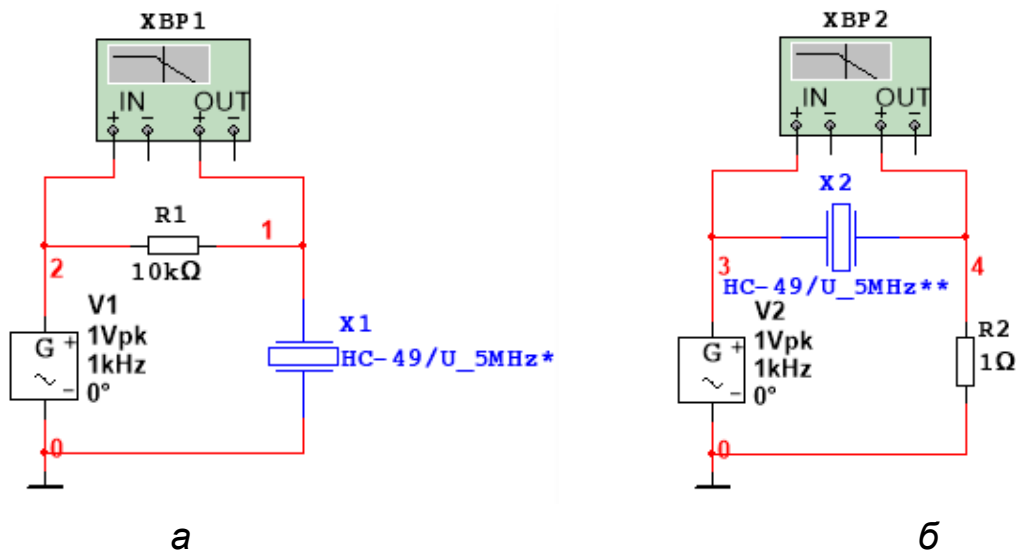


Рис. 3. Схеми моделювання та АЧХ кварцового резонатора при вимірюванні напруги на резонаторі (а) та струму через нього (б)

При визначенні АЧХ за напругою на резонаторі для мінімізації впливу на добротність значення опору R1 повинно бути набагато більшим за значення хвильового опору, а при вимірюванні АЧХ за струмом резистора R2 його опір повинен бути набагато меншим ніж значення хвильового опору.

Вимірювання зазначених АЧХ можна здійснити використанням вбудованих в NI Multisim функцій **Бодє-плоттер** або **АС sweep**. Результат аналізу буде однаковим. Але **Бодє-плоттер** дає змогу в напівавтоматичному режимі точно знаходити значення частот мінімумів та максимумів АЧХ.

В результаті вимірювань отримані такі значення частот резонансу:  $f_s = 4,571$  МГц,  $f_p = 5,129$  МГц. Значення резонансних частот, визначених на ос-

нові моделі, зображеної на рис. 3, б, такі самі. Розраховані за формулами (2) і (3) значення цих частот відповідають моделі з параметрами на рис. 2, б.

Для визначення добротності кварцового резонатора (наприклад, на частоті  $f_p$ ) за формулою (1) обчислюємо очікувану добротність  $Q_p=49,6 \cdot 10^3$ , а потім визначаємо мінімально необхідний діапазон аналізу  $\Delta f_p=f_p/Q_p=93$  Гц.

Для детального дослідження АЧХ біля частоти резонансу зменшуємо діапазон частот аналізу  $5 \dots 5,3$  МГц та задаємо максимальне число точок аналізу 1000 після натискання кнопки **Set** на панелі Бode-плоттера. Виміряне значення смуги пропускання на рівні 3 дБ становить 112 Гц, що відповідає  $Q_p = 46,1 \cdot 10^3$ . Отримане значення  $Q_p$  менше розрахункового, що свідчить про недостатній опір резистора R1. Збільшуємо опір резистора R1 до 100 кОм. При цьому виміряне значення добротності  $Q_p=81,96 \cdot 10^3$ .

Підсумовуючи викладене, наведемо порядок виконання досліджень кварцових резонаторів за допомогою програмного середовища NI Multisim.

1. Для обраного типу кварцового резонатору обрати одну з моделей дослідження, зображених на рис. 3.

2. Двічі клацнувши на зображенні кварцового резонатора відкрити його spice-модель та виписати параметри еквівалентної схеми.

3. Розрахувати значення хвильового опору для послідовного резонансу (контуру) за формулою  $\rho = \sqrt{L_s / C_s}$ , а для паралельного - за формулою  $\rho = \sqrt{L_s / [C_s C_0 / (C_s + C_0)]}$ .

4. Для кожного з контурів розрахувати добротності за формулою (1), а за формулами (2) і (3) - частоти резонансу.

5. Розрахувати смугу аналізу  $\Delta f_a$  для встановлення параметрів Бode-плоттера за формулою  $\Delta f_a \geq f_p/Q_p$  для паралельного контуру і  $\Delta f_a \geq f_s/Q_s$  - для послідовного контуру.

6. Виміряти АЧХ кварцового резонатора, задавши діапазон частот аналізу Бode-плоттера від  $0,01f_{кв}$  до  $100 f_{кв}$ , де  $f_{кв}$  - частота кварцу вказана у його позначенні.

7. Виміряти смугу пропускання паралельного та послідовного контурів та розрахувати їх добротність за формулою  $Q = f_0/\Delta f$ .

## Висновки

1. Параметри spice-моделі кварцового резонатору слід вибирати тільки після розташування елемента на робочому аркуші NI Multisim.

2. Для більш точного визначення АЧХ кварцового резонатора потрібно встановлювати максимально можливе число точок аналізу.

3. Для зменшення похибок при вимірюванні добротності на частотах резонансів треба звужувати діапазон частот аналізу.

## Література

1. Гумен Н.Б. Основи теорії електричних кіл. Кн.2. Аналіз лінійних електричних кіл. Частотна область / Гумен М.Б., Гуржій А.М., Співак В.М.; за ред. М.Б. Гумена. - К.: Вища шк., 2004. - 358 с.: іл.