

к.т.н., Стецюк В. І., магістрант Процай А. Ю.

Хмельницький національний університет

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ

Вступ. Кварцові резонатори (КР) стали невід’ємними складовими більшості радіотехнічних пристроїв та систем, що зумовлено рядом переваг: широким діапазоном робочих частот, низькою собівартістю, достатньою номенклатурою, відносною мініатюризацією, тощо. Потреба в кварцових резонаторах постійно зростає за рахунок розширення області їх застосування, високих метрологічних характеристик, рентабельності їх серійного виробництва, а також високих параметрів якості та ефективності роботи. КР широко застосовуються в комп’ютерній техніці, пристроях телеметрії, радіолокації та навігації, в апаратурі аерокосмічної галузі, в мобільних і наземних системах зв’язку, та інш. Стабільність частоти електричних коливань кварцових резонаторів відіграє головну роль у забезпеченні найважливіших якісних показників сучасних радіоелектронних виробів. Це накладає нові вимоги до вимірювання та контролювання технічних параметрів і характеристик КР, як на стадії їх виготовлення, так і під час всього періоду експлуатації. Зрозуміло, що для проведення подібних досліджень необхідно мати відповідний науковий та технічний інструментарій, метрологічне обладнання, макети та дослідні установки. Тому, досить важливою науково-технічною задачею є побудова стендового обладнання, яке дозволить проводити комплексне вимірювання і контроль необхідних параметрів кварцових резонаторів.

Основна частина. При дослідженні п’езоматеріалів на основі кристалів кварцу слід враховувати ряд фізичних властивостей даного матеріалу, серед яких одним із найважливіших є анізотропія, яка відноситься майже до всіх фізичних параметрів, окрім щільності та теплоємності [1]. А отже, під час

проведення експериментів з використанням кварцових резонаторів слід знати та враховувати тип зрізу, положення п'єзопластини та загальну орієнтацію конструкції в просторі. Тому, для опису фізичних властивостей кварцу, а також у техніці, в основному використовують кристалографічну систему координат, в напрямку яких він володіє визначеними (характерними для кожної вісі) властивостями. Для кристалографічного класу (група симетрії 32), до якого також відноситься кварц, характерні осі симетрії 3-го порядку (Z) та три пари полярних осей 2-го порядку (X і Y) (рис. 1).

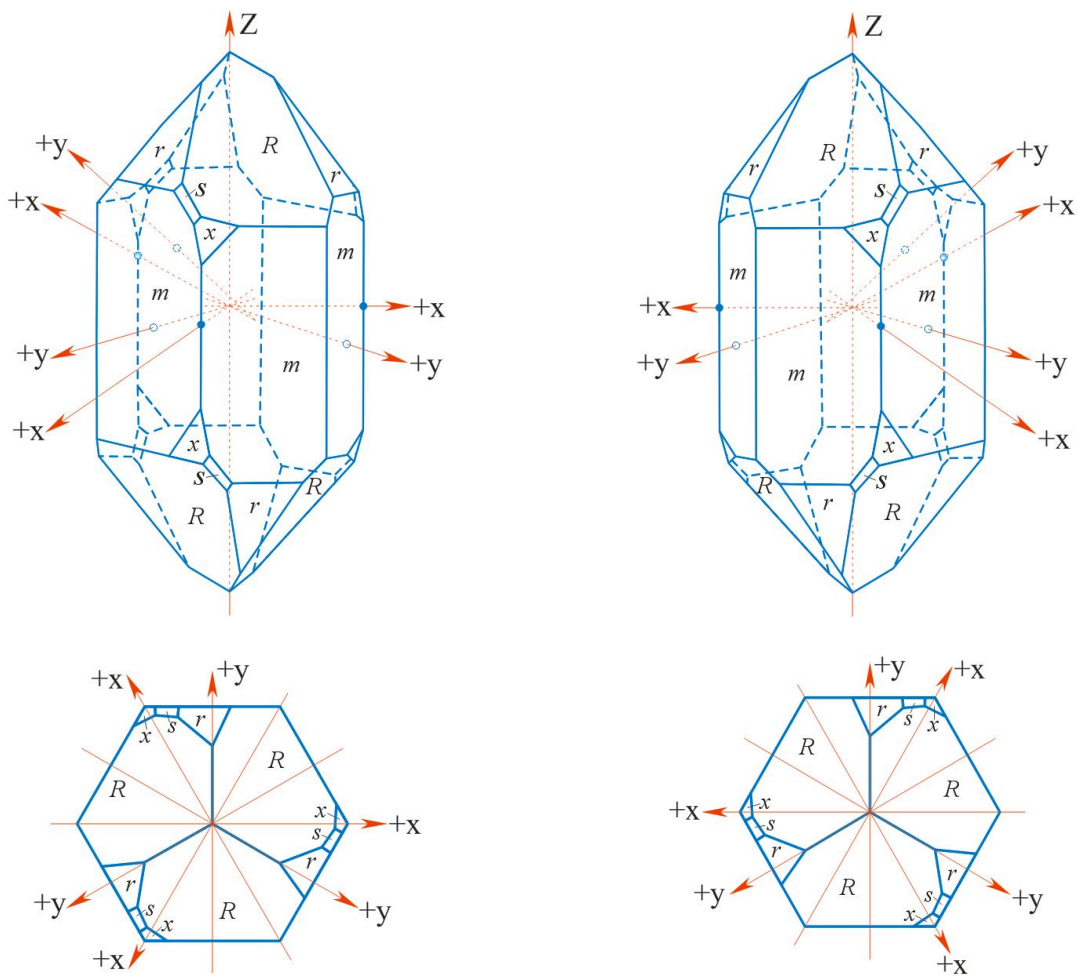


Рис. 1. Ідеалізована енантіоморфна форма кристалів α -кварцу та розташування кристалографічних осей: а) лівого; б) правого
 m – гексагональна призма першого роду; R – основний додатний ромбоєдр; r – від’ємний ромбоєдр; s – тригональна біпіраміда;
 x – тригональний трапецеєдр

Тут Z – "оптична" вісь, яка співпадає з повздовжньою віссю кристалу. В цьому напрямку п'єзоэффект не проявляється, електропровідність вища, ніж у перпендикулярному напрямку, відсутнє подвійне заломлення світлового променя. Вісь X – "електрична", направлена паралельно одній із граней призми; осей X в кристалі кварцу три. В напрямку осі X механічні сили викликають інтенсивне виникнення електричних зарядів. Вісь Y – "механічна", направлена перпендикулярно граням m ; осей Y в кристалі кварцу також три. П'єзоелементи можуть бути вирізані з кристалу кварцу під різними кутами відносно кристалографічних осей у вигляді пластин різної форми, брусків, балок, тощо. Така орієнтація п'єзоелемента називається зрізом. Найбільш поширені типи зрізів кварцу та їх позначення приведено на рис. 2.

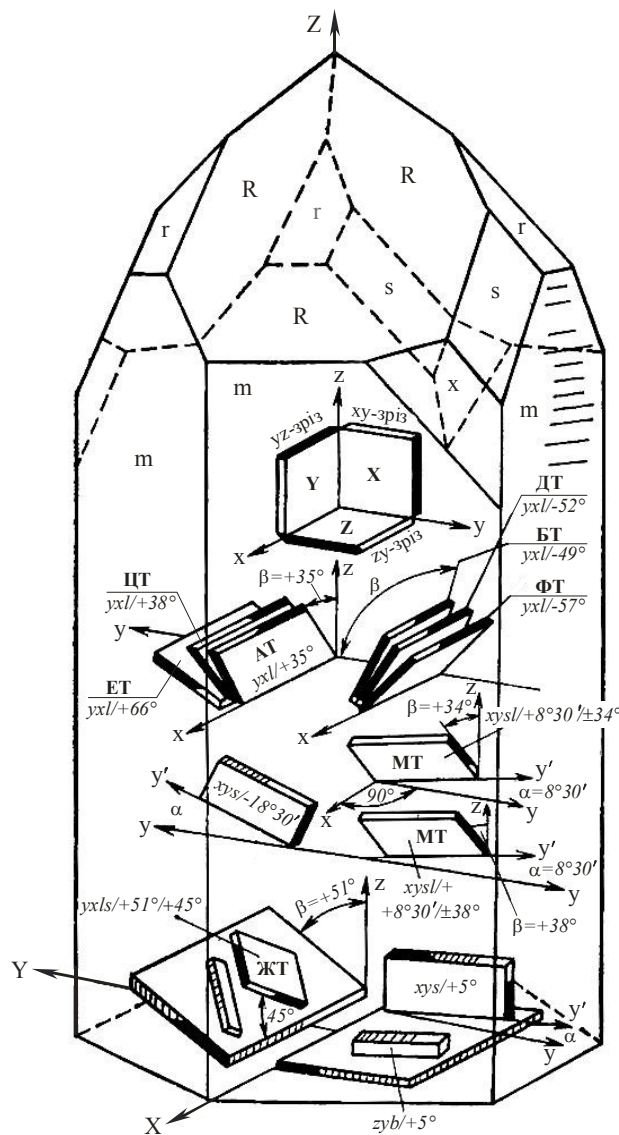
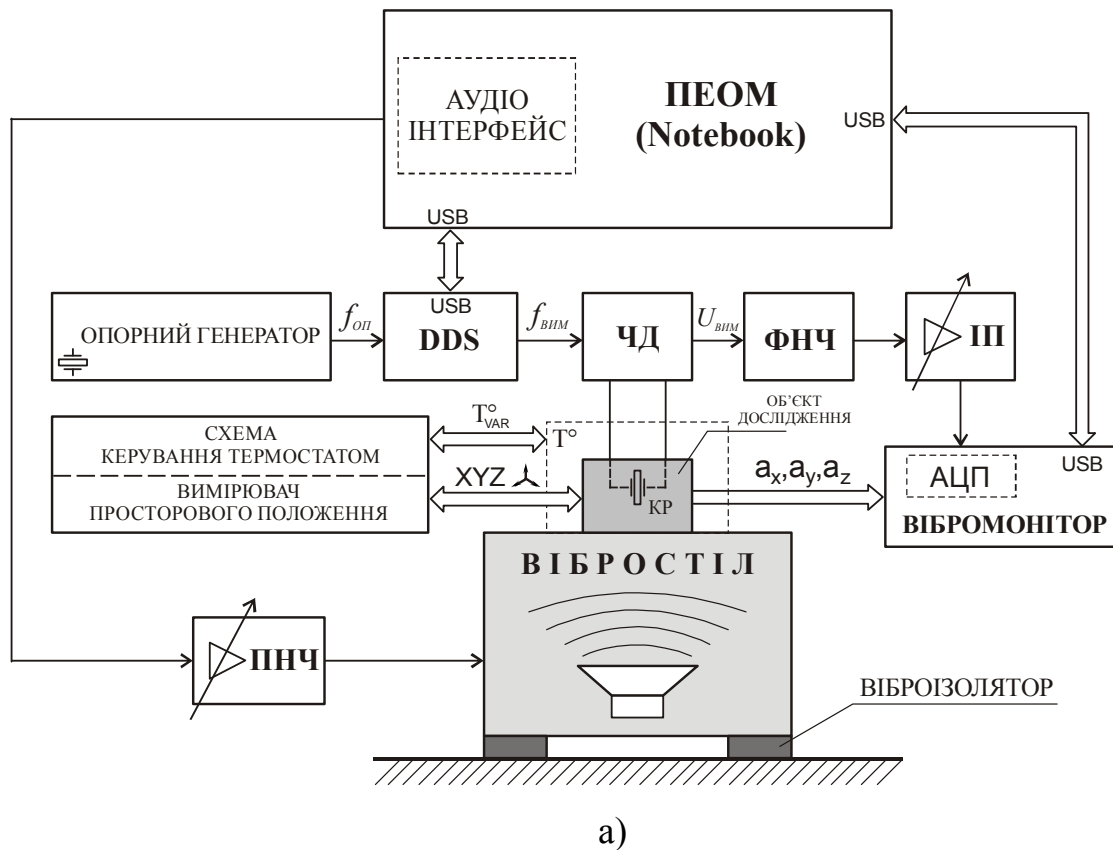


Рис. 2. Найбільш поширені типи зрізів КР



Рис. 3. Кристали кварцу природного походження

Зрозуміло, що при дослідженні п'єзореzonансних конструкцій на основі кварцу дуже важливим є врахування їх орієнтації в просторі. З урахуванням складності конструкцій сучасних КР, анізотропних та нелінійних властивостей кристалу кварцу найбільш перспективним для вирішення даної задачі є використання сучасних акселерометричних датчиків [1], які входять до складу вимірювача просторового положення розробленої системи комплексного дослідження характеристик кварцових резонаторів (рис. 4).





б)

Рис. 4. Обладнання для комплексного дослідження характеристик кварцових резонаторів: а) структурна схема; б) фото системи

Розроблена система містить:

- ПЕОМ;
- вібростіл;
- опорний високостабільний генератор;
- синтезатор частот на основі технології DDS;
- частотний дискримінатор;
- фільтр низьких частот (ФНЧ);
- інструментальний підсилювач (ІП);
- вимірювач просторового положення об'єкту дослідження;
- регульовану систему термостатування з прецизійним вимірювачем температури;
- чотирьохканальний вібромонітор з інтерфейсом USB;
- підсилювач потужності низької частоти (ПНЧ).

Основою системи (рис. 4) є вібростіл, керуваний за допомогою ПЕОМ та спеціально розробленого програмного забезпечення, яке дозволяє формування тестових сигналів з необхідними параметрами (наприклад, синусоїдальні коливання, прямокутні імпульси змінної скважності, трикутні та пілкоподібні сигнали, одиничні короткі ударні імпульси, білий і розовий шум, тощо) (рис. 5).

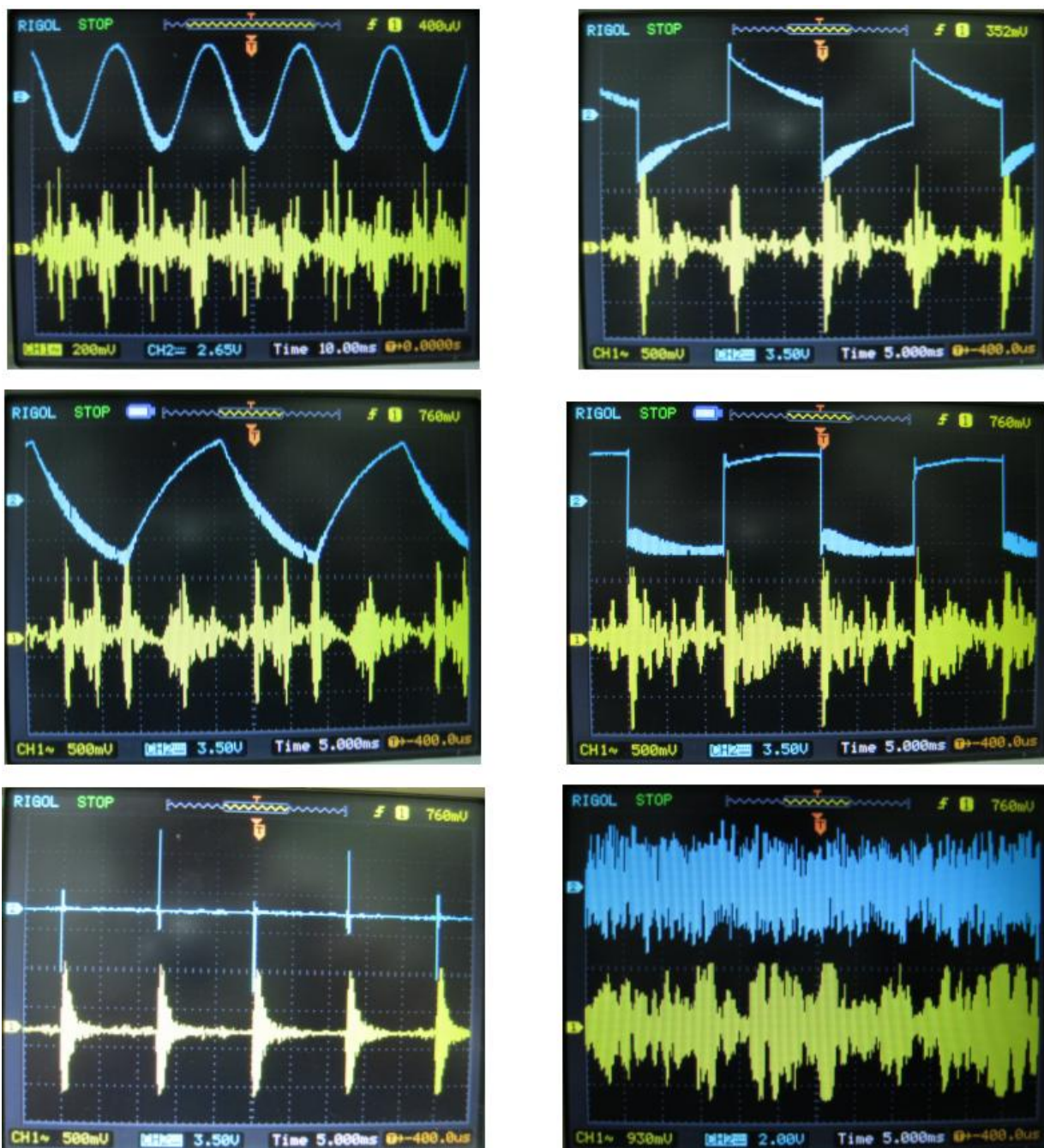
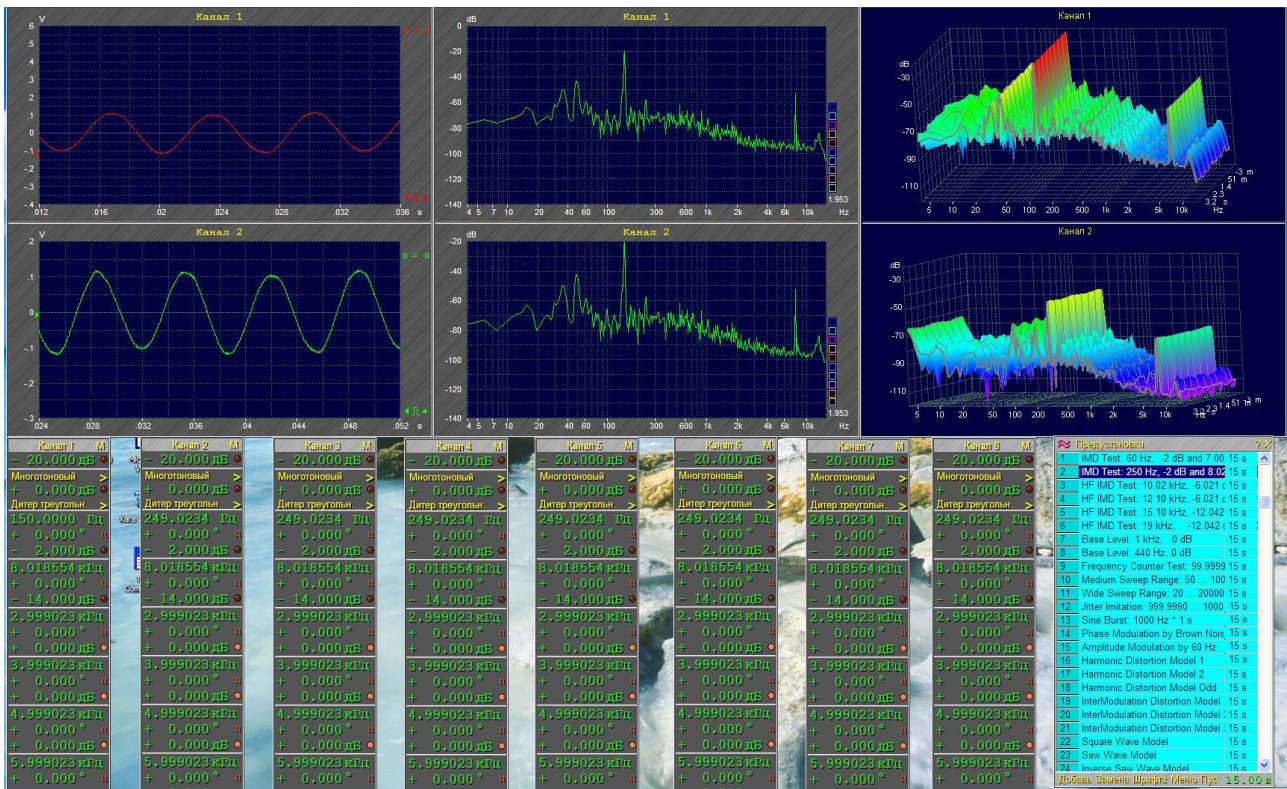
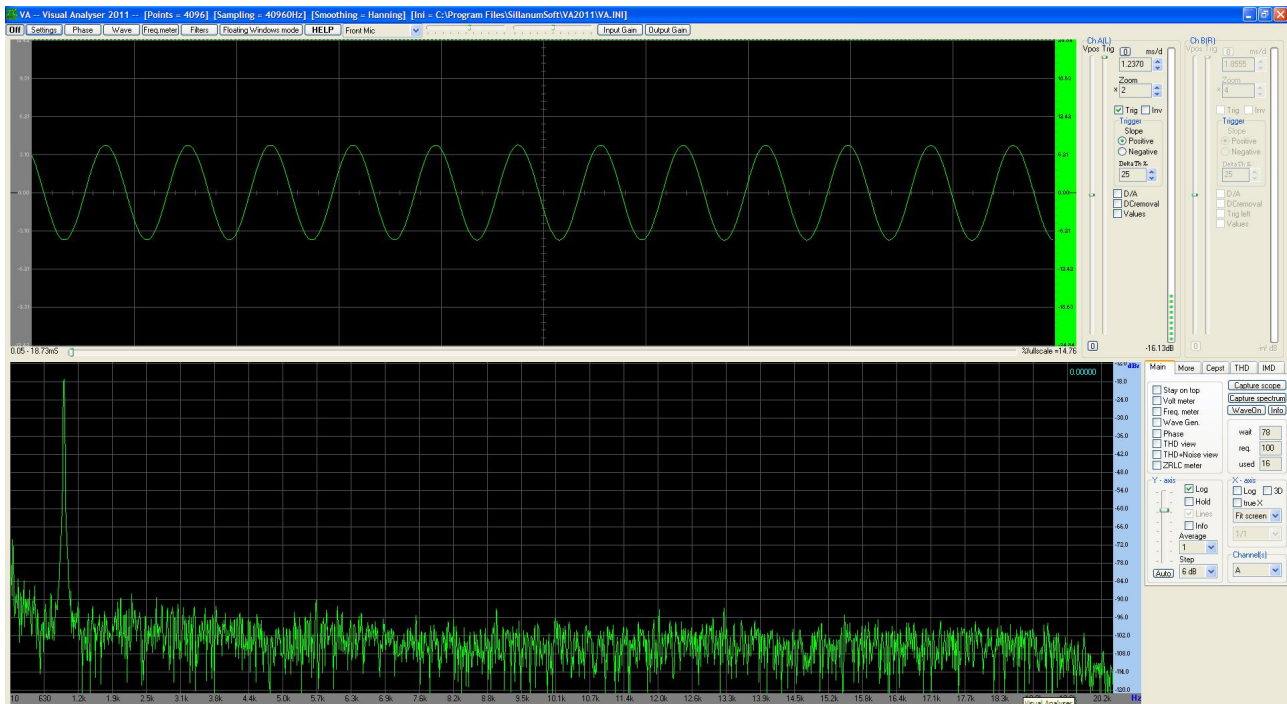


Рис. 5. Тестові сигнали та реакція акселерометричної системи на відповідні збуджуючі сигнали

Система дозволяє проводити вивчення поведінки КР під дією зовнішніх механічних та температурних навантажень шляхом автоматичного вимірювання відповідних параметрів та статистичної обробки результатів за допомогою ПЕОМ. Виведення інформації на екран здійснюється у вигляді осцилограм, графіків та цифрових даних (частота коливань, амплітуда, прискорення, кути нахилу, тощо) [2].



а)



б)

Рис. 6. Приклади виведення результатів вимірювання характеристик кварцових резонаторів: а) масив вимірюваних даних і груповий 3D-спектр; б) збуджене коливання однієї гармоніки та її спектр

Висновки. Розроблена система дозволяє здійснювати дослідження широкого спектру характеристик КР і з великою точністю виявляти частоти їх основних резонансів, ряду гармонік, ангармонік, дослідження околиці резонансних частот, тощо. Крім того, є можливість здійснювати позиціонування конструкцій кварцових резонаторів за допомогою мікроконтролера і тривісних акселерометричних давачів. Всі вимірювання можна здійснювати як в ручному, так і в автоматизованому режимах, включаючи процеси необхідних обчислень за допомогою ПЕОМ. Система дозволяє формувати вібраційні впливи довільного характеру з максимальним прискоренням до 5g та автоматичною фіксацією частотних розладнань. Запропонована система 4-канальна, що дозволяє здійснювати дослідження поведінки КР в багаточастотному режиму збудження. Це надає ряд переваг та можливість динамічного дослідження характеристик КР, яке на відміну від статичного дозволяє отримати загальну картину параметрів досліджуваного об'єкта в широких межах частотного діапазону з прицезійною точністю, завдяки використанню технології DDS [3]. Система також дозволяє досліджувати кварцові резонатори в будь-яких конструктивних варіантах, включаючи SMD.

Література:

1. Стецюк В. І. Вимірювання просторового положення та орієнтація в просторі конструкцій кварцових резонаторів / Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2014. – 5. – С. 119-122.
2. Підченко С. К. Лабораторний стенд для дослідження характеристик віброчутливості кварцових резонаторів / С. К. Підченко, А. А. Таранчук, В. І. Стецюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. – 2012. – № 1. – С. 187-190.
3. Стецюк В. І. Дослідження характеристик кварцових резонаторів за допомогою DDS синтезаторів. – Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. – Хмельницький, 2014. – № 1, – С. 69-71.