

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ DDS СИНТЕЗАТОРІВ

В роботі представлено практичну розробку лабораторного стенду для експериментальних досліджень характеристик кварцових резонаторів, який дозволяє з великою точністю виявляти частоти їх основних резонансів, ряду гармонік, ангармонік, здійснювати дослідження околиці резонансних частот. Розроблений стенд дозволяє проводити вивчення поведінки кварцових резонаторів в реальних умовах шляхом ручного і автоматичного вимірювання параметрів та здійснювати статистичну обробку результатів за допомогою ПЕОМ. Запропонований метод дозволяє також проводити дослідження в багаточастотному режимі збудження кварцових резонаторів.

Ключові слова: лабораторний стенд, кварцовий резонатор, резонансна частота, гармоніка.

V. I. STETSYUK

Khmelnytsky National University

INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF QUARTZ RESONATORS USING DDS SYNTHESIZERS

This paper presents the development of practical laboratory model for experimental studies of characteristics of quartz resonators, which allows high accuracy to detect the frequency of the main resonance, a number of harmonics, anharmonik, perform research outskirts of resonant frequencies. Designed stand allows for studying the behavior of quartz resonators in real terms by the manual and automatic measurement parameters and perform statistical analysis results using the PC. The proposed method also allows you to research in multi-frequency excitation mode quartz resonators.

Keywords: laboratory stand, crystal, resonance frequency, harmonics.

Вступ

Потреба в кварцових п'єзрезонансних пристроях різноманітних типів постійно зростає за рахунок розширення області їх застосування, високих метрологічних характеристик, рентабельності їх серійного виробництва, а також високих параметрів якості та ефективності роботи. Кварцові резонатори (КР) широко застосовуються для засобів телекомунікацій, керування та навігації, аварійно-рятувальної та контрольно-вимірювальної техніки, в апаратурі космічних, авіаційних, мобільних і наземних систем зв'язку, телеметрії, радіоастрономії та інших комплексах народногосподарського і спеціального призначення. А стабільність частоти електричних коливань відіграє головну роль у забезпеченні важливіших якісних показників сучасних радіоелектронних пристроїв, систем та комплексів. Слід зазначити також досить широкий діапазон частот використання КР: від декількох кілогерців до сотень мегагерців. Роль кварцових резонаторів постійно збільшується по мірі зростання попиту та розширення сфер їх застосування. Це накладає нові вимоги до вимірювання та контролю технічних параметрів і характеристик КР [1].

Основна частина

Для експериментального дослідження характеристик кварцових резонаторів (КР) було розроблено спеціальний лабораторний стенд, який дозволяє проводити вивчення поведінки КР в реальних умовах шляхом ручного (рис. 1,а) та автоматичного (рис. 1,б) вимірювання параметрів та статистичної обробки результатів за допомогою ПЕОМ. Дослідження характеристик КР дозволяє з великою точністю виявити частоти їх основних резонансів, ряду гармонік, ангармонік, дослідження околиці резонансних частот, тощо. Лабораторний стенд зображений на рис. 2.

Схема роботи в ручному режимі складається з DDS генератора (Direct Digital Synthesizer), частотного дискримінатора (ЧД), фільтра низьких частот (ФНЧ), регульованого підсилювача, цифрового вольтметра, блоку живлення та об'єкта дослідження (КР). Цифровий мікроелектронний синтезатор частоти прямого синтезу (DDS) AD9851 в ручному режимі працює за допомогою локальних органів керування (клавіатура, валкодер), забезпечуючи на виході гармонічні коливання в необхідному діапазоні частот. Він дозволяє екстремально швидко програмне перелаштовування в широкому діапазоні частот, у тому числі і за лінійним законом для дослідження резонансів КР. Діапазон частот DDS знаходиться в межах від 0 до 75 МГц з мінімальним кроком на виході 1 Гц та можливістю розстроювання частоти з кроком 0,1 Гц. Керування DDS здійснюється за допомогою мікроконтролера або ПЕОМ (в залежності від варіанта застосування – рис. 1а, б). AD9851 містить вбудований високошвидкісний та високопродуктивний 10-bit ЦАП і компаратор для формування функцій синтезатора частоти і тактового генератора керованого цифровими методами. Високошвидкісне DDS ядро управляється 32-bit словом установки частоти, що призводить до вихідного розрізнення в 40 мілігерц при тактовій частоті опорного генератора 180 МГц. Також AD9851 містить унікальну схему множення частоти на $\times 6$ (PLL), що дозволяє використовувати низькочастотні опорні генератори. Пристрій містить 5-bit керований фазовий модулятор, який зсуває фазу

з інкрементом 180°, 90°, 45°, 22,5° та 11,25° із будь-якими їхніми комбінаціями [2].

З виходу DDS сигнал надходить на ЧД, до якого під'єднано в якості об'єкта дослідження кварцовий резонатор. Для підвищення точності вимірювань КР, що досліджується, включений в якості опорного контуру до схеми частотного дискримінатора (ЧД), який підбирається в залежності від досліджуваного діапазону частот КР. Під час роботи зі стендом було розроблено ряд макетних плат з різноманітними ЧД – КА567 (0,01 Гц – 500 кГц), КА2245 (до 15 МГц), ТВА120S (до 30 МГц), МС3361 (до 60 МГц). Зміна частоти локальними органами керування DDS призводить до змін напруги на виході ЧД. Після фільтрації ФНЧ, сигнал подається на підсилювач з регульованим коефіцієнтом передачі. Після підсилення сигнал фіксується цифровим вольтметром. Блок живлення повинен забезпечувати необхідну для даної макетної плати високостабільну постійну напругу.

Лабораторний стенд для роботи в автоматичному режимі замість вольтметра містить ПЕОМ (ноутбук) із відповідним програмним забезпеченням. Він здійснює обробку, запис та відображення результатів досліджень. Крім того, передбачена можливість автоматичного керування роботою DDS через USB інтерфейс. ПЕОМ здійснює сканування у вказаному діапазоні частот з потрібним кроком та відображення на екрані характеристик КР, а також запис у вигляді табличних даних для подальшої обробки і аналізу. Таким чином лабораторний макет дозволяє проводити дослідження кварцових резонаторів у частотному діапазоні до 60 МГц, що цілком достатньо для більшості КР, що випускаються промисловістю. Основна резонансна частота кварцових резонаторів зазвичай не перевищує 30-40 МГц, що обумовлене можливостями кріплення надтонких пластин п'єзокварцу.

Параметри досліджуваного кварцового резонатора типу РК171-6АН-10000К ОД0.338.019 ТУ приведені в табл. 1, а графіки типових температурно-частотних характеристик (ТЧХ) – на рис. 3.

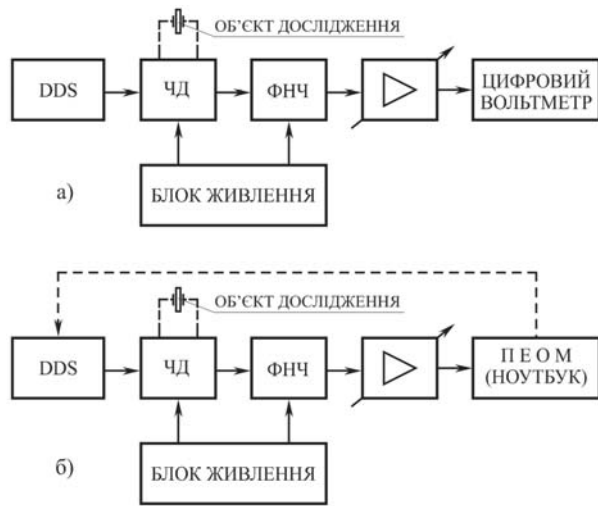


Рис. 1. Лабораторний стенд дослідження характеристик КР: а) в ручному режимі; б) в автоматичному режимі. DDS – цифровий синтезатор, ЧД – частотний дискримінатор, ФНЧ – фільтр низької частоти

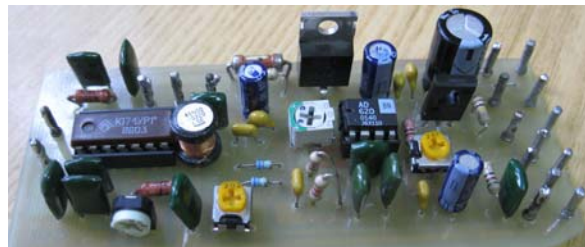
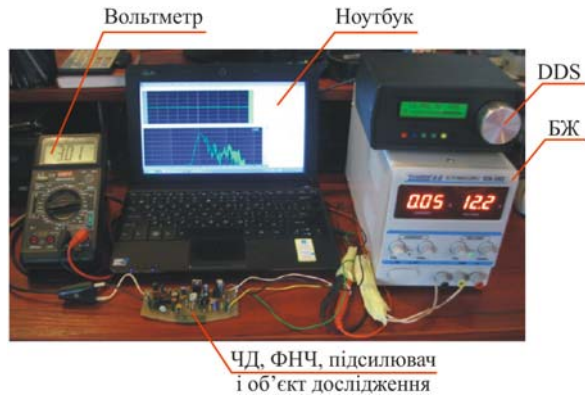


Рис. 2. Фото лабораторного стенду та однієї із розроблених макетних плат

Таблиця 1

Діапазон частот, МГц	Механ. гармоніка	Динам. опір, не більше, Ом	Точність настр., $\times 10^{-6}$	Довгострокова стабільність за 15 років, $\times 10^{-6}$	Нестабільність частоти в інтервалі температур															
					Інтервал темп., °C	Діапазон частот, МГц	Зміна частоти в інтервалі температур не більше, $\times 10^{-6}$													
							±15 (H)	±20 (П)	±25 (Р)	±30 (С)	±35 (Ф)	±40 (Т)	±50 (У)	±75 (Ы)	±100 (X)					
8,0...20,0	1	20	±10 (5); ±15 (6); ±20 (7);	±40	+15...45 (J)	8...100		*												
18,0...45,0	3	70			0...50 (M)			*												
45,0...50,0	3	90			-10...60 (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
50,0...100,0	5	100			-30...60 (B)					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Приклади результатів досліджень, отримані за допомогою розробленого лабораторного стенду, для герметизованого кварцового резонатора типу РК171-6АН-10000К ОД0.338.019 зображені на рис. 4. Як бачимо, КР має яскраво виражену залежність на основній частоті збудження (10 МГц) та ряд ангармонік. Із графіків та отриманих табличних даних можна отримати частоту основного резонансу, частоти кратних гармонік, частоти субгармонічних та ангармонічних коливань.

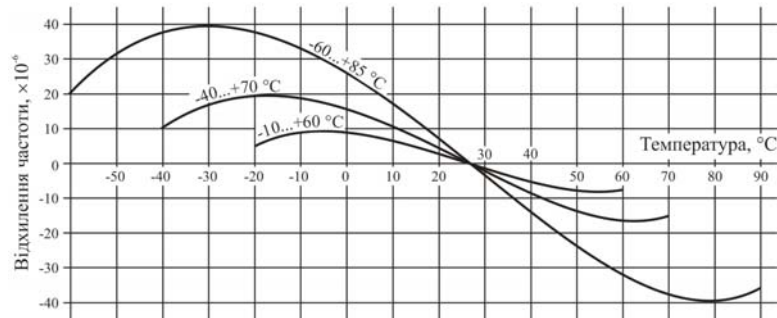


Рис.3. Графік типових ТЧХ резонатора РК171-6АН-10000К ОД0.338.019 ТУ

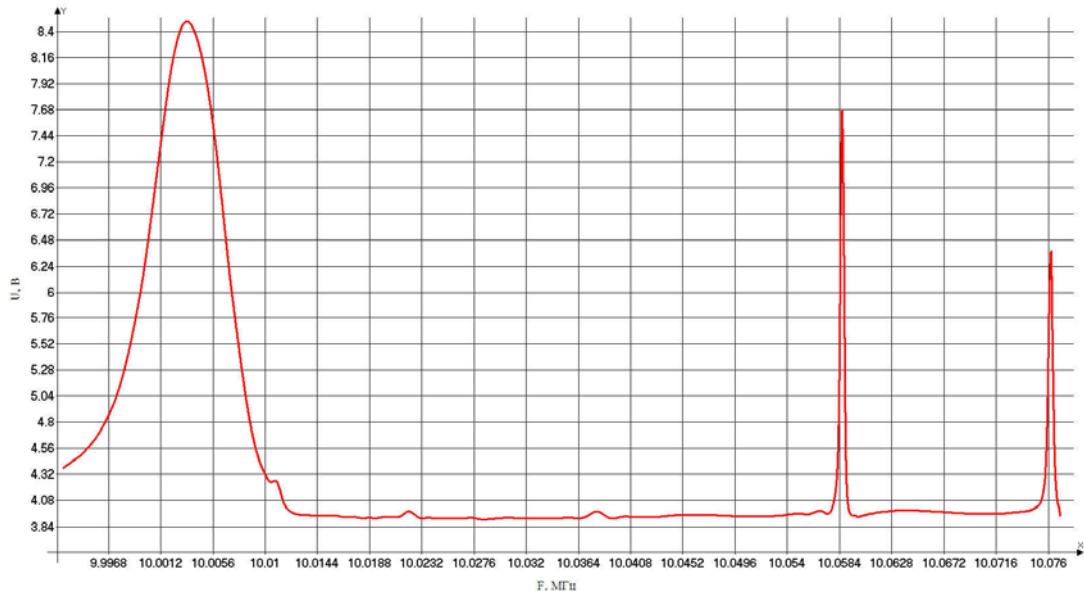


Рис. 4. Частотні характеристики КР типу РК171-6АН-10000К ОД0.338.019

Висновки

Розроблений та практично реалізований лабораторний стенд для дослідження характеристик кварцових резонаторів в ручному та автоматизованому режимах роботи. Отримані частотні залежності дозволяють перевіряти працездатність КР в реальних схемах на робочих діапазонах частот, а також досліджувати їх околицю та можливість збудження на інших гармоніках та ангармоніках. Все вище сказане стосується і багаточастотного режиму збудження КР, адже запропонований метод дозволяє здійснювати одночасне дослідження двох або трьох резонансних частот. Перевагою також є можливість динамічного дослідження характеристик КР, яке на відміну від статичного дозволяє отримати загальну картину параметрів досліджуваного об'єкта не в одній точці характеристики або на одній частоті, а у вказаних користувачем межах, які задаються з досить великою точністю, притаманною DDS генераторам (десяті долі Герц). Розроблений лабораторний стенд дозволяє досліджувати КР в будь-яких конструктивних варіантах, включаючи SMD.

Література

1. Підченко С. К. Лабораторний стенд для дослідження характеристик віброцутливості кварцових резонаторів / С. К. Підченко, А. А. Таранчук, В. І. Стецюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. – 2012. – № 1. – С. 187-190.
2. Стецюк В. І. Схемотехнічні особливості використання синтезаторів частот в приймальному тракту цифрових приймачів / В. І. Стецюк, Ю. М. Бойко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2013. – № 5. – С. 219-231.

References

1. Pidchenko S. K. Laboratorniy stend dlya doslidzheniya charakteristik vibrochutlivosti kvarcevih rezonatorov / S. K. Pidchenko, A. A. Taranchuk, V. I. Stetsyuk // Visnyk Vinnickogo politechnichnogo institutu. – Vinnica. – 2012. – № 1. – P. 187-190.
2. Stetsyuk V. I. Schemotechnichni osoblivosti vikoristannya sintezatoriv chastot v priymalnomu trakti cifrovih priymachiv / V. I. Stetsyuk, J. M. Boyko // Visnyk Khmelnytskogo nacionalnogo universitetu. – Khmelnytsky, 2013. – № 5. – P. 219-231.

Рецензія/Peer review : 11.2.2014 р.

Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.