

Р. В.Проць¹, А. В.Романюк², К. С. Семьянистий²¹ Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра комп'ютеризованих систем автоматики,² Національний університет "Львівська політехніка",

ВСП – коледж телекомунікацій та комп'ютерних технологій

ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ КОЛИВНИХ СИСТЕМ

© Проць Р. В., Романюк А. В., Семьянистий К. С., 2019

Розглянуто принцип побудови цифрового вимірювача параметрів коливних контурів: добротності, резонансної частоти та смуги пропускання без дослідження резонансної характеристики контура.

Ключові слова: коливна система, добротність, смуга пропускання.

R. Prots, A. Romaniuk, K. Semianystyj

Lviv Polytechnic National University

DIGITAL MEASURING PARAMETER OF OSCILLATING SYSTEMS

©Prots R., Romaniuk A., Semianystyj K., 2019

The principle of construction of a digital meter of parameters of oscillating circuits is considered in the article. The measurement of the main parameters - Q factor, resonant frequency f_0 and bandwidth Δf is carried out without studying the resonant characteristics of the circuit.

The principle of measuring the quality factor of the circuit is based on counting the number N of pulses of free oscillations of the oscillating system after its shock excitation. It is shown that the number N of free oscillations of the circuit from the first measurement of the amplitude U_1 to the N with the amplitude $U_2 = 0.0432 U_1$ corresponds to the value of the Q factor of the oscillating circuit.

The block diagram of the digital meter of parameters of oscillating systems and algorithm of its work are resulted.

Principle of considered of digital settings meter of oscillating circuit – virtue resonant frequency and band width without exploring of resonance characteristics of the circuit.

Key words: oscillating system, virtue, band width, Q factor.

Вступ

Під час дослідження коливних процесів у радіотехнічних колах, у системах автоматики, в акустиці часто постає задача вимірювання коефіцієнта загасання коливань, їх частоти f_0 , добротності Q та смуги пропускання Δf [1, 2]. При цьому використання резонансних методів вимірювання цих параметрів доволі трудомістке і не відзначається високою точністю, особливо в діапазоні низьких частот внаслідок неточності настроювання в резонанс самої коливної системи.

Обґрунтування методу вимірювання

Принцип цифрового вимірювання добротності Q коливної системи ґрунтується на підрахунку числа імпульсів вільних коливань системи після її збудження (рис. 1) [3]. Проілюструємо метод вимірювання вказаного параметра на прикладі використання коливного LC-контура.

Обвідну вільних коливань, які виникають у контурі після його ударного збудження, можна описати за експоненціальним законом у вигляді

$$u(t) = U_1 e^{-at} = U_1 e^{\frac{-\pi Q}{2Q} t}, \quad (1)$$

де $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ – кругова частота вільних коливань у системі, Q – добротність коливної системи, $\alpha = \frac{\omega_0}{2Q}$ – коефіцієнта загасання вільних коливань.

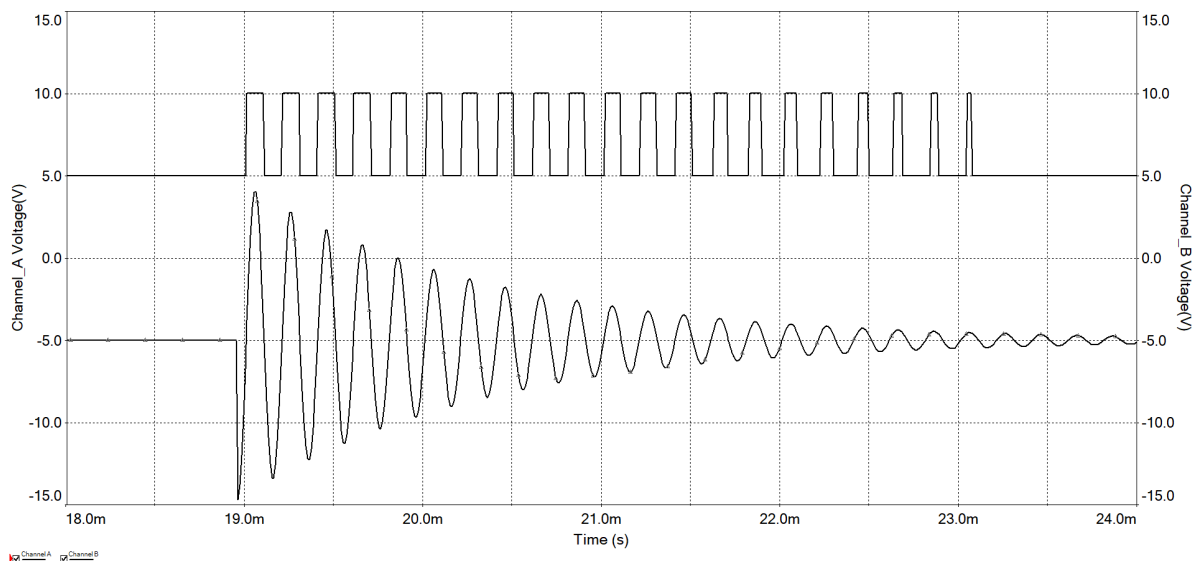


Рис. 1. Графік вільних коливань коливного контура після ударного збудження

Якщо інтервал спостереження обмежити часом $t_1 = NT_0$, де T_0 – період вільних коливань, а N – число коливань за час спостереження, то формула (1) матиме вигляд

$$U(t_1) = U_1 e^{\frac{2\pi f_0 N T_0}{-2Q}} = U_1 e^{\frac{-\pi N}{Q}}. \quad (2)$$

З формули (2) видно, що, якщо число коливань за час спостереження дорівнює значенню добротності коливної системи Q , тобто $N = Q$, то

$$U_2 = U_1 e^{-\pi} = 0,0432 U_1 \quad (3)$$

або
$$\frac{U_1}{U_2} = e^{\pi} = 23,15.$$

Отже, якщо підрахувати кількість вільних коливань від першого вимірювання амплітуди коливання U_1 до N -го з амплітудою $U_2 = 0,0432 U_1$, то показ лічильника числа коливань відповідатиме значенню добротності Q коливної системи. Тобто, добротність Q коливної системи – це число періодів вільних коливань, при якому амплітуда останнього фіксованого коливання відносно першого коливання зменшується в 23,15 рази.

Опис моделі, принципової схеми та алгоритму роботи вимірювача

Схему моделі вимірювача добротності наведено на рис. 2.

Досліджуваний контур з'єднується з контактами А, В і С моделі. До перевірки ключі S1 і транзисторний Q1 розімкнено.

Від джерела напруги V1 конденсатор контура C1 заряджається до напруги 10 В. При замиканні ключа S1 транзистор Q1 з'єднує конденсатор C1 зі спільною шиною і в контурі виникають вільні коливання, які подаються на вхід компаратора U1.

На другий вхід компаратора з подільника R1R4 подається порогова напруга, рівень якої відповідає формулі (3). На виході формується послідовність імпульсів, кількість яких, згідно з виразом $N = Q$, дорівнює значенню добротності контура.

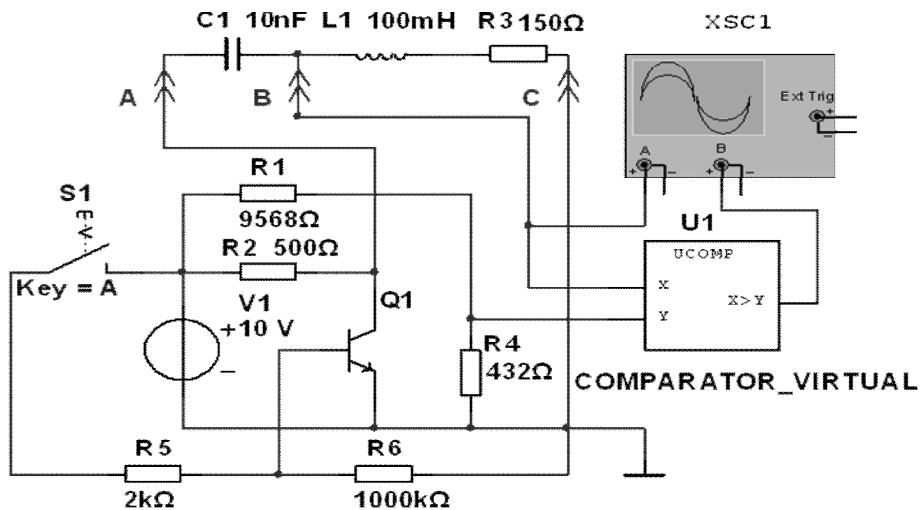


Рис. 2. Схема моделі вимірювача добротності коливного контура

На рис. 1 наведено осцилограми напруги перехідного процесу і послідовності імпульсів на виході компаратора для контура, параметри якого вказано на схемі моделі. Розраховане значення добротності дорівнює

$$Q = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{150} \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-1}}{1 \cdot 10^{-8}}} = 21,1.$$

Кількість імпульсів на виході моделі дорівнює 21, що збігається з розрахованим значенням добротності.

Принципову схему цифрового вимірювача параметрів коливних систем наведено на рис. 3 , а його алгоритм роботи показаний на рис. 4.

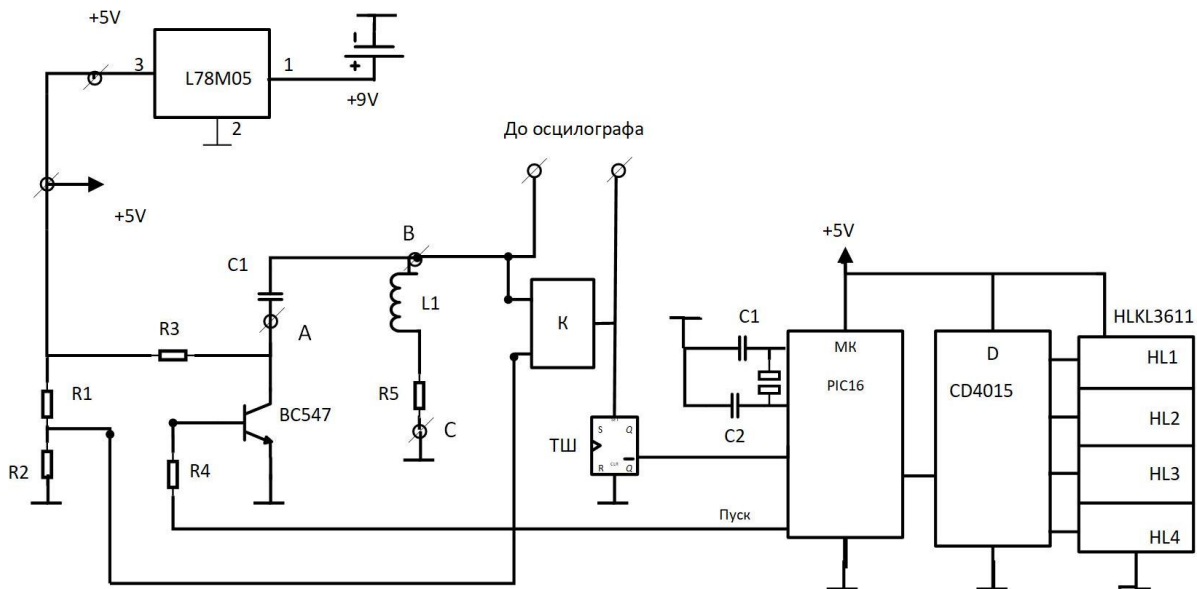


Рис. 3. Принципова схема вимірювача параметрів коливних систем

Під час включення живлення відбувається обнулення лічильників та регістрів мікроконтролера. На шині “Пуск” появиться логічна одиниця, потенціал якої подається на базу транзистора BC547, запускаючи коливний процес в контурі C1L1. Внутрішній таймер мікроконтролера запрограмований на три етапи вимірювання . Спочатку в момент часу t_1 вимірюється добротність коливальної системи за кількістю сформованих імпульсів. Вимірювальна величина фіксується в ПЗУ і передається на дешифратор для подальшої індикації.

У момент часу t_2 вимірюється період вільних коливань контура та обчислюється його резонансна частота, яка теж фіксується в ПЗУ і передається на індикатор через дешифратор. У момент часу t_3 алгебраїчно-логічний пристрій мікроконтролера на основі даних про величину добротності та резонансної частоти, що містяться в ПЗУ, розраховує величину смуги пропускання коливної системи та передає дані на індикатор. Далі алгоритм вимірювання повторюється.

Резонансна частота коливної системи f_0 визначається періодом вільних коливань T_0 за формулою $f_0 = 1 / T_0$, а смуга пропускання при цьому як $\Delta f = f_0 / Q$.

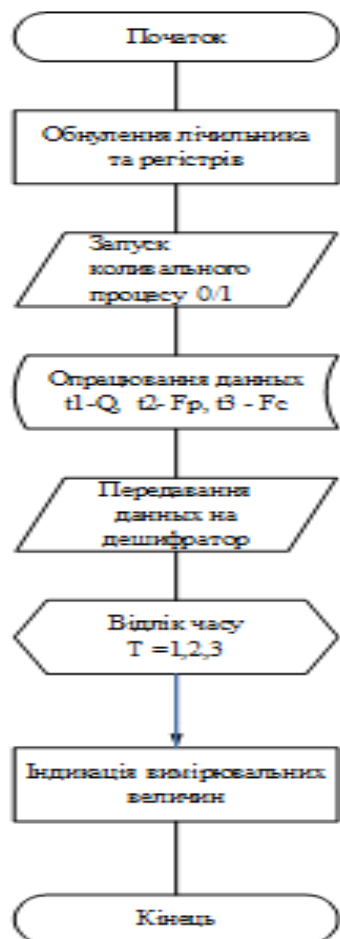


Рис. 4. Алгоритм роботи вимірювача параметрів коливних систем

Висновки

Розглянуто принцип побудови цифрового вимірювача параметрів коливальних систем на прикладі вимірювання основних параметрів коливального контура – добротності Q , резонансної частоти f_0 і смуги пропускання Δf .

Перевагою описаного методу визначення параметрів коливної системи є те, що він не потребує дослідження резонансної кривої контура та проведення необхідних при цьому розрахунків.

1. *Основи метрології та виміральної техніки: в 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; за ред. Б. Стадника. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. Т. 2: Вимірвальна техніка. 656 с.* 2. *Электрические измерения неэлектрических величин; под ред. П. В. Новицкого. – Л.: Энергия, 1975. 576 с.* 3. *Куинир Ф. В. Электрорадиоизмерения. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.* 4. *Татур Т. А. Основы теории электрических цепей. М.: Высшая школа, 1980. 271 с.*