

АПАРАТНО-ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШИРОКОДІАПАЗОННОГО МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ЧАСТОТОМІРА

¹ Вінницький національний технічний університет;

² ТОВ «НЕСС ГРУП»

Анотація

Розроблено апаратно-програмну реалізацію цифрового частотоміра миттєвих значень (цифрового періодоміра) зі збільшеною роздільною здатністю та високими метрологічними показниками на базі високопродуктивного МК, що дозволяє вимірювати частоту в широкому діапазоні значень.

Ключові слова: частотомір миттєвих значень, вимірювання частоти, мікроконтролерний частотомір.

Abstract

A hardware and software implementation of an instantaneous values' digital frequency meter (digital periodometer) with increased resolution and high metrological parameters based on a high-performance MCU has been developed, which allows measuring the frequency in a wide values range.

Keywords: instantaneous values frequency meter, frequency measurement, microcontroller frequency meter.

Вступ

В теперішній час, з метою інтенсифікації випробувань електричних машин (ЕМ), переважна більшість досліджень зорієнтована на прискоренні випробування, що здійснюються в досліді «холостого ходу». Основною тут є перехідна характеристика (змінна кутової швидкості в часі), яку отримують в динамічному режимі роботи об'єкту вимірювання (електричної машини) при практично нульовому моменті опору на його валу. Особливістю експериментальних досліджень цієї характеристики є визначення з високою точністю в режимі реального часу наявних на ній провалів, раптових викидів, синхронних провалів, які суттєво впливають на віброакустичні характеристики електричних машин. Вирішують цю науково-прикладну проблему забезпеченням максимальної кількості результатів вимірювань за час перехідного процесу електричної машини, похибка квантування яких протягом вимірювального експерименту не повинна перевищувати нормованого значення.

Для здійснення таких сумісних динамічних вимірювань зміни швидкості в функції часу протягом перехідного процесу ЕМ переважна більшість дослідників застосовує в якості сенсора енкодер, вал якого через муфту спряження з'єднують з валом ЕМ. Частоту імпульсів з виходу ЕК перетворюють у двійковий код вимірювальними каналами частоти (ВКЧ).

Метою роботи є розробка апаратно-програмної реалізації широкодіапазонного мікроконтролерного ВКЧ миттєвих значень, похибка квантування якого протягом вимірювального експерименту не перевищуватиме нормованого значення.

Результати дослідження

Для вирішення поставленого завдання було обрано високопродуктивний 32-бітний мікроконтролер сімейства STM32, ядро якого може працювати на частоті до 168 МГц.

Використання даного типу МК дозволяє використовувати 32-бітні регістри для зберігання його таймером значень кількості імпульсів, якими квантується вимірюваний період, що при частоті роботи таймерів 42 МГц, забезпечує нижню межу вимірювання на рівні:

$$f_{x \min} = \frac{f_0}{2^n} = \frac{42 \text{ MHz}}{2^{32}} = 0,02 \text{ Hz.} \quad (1)$$

При цьому похибка квантування складатиме:

$$\delta_k = \frac{f_x}{f_0} \cdot 100\% = \frac{50 \text{ Hz}}{42 \text{ MHz}} \cdot 100\% = 1,2 \cdot 10^{-4} \% \quad (2)$$

Задавшись нормованим значенням похибки квантування на рівні 0,001%, отримаємо наступне значення верхньої межі вимірювання:

$$f_{x \max} = \frac{\delta_{\text{кв}} \cdot f_0}{100\%} = \frac{0,001\% \cdot 42 \text{ MHz}}{100\%} = 420 \text{ Hz}, \quad (3)$$

чого буде достатню для покриття потреб вимірювання переважної більшості сучасних ЕМ.

Для реалізації частотоміра, що забезпечує дані метрологічні характеристики використаємо два таймери мікроконтролера, TIM2 та TIM5. Перший рахуватиме кількість імпульсів, якими квантуватиметься період сигналу, отриманого з енкодера при розгоні ЕМ, другий, в свою чергу, буде виконувати функцію годинника реального часу, для фіксації часових міток. Обидва таймера тактуватимуться від одного генератора опорної частоти. Функціональна схема розробленого рішення зображена на рис. 1.

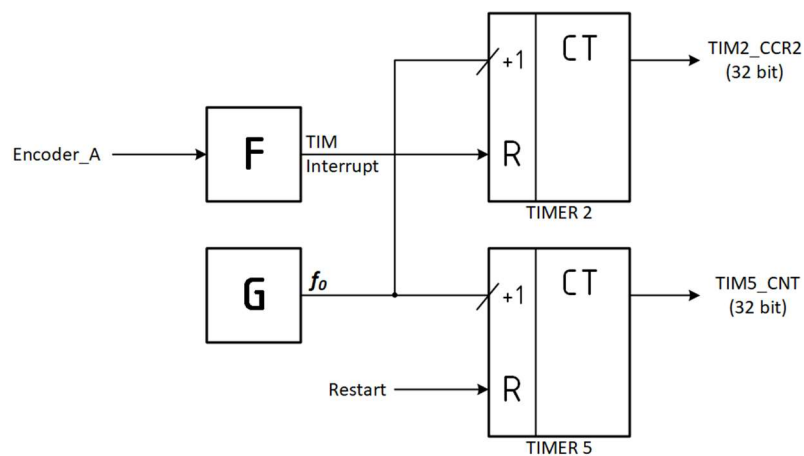


Рис. 1. Функціональна схема частотоміра миттєвих значень на базі високопродуктивного МК

Часові діаграми роботи даного рішення показано на рис. 2.

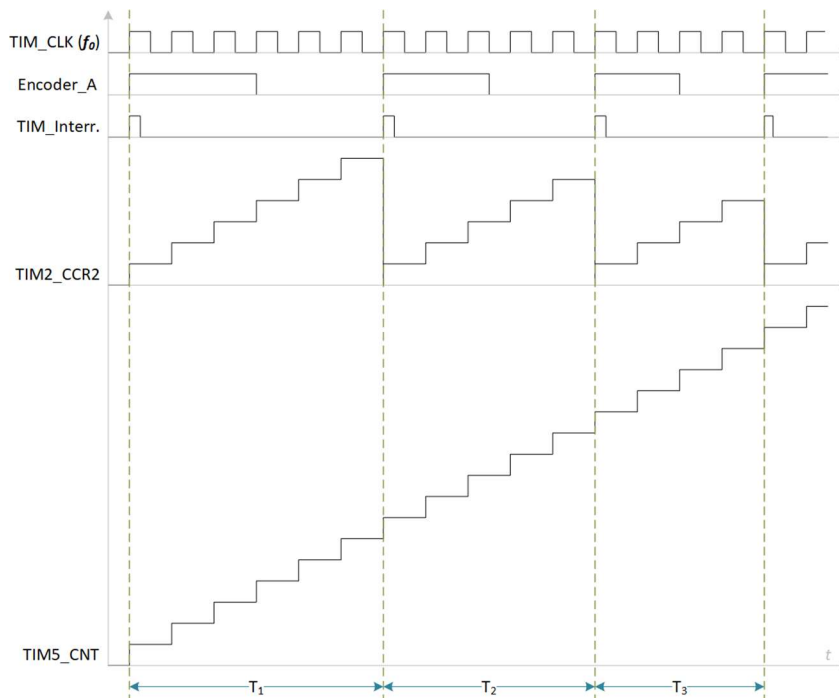


Рис. 2. Часові діаграми роботи реалізованого частотоміра миттєвих значень

Висновки

Суттєвою відмінністю даної реалізації частотоміра є використання сучасного продуктивного мікроконтролера, який при правильній конфігурації периферії дозволяє зберегти в лічильних регістрах таймерів великі значення кількості імпульсів квантування вимірюваних періодів.

Використання в даному засобі переваг частотомірів миттєвих значень і продуктивності сучасних мікроконтролерів забезпечує здійснення динамічних вимірювань з наперед заданим нормованим значенням похибки квантування. Такі мікроконтролерні тахометри доцільно використовувати у випадках, коли діапазон вимірюваної частоти досить широкий і на всьому діапазоні потрібно забезпечити нормовану похибку квантування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kukharchuk, V.V.; Pavlov, S.V.; Holodiuk, V.S.; and etc. Information Conversion in Measuring Channels with Optoelectronic Sensors. *Sensors* 2022,22,271. [https://doi.org/ 10.3390/s22010271](https://doi.org/10.3390/s22010271).

2. Kukharchuk V.V., Holodiuk V.S. Results of studies of the quantization and discretization error of digital tachometers with an encoder, Integrated intelligent robotic complexes (IIRTK-2022), Fifteenth International Scientific and Practical Conference May 17-18, 2022, Kyiv, Ukraine, K.: NAU, 2022, 241 p. (a collection of theses), P. 98-100.

3. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань / Конспект лекцій. Частина II: Вінниця: ВНТУ, 2020. – 15.

Кухарчук Василь Васильович — д.т.н., професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bkuch@ukr.net

Голодюк Володимир Сергійович — аспірант кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vgolodyk@gmail.com

Бойко Святослав Миколайович — інженер-програміст вбудованих систем, ТОВ «НЕСС ГРУП», м. Вінниця.

Kukharchuk Vasyl V. — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bkuch@ukr.net

Holodiuk Volodymyr S. — Postgraduate Student of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vgolodyk@gmail.com

Boiko Sviatoslav M. — embedded software engineer, "KNESS GROUP" LLC, Vinnytsia.