

УДК 519.87:316.458.6

Ю.І. Кушнерук¹, Є.С. Пятков²¹Академія внутрішніх військ МВД України, Харків²Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба**АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ РОБОТИ ЦИФРОВИХ ЧАСТОТОМІРІВ СЕРЕДНІХ ЗНАЧЕНЬ**

В статті проаналізовано принцип роботи цифрових частотомірів середніх значень та визначена доцільність використання схеми частотоміру з синхронізацією моменту початку вимірювання.

Ключові слова: цифрові частотоміри, синхронізація.

Вступ

Постановка задачі. Успіхи, досягнуті в останні роки в області електроніки, обумовили широке впровадження мікроелектроніки в засоби електричних вимірювань. Впровадження нових методів вимірювання, що засновані на використанні цифрових частотомірів дозволило значно збільшити швидкість вимірювання. Тому питання, які пов'язані з аналізом принципів роботи цифрових частотомірів є актуальними при визначенні засобів електричних вимірювань.

Аналіз літератури. В літературі [1 – 5] розглянуті питання, які пов'язані із теоретичними відомостями щодо метрологічних вимірювань. Нажаль в запропонованій літературі [1 – 5] аналіз принципів роботи цифрових частотомірів середніх значень ретельно не здійснювався.

Метою статті є проведення аналізу принципів роботи цифрових частотомірів середніх значень.

Виклад основного матеріалу

Принцип роботи частотоміра середніх значень полягає в підрахунку T_x числа періодів невідомої частоти f_x за зразковий проміжок часу T_0 , вироблений у самому приладі.

Результат вимірювання визначається числом

$$N = T_0 / T_x = T_0 f_x. \quad (1)$$

Найпростіша структурна схема частотоміра представлена на рис. 1. Вимірювана частота f_x підводить до входу формувача Φ . По команді «Запуск», поданої на вхід $Зп$ або оператором, або від пристрою автоматичного пуску, схема приводиться у вихідний стан. Через певний час $\tau_{об}$, необхідне для підготовки до вимірів, на виході одноковібратора $ОВ$ з'явиться сигнал, що перемикає тригер T_r .

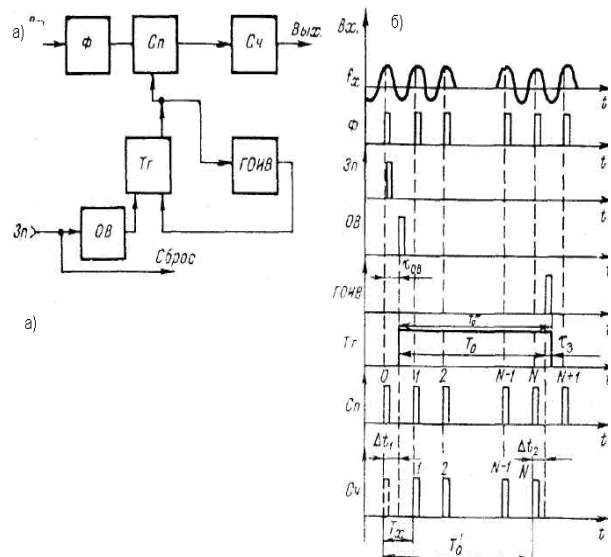


Рис. 1. Найпростіша структурна схема (а) і часова діаграма (б) роботи частотоміра без синхронізації моменту початку виміру

При цьому на одиничному виході останнього з'явиться сигнал «1», що відкриває схему збігу C_n і запускає генератор зразкового інтервалу часу (ГЗІЧ). Через схему C_n імпульси вимірюваної частоти сформовані формувачем Φ , надходять на вхід лічильника C_4 . Лічильник рахує імпульси доти, поки через час T_c імпульс ГОИВ не поверне тригер T_r у вихідний стан; після чого процес виміру закінчується, а число, набране лічильником C_4 , буде відповідати вимірюваній частоті.

Тимчасова діаграма роботи описаної схеми (рис. 1) показує, що відсутність синхронізації початку й кінця зразкового проміжку часу T_0 з імпульсами f_x приводить до появи похибки виміру, абсолютна величина якої визначається значеннями Δt_1 і Δt_2 . Фактично час виміру:

$$T_0 = NT_x = N/f_x = T_0 + \Delta t_1 - \Delta t_2(1-2), \quad (2)$$

тому
$$N = T_0 f_x + (\Delta t_1 - \Delta t_2)/T_x \quad (1-3). \quad (3)$$

Інтервали Δt_1 й Δt_2 змінюються незалежно один від одного, приймаючи з рівною ймовірністю значення від 0 до T_x . В цьому випадку максимальна відносна похибка, обумовлена відсутністю синхронізації, дорівнює:

$$\gamma_d = \frac{1}{N} = \frac{1}{(T_0 f_x)}. \quad (4)$$

Похибка γ_d має назву похибки дискретності. Іншої складової похибки є похибка, обумовлена збільшенням часу T_0 до величини T_0'' , яка обумовлена затримкою τ_3 спрацьовування елементів схеми, розташованих між ГЗІЧ і лічильником C_q (у цьому випадку тригер T_r і схема збігу C_n). Вираз цієї похибки має вигляд:

$$\gamma_3 = \frac{\tau_3}{T_0} = \frac{\tau_3 f_x}{(T_0 f_x)} = \gamma_d \tau_3 f_x. \quad (5)$$

Практично ця складова похибки визначається декілька інакше. Момент початку вимірювання можна синхронізувати з вимірюваною частотою. Можливості синхронізувати закінчення виміру не має. На рис. 2 (а) представлена схема, а на рисунку рис. 2 (б) - тимчасова діаграма роботи частотоміра, у якому момент початку виміру синхронізований з вимірюваною частотою f_x . У цій схемі введений додатковий тригер T_{r2} . Він перемкнеться в стан «1» імпульсом вимірюваної частоти, що надходить від формувача Φ через схему збігу C_{n1} після того, як на інший вхід її надійде сигнал «1» із тригеру T_{r1} .

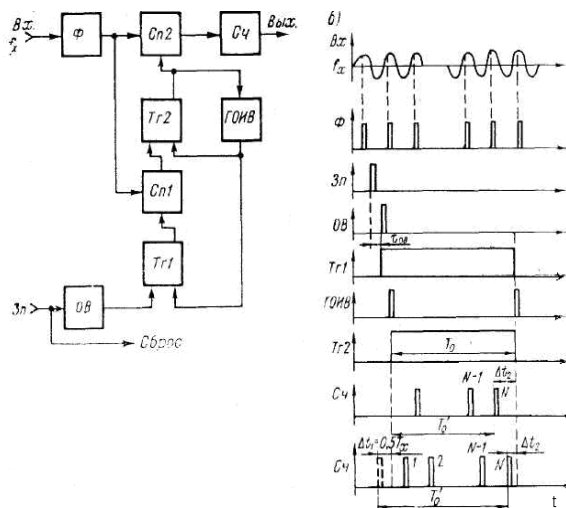


Рис. 2. Схема (а) і часова діаграма (б) роботи схеми частотоміра з синхронізацією моменту початку вимірювання

Похибка дискретності для цієї схеми може бути визначена з виразу (4), якщо прийняти $\Delta t_1 = 0$.

В цьому випадку похибка дискретності дорівнює

$$\gamma_d = -\frac{1}{(T_0 f_x)(1-6)}. \quad (6)$$

Величина γ_d може бути зменшена, якщо імпульси на вході схеми збігу C_{n2} примусово зрушити напівперіоду щодо імпульсів, що подаються для синхронізації ГОИВ (нижній графік діаграми). У цьому випадку $\Delta t_1 = T_x / 2$, а похибка дискретності

$$\gamma_d = \pm 1/(2T_0 f_x). \quad (7)$$

Очевидно, що при розрахунку величини зразкового інтервалу часу за формулою (4) його максимальне значення буде визначатися нижньою частотою $f_{x_{min}}$ діапазону вимірювання.

При малих $f_{x_{min}}$ величина T_0 може виявитися неприпустимо великою. Наприклад, при $f_{x_{min}} = 0,1$ гц та $\gamma_d = 0,05\%$ маємо $T_0 = 2^{-10^4}$ сек. Тому для вимірювання низьких частот застосовувати метод рахунку періодів недоцільно.

З метою скорочення часу вимірювання і ємності лічильника, що визначається відношенням $(f_{x_{max}}/f_{x_{min}})$ загальний діапазон вимірювання розбивають на піддіапазони. Для кожного з піддіапазонів приймається свій інтервал T_0 .

Структурна схема частотоміра з перемиканням трьох піддіапазонів представлена на рис. 3.

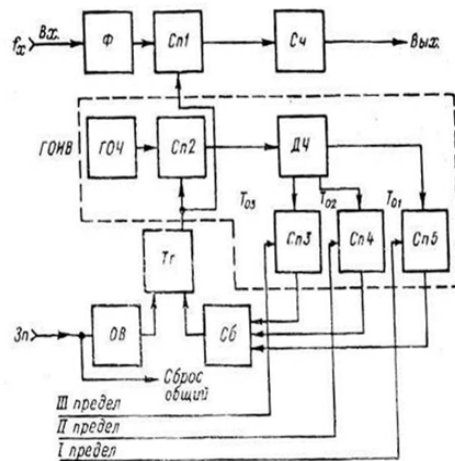


Рис. 3. Структурна схема частотоміра з перемиканням піддіапазонів

Формування в неї зразкових інтервалів часу забезпечується, як правило, за допомогою дільників частоти ДЧ. Імпульси із ДЧ надходять на один із входів схем збігу C_{n3} , C_{n4} або C_{n5} .

Залежно від обраного піддіапазона на другий вхід відповідної схеми збігу від пристрою вибору меж подається розв'язний сигнал. Виходи схем збігу поєднуються збірною схемою.

Недолік цієї схеми в порівнянні з розглянутими вище – збільшений час виміру, що викликано розбіжністю моментів подачі команди «Запуск» і появи першого імпульсу на виході дільника частоти ДЧ. Цей недолік особливо проявляється при вимірі низьких частот, коли період проходження імпульсів на виході ДЧ становить одиниці й десятки секунд.

Висновки

1. В статті проаналізовано принцип роботи цифрових частотомірів середніх значень на прикладі роботи структурної схеми й часової діаграми роботи частотоміру без синхронізації моменту початку виміру.

2. Розглянуто схему й часову діаграму роботи схеми частотоміру з синхронізацією моменту початку вимірювання.

3. Розглянуто структурну схему частотоміру з перемиканням піддіапазонів

4. Визначено недолік структурну схему частотоміру з перемиканням піддіапазонів — збільшений час виміру, що викликано розбіжністю моментів

подачі команди «Запуск» і появи першого імпульсу на виході дільника частоти.

5. Доцільно при проведенні вимірювань за допомогою цифрових частотомірів середніх значень використовувати схему частотоміру з синхронізацією моменту початку вимірювання.

Список літератури

1. Ермолов Р.С. Цифровые частотомеры / Р.С. Ермолов. – Л.: Энергия, 1973. – 256 с.
2. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства / В.Ю. Кончаловский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 215 с.
3. Чинков В.Н. Цифровые измерительные приборы / В.Н. Чинков. – МО, 1991. – 245 с.
4. Шляндин В.М. Цифровые измерительные устройства / В.М. Шляндин. – М.: Высш. школа, 1981. – 254 с.
5. Чинков В.М. Основы метрологии та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Х.:ХВУ, 2001. – 423 с.

Надійшла до редколегії 4.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ ЧАСТОТОМЕРОВ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ

Ю.И. Кушнерук, Е.С. Пятков

В статье проанализировано принцип работы цифровых частотомеров средних значений и определена целесообразность использования схемы частотомера с синхронизацией момента начала измерения.

Ключевые слова: цифровые частотомеры, синхронизация.

ANALYSIS PRINCIPLES OF WORK DIGITAL FREQUENCY AVERAGE

Y.I. Kushneruk, E.S. Pyatkov

The article analyzes the principle of digital frequency averages and determined the expediency of use frequency synchronization scheme since the start of measurement.

Keywords: digital frequency synchronization.