

УДК 389.629

П.М. Клименко, студ.  
 І.О. Коваленко, к.т.н., доц.  
 Д.В. Хлинін, студ.

Житомирський державний технологічний університет

### МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ПЕРЕВІРКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Запропонована мікропроцесорна система (МПС) перевірки працездатності електродвигунів за їх нормативними характеристиками та параметрами, розроблена структурна схема частотного вимірювального каналу, яка поєднана з МПС та управляється програмованим драйвером.

Як відомо, в електричному (тролейбусно-трамвайному), рзвантажувально-завантажувальному (на підприємствах, залізницях, портах) транспорті, а також в гнучких виробничих системах (верстати з ЧПУ, робототехніка) широке використання знайшли електродвигуни різноманітних типів як постійного, так і змінного струмів. Надійність цих засобів визначається працездатністю електродвигунів. Останні в процесі експлуатації зношуються і потребують ремонту. Після ремонту електродвигуни необхідно протестувати (перевірити) на працездатність в тих чи інших умовах за їх нормативними характеристиками та параметрами. Зрозуміло, що така перевірка повинна проводитись у якомога коротший термін та в достатньо широкому діапазоні швидкостей.

В даній статті для цієї мети запропонована мікропроцесорна система контролю швидкості електродвигунів, яка дозволяє якісно, та, насамперед, ефективно здійснити перевірку працездатності електродвигунів за їх нормативними характеристиками та параметрами.

Нині найточнішими вважаються дискретні методи вимірювання частоти обертання. Вони ґрунтуються на квантуванні сигналів за рівнем і дискретизацією в часі [1].

У першому випадку методом числення імпульсів від дискретного (частотного) датчика швидкості з одночасним кодуванням результату визначають частоту обертання за фіксований еталонний часовий інтервал  $T_0$ , що задається зразковою (еталонною) мірою часу. Такі пристрої будуються на основі цифрових тахометрів (частотомірів) середніх значень.

А тепер більш докладніше.

Принцип дії цього приладу ґрунтується на підрахунку імпульсів, частота слідування яких  $f$  пропорційна вимірюваній величині за точно визначений інтервал часу  $T_0$ . Цей інтервал часу називається зразковим часовим інтервалом  $T_0$ .

Структурна схема цифрового частотоміра середніх значень наведена на рис. 1.

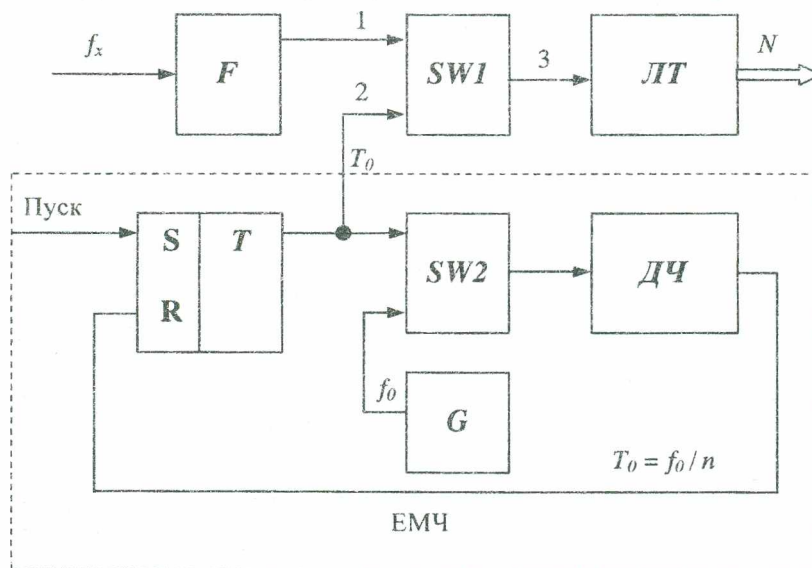


Рис. 1. Структурна схема цифрового частотоміра середніх значень

Таким чином, структура частотоміра містить основні блоки:

- еталонну міру часу ЕМЧ (Т – RS-тригер, SW2 – схема збігу, G – генератор стабільної частоти; ДЧ – дільник частоти), що формує зразковий часовий інтервал  $T_0$ .
- лічильник ЛТ, який підраховує кількість імпульсів невідомої частоти  $f_x$  за зразковий інтервал часу  $T_0$ ;
- схему збігу SW1, де здійснюється квантування еталонного часового інтервалу імпульсами невідомої частоти;
- формувач імпульсів F, який із вхідних сигналів формує прямокутні імпульси, калібровані за амплітудою і тривалістю.

Взаємодія виділених блоків розкриває принцип дії цифрового частотоміра середніх значень. Після команди "Пуск" тригер Т встановлюється у стан логічної одиниці і таким чином відкриває схеми збігу SW1 і SW2. Імпульси, які протікають із частотою  $f_x$  через формувач F і відкриту схему збігу SW1, надходять на вхід двійкового лічильника ЛТ, який здійснює їх підрахунок. В цей момент часу через відкриту схему збігу SW2 імпульси  $f_0$  з виходу генератора G стабільної частоти надходять на вхід дільника частоти ДЧ, коефіцієнт поділу якого розраховують з урахуванням забезпечення необхідного часового інтервалу  $T_0$ . Після закінчення зразкового (еталонного) часового інтервалу заднім фронтом імпульсу  $T_0$  тригер Т встановлюється в стан логічного нуля, схеми збігу SW1 і SW2 закриваються, і в лічильнику ЛТ фіксується код N.

Кількість імпульсів, які підраховує лічильник за час  $T_0$ :

$$N_i = \frac{T_0}{T_x} = T_0 f_x, \tag{1}$$

де  $T_0$  – еталонний інтервал часу;  $f_x$  – вимірювана величина.

Відносна простота, високі технічні характеристики забезпечили цьому методу та його модифікаціям широке застосування в практиці вимірювання частот обертання.

Недоліком цього методу є велика похибка квантування при вимірюванні малих частот обертання:

$$\delta_{квз} = \frac{60}{T_0 \cdot n_x \cdot Z} \cdot 100 \%, \tag{2}$$

де  $T_0$  – еталонний часовий інтервал;  $n_x$  – вимірювана частота обертання; Z – число імпульсів за один оберт частотного датчика швидкості.

Більш високі метрологічні характеристики в області низьких частот обертання мають методи, що ґрунтуються на використанні інформації про тривалість періоду  $T_x$  на виході частотного датчика швидкості. Пристрої, що реалізують цей метод вимірювання, називають цифровими тахометрами миттєвих значень.

Принцип дії цифрового частотоміра миттєвих значень (періодоміра) базується на квантуванні періоду інформативного сигналу  $T_x$  імпульсами зразкової (еталонної) частоти  $f_0$ .

На рис. 2 наведено структурну схему частотоміра миттєвих значень.

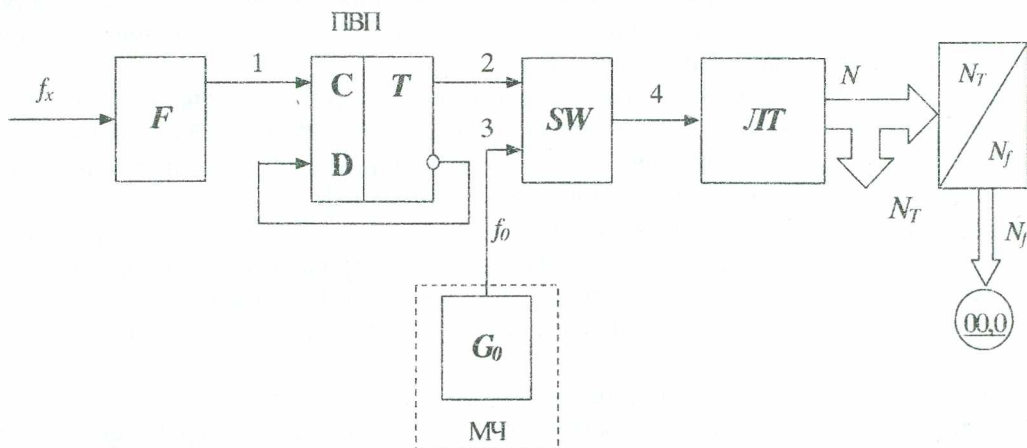


Рис. 2. Структурна схема частотоміра миттєвих значень

Основними елементами наведеної структури є формувач  $F$ , пристрій виділення періоду ПВП, генератор еталонної частоти  $G$ , схема збігу  $SW$ , двійковий лічильник  $LT$ , перетворювач коду періоду  $N_T / N_f$  у код частоти і цифровий відліковий пристрій.

Калібровані за амплітудою і тривалістю імпульси з виходу формувача  $F$  надходять на вхід пристрою виділення періоду (ПВП) – це лічильний тригер  $T$ , на прямому виході якого з імпульсів з частотою слідування  $f_x$  формується вимірюваний період  $T_x$ . Період  $T_x$  у схемі збігу  $SW$  квантується імпульсами еталонної частоти  $f_0$ . Схема збігу порівнює значення періоду  $T_x$  і відрізок часу  $NT_0$ , який утворюється в процесі підрахунку квантуючих імпульсів (виконує функцію елемента порівняння). Протягом кожного періоду  $T_x$  схема збігу  $SW$  відкрита. Імпульси  $f_0$  з виходу генератора  $G$  через відкриту схему збігу  $SW$  надходять на вхід лічильника  $LT$ . Після закінчення вимірюваного періоду  $T_x$  в  $LT$  фіксується двійковий код:

$$N_n = \frac{T_x}{T_0} = T_x \cdot f_0 \quad (3)$$

Проте похибка квантування таких пристроїв при вимірюванні високих частот обертання дуже велика:

$$\delta_{KMZ} = \frac{n_x \cdot Z}{f_0 \cdot 60} \cdot 100 \% \quad (4)$$

де  $f_0$  – частота квантуючих імпульсів.

Перед тахеометрією гостро ставляться питання про розширення діапазону вимірювання частоти обертання, підвищення швидкодії і точності тахеометрів. Кожний з розглянутих цифрових методів вимірювання частоти обертання не дозволяє в комплексі розв'язати поставлене завдання. Один із можливих варіантів його розв'язання – використання переваг цифрових тахеометрів середніх і миттєвих значень. Однак для спільного використання розглянутих цифрових методів вимірювання необхідно визначити критичну частоту обертання  $n_{xk}$ , яка може бути вихідною інформацією для перемикавання структури тахеометра.

Порівнявши похибку квантування цифрових тахеометрів середніх і миттєвих значень

$$\delta_{КСЗ} = \delta_{KMZ} \quad (5)$$

визначимо критичну частоту обертання:

$$n_{xk} = \frac{60}{Z} \sqrt{\frac{T_0}{T_0}} \quad (6)$$

Аналіз одержаної залежності приводить до висновку, що  $n_{xk}$  залежить від таких параметрів: частоти квантуючих імпульсів і тривалості еталонного часового інтервалу  $T_0$ ; числа штрихів  $Z$  частотного датчика швидкості.

Якщо  $n_x < n_{xk}$ , то доцільніше застосувати структуру цифрового тахеометра миттєвих значень. У протилежному випадку оптимальним рішенням буде використання цифрового тахеометра середніх значень.

Для реалізації даного алгоритму вимірювання частоти обертання стає можливим використання частотного вимірювального каналу з мікропроцесорним управлінням при доповненні апаратних засобів датчиком частоти обертання, а програмної частини – відповідними програмами визначення  $n_x$  і  $n_{xk}$  [2].

Структурна схема МПС частоти обертання наведена на рис. 3. Вона є комбінованою і складається з елементів схем (рис. 1, 2): датчика швидкості ДШ, частотного вимірювального каналу, апаратного формувача еталонного часового інтервалу  $T_0$ , який реалізований на програмованому таймері ПТ і мікропроцесорній системі МПС [3].

З клавіатури дисплея МПС вводять частоту квантуючих імпульсів, тривалість еталонного часового інтервалу  $T_0$ , число штрихів  $Z$  датчика швидкості та визначають  $n_{xk0}$ . Припустимо, що вимірювана частота обертання  $n_x = n_{xk0}$ , у цьому разі встановлюється режим роботи цифрового тахеометра миттєвих значень. Програмований таймер у цьому режимі роботи МПС участі не бере.

Датчик швидкості поєднаний із вихідним валом об'єкта вимірювання і перетворює частоту обертання  $n_x$  на частоту слідування імпульсів  $f_x$ , яка під управлінням програмованого драйвера вимірюється частотним каналом, а значення інформативного параметра  $T_x$  запам'ятовуються за певною адресою в оперативному запам'ятовуючому пристрої мікропроцесорної системи.

Частота обертання:

$$n_{xi} = \frac{60}{T_{xi} \cdot Z}, \tag{7}$$

де  $T_{xi}$  – значення періоду, одержані в результаті вимірювання.

За умови  $n_x > n_{xk}$  система автоматично перемикається на режим цифрового тахометра середніх значень. У програмований таймер записується код, що відповідає заданій тривалості еталонного часового інтервалу  $T_0$ .

Електронні ворота  $T_0$  формуються програмованим таймером з моменту запису в один з його лічильників коду до моменту появи на його виході сигналу ЗПР.

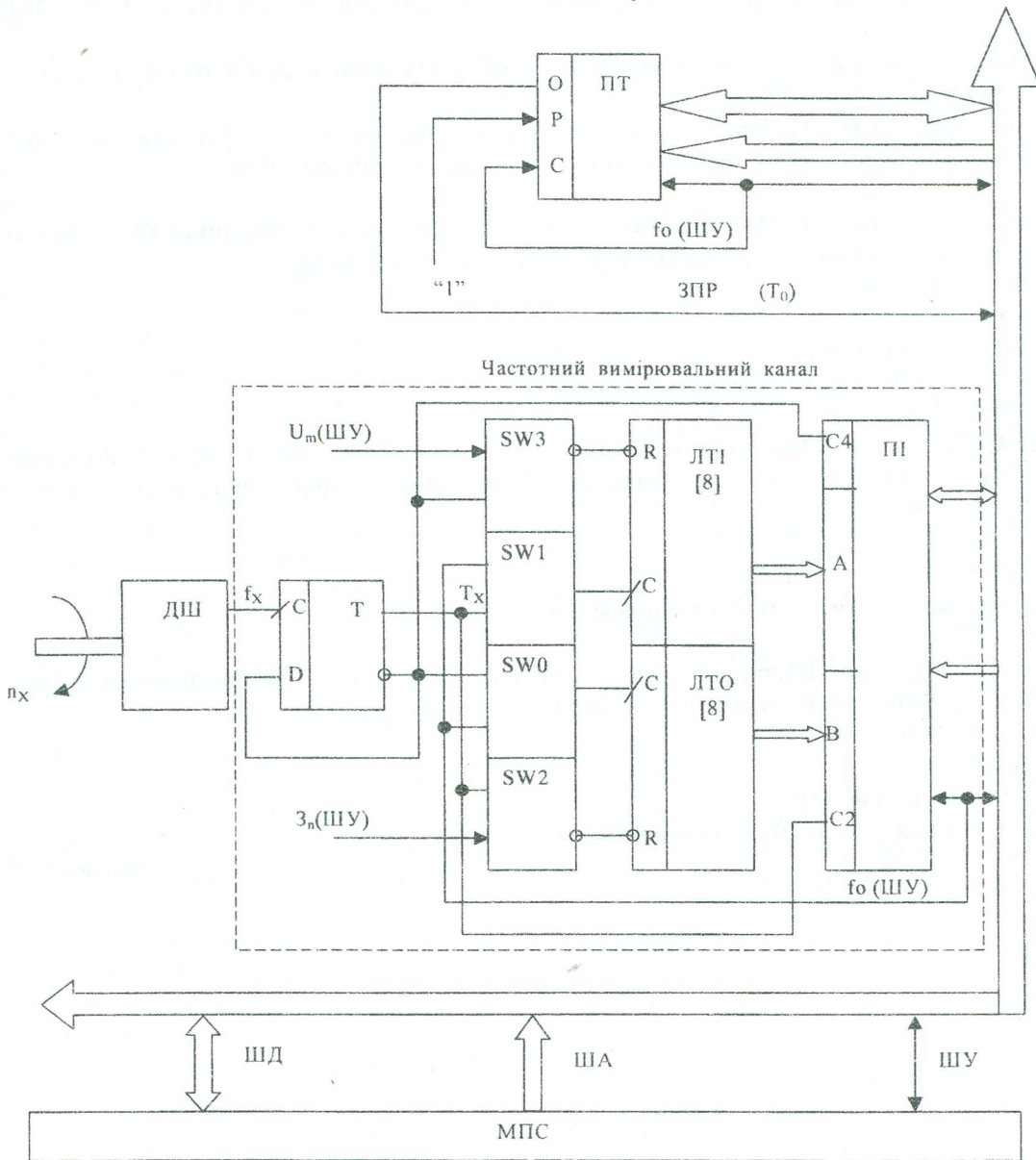


Рис. 3. Структурна схема МПС частоти обертання

За цей проміжок часу підраховується кількість імпульсів на прямому й інверсному виходах тригера Т. Частота обертання в цьому режимі роботи МПС:

$$n_{xi} = \frac{f_{xi} \cdot 60}{Z}, \tag{8}$$

де  $f_{xi}$  – значення частоти, одержані в результаті вимірювань.

Запропонована мікропроцесорна система може бути використана також при вимірюванні: кута повороту, кутової швидкості, кутових прискорень, частоти обертання при визначенні

механічних характеристик електродвигунів, нерівномірності частоти обертання, ковзання асинхронних двигунів.

Таким чином, використовуючи первинні вимірювальні перетворювачі з частотним виходом, знаючи їх рівняння перетворення  $f_X = F(x)$  і діючи за наведеною методикою, можна реалізувати найрізноманітніші МПС з повірці нормативних характеристик та параметрів електродвигунів у широкому діапазоні швидкостей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Коваленко І.О., Коваль А.М. Метрологія та вимірювальна техніка. – Ж.: ЖІТІ. – 2001.
2. Переверткин С.М. и др. МикроЭВМ в информационно-измерительных системах. – М.: Машиностроение, 1987.
3. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы: структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

КЛИМЕНКО Павло Миколайович – студент факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- кібернетика;
- радіотехнічні системи;
- вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка.

КОВАЛЕНКО Іван Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- кібернетика;
- радіотехнічні системи;
- вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка.

ХЛИНІН Дмитро Володимирович – студент факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- кібернетика;
- радіотехнічні системи;
- вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка.

Подано 23.03.2004