

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ БЕЗКОНТАКТНИЙ ТАХОМЕТР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Метою даної роботи є аналіз існуючих методик проектування безконтактних тахометрів, на основі мікропроцесори, а також розробка даного пристрою за однією з методик. Дані пристрої знаходять широке застосування в різних галузях сучасного виробництва. Вони можуть виступати окремими завершеними виробами, або функціональними вузлами інших пристроїв. Важливим елементом вимірювального кола кутової швидкості є тахометричний перетворювач. В сучасних вимірюваннях, в основному використовуються два види тахометричних перетворювачів - частотні та амплітудні, інформативними параметрами вихідного сигналу яких є, відповідно, частота (період) та амплітуда.

Ключові слова: тахометр, мікроконтролер, вимірювання кутової швидкості.

Abstract

The purpose of this work is to analyze existing methods of designing contactless tachometers, based on microprocessors, as well as the development of this device in one of the techniques. These devices are widely used in various industries of modern production. They can be used as separate completed products, or functional nodes of other devices. An important element of the measuring range of the angular velocity is a tachometric converter. In modern measurements, two types of tachometric transducers are used mainly - frequency and amplitude, informative parameters of the output signal which are, respectively, the frequency (period) and amplitude.

Keywords: tachometer, microcontroller, angular velocity measurements.

Вступ

Високоточний контроль та вимірювання кутової швидкості має велике значення не тільки при випробуваннях електричних машин (ЕМ), а в багатьох випадках і під час їх роботи. Це стосується систем точних приводів, систем автоматики, у яких ЕМ є складовими компонентами, систем, у яких відбувається керування електроприводами.

Специфічною особливістю тахометрії є вимога високої точності вимірювання: в більшості випадків вимірювання швидкостей повинні виконуватись з точністю на один-два порядку вище, ніж вимірювання інших параметрів руху. В останній час ця вимога накладається ще на динамічний режим роботи тахометра, обумовлюючи ще одну вимогу - високу швидкодію. [1].

Результати дослідження

Нині найточнішими вважаються дискретні методи вимірювання кутової швидкості. Вони ґрунтуються на квантуванні сигналів за рівнем та дискретизації у часі [1].

Для більшості електродвигунів, які працюють у різноманітних пристроях автоматики, системах точних електроприводів, різноманітних побутових пристроях, динамічний режим є основним режимом їх роботи. Велике значення, особливо для апаратури відео та звукозапису, систем автоматики, має високоточне вимірювання відхилень кутової швидкості електродвигуна від номінального значення.

Широке застосування математичних моделей електродвигунів обумовлює необхідність перевірки їх адекватності. Це краще за все робити шляхом порівняння розрахункової динамічної характеристики з експериментальною.

В останній час з'явилося багато наукових праць, що присвячені ідентифікації параметрів електродвигунів за їх математичними моделями, що дозволяє значно скоротити час їх випробувань. Використовувані при цьому алгоритми обумовлюють необхідність високоточного вимірювання динамічних характеристик електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ).

Незважаючи на те, що відома велика кількість різноманітних тахометрів, тахометричних перетворювачів, багато з яких може бути застосовано для високоточного контролю середнього

значення кутової швидкості, вітчизняна промисловість таких пристроїв не випускає. Це обумовлює необхідність розробки високоточного пристрою для вимірювання та контролю середнього значення кутової швидкості.

Класифікація тахометричних перетворювачів. Для перетворення неелектричного розміру кутової швидкості (або частоти обертання) в електричний сигнал застосовують тахометричні перетворювачі, що здебільшого відносять до генераторних вимірювальних перетворювачів. Енергія підводиться від об'єкта вимірювання і від внутрішнього джерела енергії, що створює потік Φ . Цей потік модулюється модулятором і надходить на приймач енергії. На виході приймача буде модульований сигнал $y = f(\omega_x; \Phi)$.

По виду сполучення з валом об'єктом вимірювання тахометричні перетворювачі діляться на контактні і безконтактні. У безконтактних на приймач енергії надходить відбитий від модулятора (вала) потік, і при цьому засіб вимірювання не змінює режиму роботи об'єкту вимірювання. У свою чергу по розміру споживаної від об'єкту вимірювання енергії контактні тахометричні перетворювачі діляться на енергоємні і неенергоємні (безмоментні).

По виду внутрішнього джерела енергії, що створює потік Φ тахометричні перетворювачі діляться на перетворювачі:

- з джерелом випромінювання змінного електромагнітного поля, що, у свою чергу, по частотному діапазону діляться на низькочастотні і постійного струму, радіохвильові, оптичні і радіоактивного випромінювання;
- із джерелом електростатичного поля, які за видом використовуваних перетворювачів діляться на ємнісні, п'єзоелектричні, електретні;
- з джерелом гідроаеродинамічного потоку - імпелері, гідродинамічні і термодинамічні;
- з джерелом електрохімічної енергії;
- з джерелом механічної енергії, що по засобом її перетворення підрозділяються на диференціальні механічні, електромеханічні, гіроскопічні, фрикційні, вібраційні, вартові й оптико-механічні.

За інформативним параметром сигналу, перетворювачі діляться на амплітудного перетворення, частотно-часового перетворення і просторового кодування (кут повороту).

Найбільш перспективними для вимірювання кутової швидкості у перехідних режимах електродвигунів малої потужності є фотоелектричні сенсори з безперервним вихідним сигналом. Відомий фотоелектричний сенсор кутової швидкості [2], у якому використовуються два лінійних фотоприймача, вихідна напруга яких з високою точністю прямо пропорційна світловому потоку. Технічно такі фотоприймачі достатньо легко реалізуються на основі пари фотодіод - операційний підсилювач [3]. Модулятор сенсора має прорізи у вигляді кільцевих секторів. Діафрагма, яка розташована перед кожним з лінійних фотоприймачів, має таку форму. При такій формі прорізів та діафрагми площа отвору, через який світловий потік падає на фоточутливий шар фотоприймача лінійно залежить від кута повороту модулятора. Оскільки світловий потік прямо пропорційний площі отвору, а вихідна напруга лінійного фотоприймача прямо пропорційна світловому потоку, матимемо вихідну напругу, яка прямо пропорційно залежить від кута повороту модулятора. Для уникнення похибки первинного перетворення, що обумовлена неточністю виконання діафрагми та прорізів модулятора, проводиться послідовне підключення до виходу сенсора вихідних сигналів лінійних фотоприймачів, які рознесені між собою на певний кут. При цьому на виході сенсора формується сигнал складної форми, крутизна фронтів якого прямо пропорційна кутовій швидкості. Шляхом обчислення першої похідної вихідного сигналу сенсору отримується напруга, що прямо пропорційна миттєвому значенню кутової швидкості.

За допомогою цього сенсору можливе вимірювання кутової швидкості у перехідних режимах електродвигунів малої потужності, але він має погані частотні властивості. Вихідний сигнал сенсора є періодичним, і його частота дорівнює добутку кількості прорізів модулятора на усталену частоту обертання модулятора. Оскільки смуга пропускання лінійних фотоприймачів обмежена, то при певній частоті обертання модулятора похибка первинного перетворення, що обумовлена частотними властивостями фотоприймачів, значно підвищується. Крім того складна форма вихідного сигналу обумовлює складний алгоритм обчислення його похідної [4, 5].

На рис. 1 наведено структурну схему безконтактного фотоелектричного мікропроцесорного тахометра.

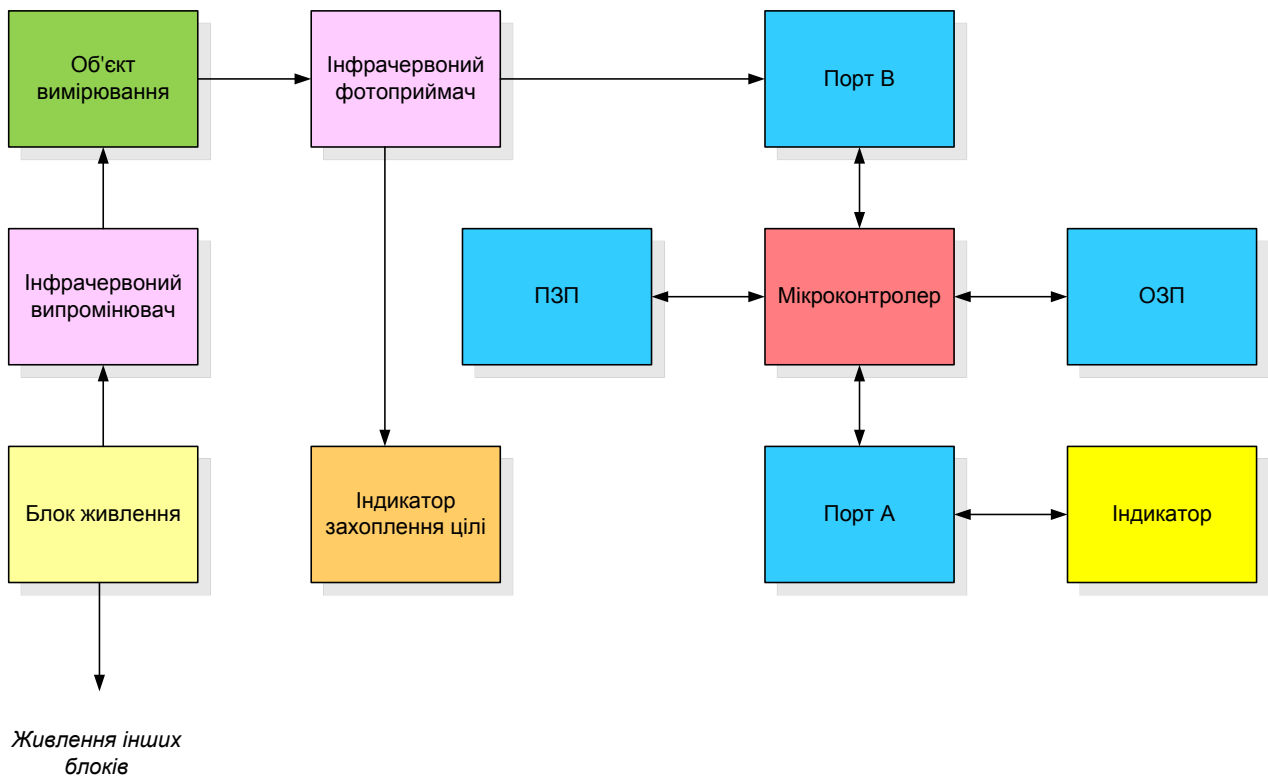


Рис.1. Структурна схема мікропроцесорного безконтактного тахометра

Принцип дії пристрою полягає в наступному. На вал об'єкту наноситься світловідбиваюча мітка (за допомогою білої фарби або спеціальної стрічки на клейовій основі).

Під час обертання вала, він опромінюється інфрачервоним випромінювачем. Інфрачервоне випромінювання відбивається від світловідбиваючої мітки і поглинається поверхнею вала. Відбите від мітки інфрачервоне випромінювання попадає на фотоприймач.

Внаслідок цього, на виході фотоприймача формується послідовність імпульсів, частота яких дорівнює частоті обертання вала. Часовий проміжок між двома сусідніми імпульсами дорівнює часу, за який здійснюється один оберт вала.

Вихідні імпульси фотоприймача поступають на вбудований в мікроконтролер компаратор і на схему індикатора захоплення цілі.

Схема індикації захвату цілі призначена для того, щоб користувач міг контролювати якість приймання відбитого інфрачервоного випромінювання [6].

Мікроконтролер, при наявності на виході фотоприймача імпульсів належного рівню, розраховує частоту обертання і виводить її значення на чотирирозрядний світлодіодний індикатор. Живлення всіх структурних частин пристрою здійснюється від стабілізованого джерела живлення з вихідною напругою 5 В. Як було вказано вище, при обертанні вала на виході фотоприймача формується імпульс при кожному оберті вала. Визначивши час між фронтами вихідних імпульсів фотоприймача можна розрахувати частоту обертання. Визначення цього часу здійснюється шляхом підрахунку імпульсів зразкової частоти в період між двома сусідніми імпульсами. Роль зразкової частоти виконує тактовий генератор мікроконтролера [7].

Якщо відома частота імпульсів f_0 і відповідно період T_0 , то часовий проміжок T_x розраховується за допомогою формули

$$T_x = (N - 1)T_0, \quad (1)$$

де N – підрахована за час T_x кількість імпульсів.

Відповідно частота обертання розраховується за формулою:

$$n(\text{об} / \text{с}) = \frac{60}{T_x} = \frac{60 \cdot f_0}{N - 1}. \quad (2)$$

У даному пристрої здійснюється п'ятиразове послідовне визначення частоти обертання за вищевказаним алгоритмом з подальшим усередненням. На чотирирозрядний індикатор виводиться середнє значення частоти обертання, отримане на основі десяти вимірювань [8, 9].

Висновки

В даній роботі розроблено безконтактний мікропроцесорний тахометр, який дозволяє оперативно вимірювати кутову швидкість об'єктів при відсутності безпосереднього контакту з датчиком. Розробка тахометра на основі фотоелектричного сенсора з безперервним вихідним сигналом є доцільною і актуальною. Для покращення його технічних характеристик було розроблено сенсор кутової швидкості на виході якого за один оберт валу формується тільки один імпульс пилоподібної форми, за рахунок чого зменшується частота вихідного сигналу та покращуються частотні властивості перетворювача. Це дасть змогу значно розширити частотний діапазон контрольованих кутових швидкостей у порівнянні з існуючими аналогами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шрюфер Е. Обробка сигналів: цифрова обробка дискретизованих сигналів [Текст] / За ред В.П.Бабака. – К.: Либідь, 1992. – 296 с.
2. Tianyu Wang; Yong Yan; Lijuan Wang; Yonghui Hu, Rotational Speed Measurement Through Image Similarity Evaluation and Spectral Analysis [Text] // IEEE Access, vol. 6, pp. 46718 - 46730, 21 August 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2866479.
3. David Betounes, Mylan Redfern, Mathematical Computing: An Introduction to Programming Using Maple [Text] / David Betounes, Mylan Redfern. Springer Science & Business Media, 2012, - 412 p. ISBN 978-1-4612-6548-1, ISBN 978-1-4613-0067-0 (eBook), DOI 10.1007/978-1-4613-0067-0.
4. Андрощук В.В. Анализ погрешностей цифровых тахометров [Текст] // Измерительная техника. 2001. №7. – С. 32-34.
5. Поджаренко В.О., Кулаков П.І., Поджаренко А.В. Цифровий тахометричний перетворювач із змінною розривною здатністю // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1998. – Випуск 53. – С. 84-90.
6. Andriy A. Semenov; Olena O. Semenova; Oleksandr M. Voznyak; Oleksandr M. Vasilevskyi; Maksym Yu. Yakovlev, Routing in telecommunication networks using fuzzy logic [Text] // 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), 30 June-4 July 2016. DOI: 10.1109/EDM.2016.7538719.
7. Filinyuk, N.A. and Gavrilov, D.V. Parameters determination of physical equivalent circuit of Schottky dual-gate MESFET. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenij. Radioelektronika. 2004. vol. 47, n. 11, pp. 71-75.
8. Кофанов В. Л. Лабораторний практикум з цифрових пристроїв на основі САПР Quartus II [Текст] : навчальний посібник / В. Л. Кофанов, О. В. Осадчук, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 167 с.
9. Кофанов В. Л. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР MAX+PLUS II [Текст] : лабораторний практикум / В. Л. Кофанов, О. В. Осадчук, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 200 с.

Гаврілов Дмитро Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: havrilov@vntu.edu.ua

Шмигора Олег Петрович — студент групи РТр-16мс з/в, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: shmihora@gmail.com

Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: havrilov@vntu.edu.ua

Shmyhora Oleh — student of the Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: shmihora@gmail.com