

УДК 621.382

БЕЗКОНТАКТНИЙ ДАТЧИК ОБЕРТАННЯ КОЛЕСА ВЕЛОСИПЕДА**М. В. Стасюк, Д. Ю. Лебедев**

int2080@ukr.net

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

*Описано реалізацію датчика обертання колеса велосипеда. Розробка датчика саме для велосипеда пояснюється відсутністю аналогів і значними перевагами порівняно з класичною реалізацією.***Ключові слова:** велосипед; кварцовий резонатор, швидкість руху; датчик.*This article describes the implementation of a bicycle wheel speed sensor. Development of sensor specifically for bicycle explained by the absence of analogs and significant advantages compared with the classical implementation.***Keywords:** bike, quartz crystal, speed, senso.**Вступ**

Сьогодні велосипед займає значне місце в історії і культурі людства. У майбутньому його роль лише збільшуватиметься. Це пов'язано не тільки з наявністю велокультури, а і зі здатністю велосипеда вирішувати проблеми екології, здоров'я і «пробок» на автошляхах.

Ставши повноцінним транспортним засобом, велосипед потребує використання приладів вимірювання швидкості і пройденого шляху. За їх допомогою можна визначити час прибуття, орієнтуватись по карті, а також просто оцінити свою фізичну форму.

Розробка такого приладу потребує опрацювання способу пройденої дистанції і витраченого часу. Обидва завдання вирішуються досить просто. Час відраховується за допомогою розрахунку коливань кварцового резонатора, а відстань вимірюється за рахунок обчислення обертів колеса, діаметр якого стандартний. Раніше оборот колеса детектувався за допомогою механічного контакту ключа спеціальної конструкції з виступом на спиці. Зараз датчик складається з магніту, який кріпиться на спиці, і геркона або соленоїда, сигнали з якого передаються в комп'ютер.

Мета роботи — створення детектора обертання колеса велосипеда.

Запропонований датчик не потребує кріплення додаткових компонентів на колесо — лише сам датчик на вилку чи раму. До того ж імпульсний сигнал на виході формується під час проходження спиці повздовж датчика, а це значить, що потрібний буде менший час для визначення зупинки колеса і можливість більш точно визначити миттєву швидкість і її зміну. Після пошуку аналогів з'ясувалось, що у жодному велокомп'ютері такий датчик не використовується, такий принцип використовувався у перших ABS-контролерах в автомобільній промисловості. Датчик для велосипеда повинен бути більш чутливий, оскільки кріплення в автомобілі може бути

виконане з мінімальними відстанями між датчиком і колесом.

Колесо велосипеда не є ідеально рівним, тому і датчик повинен кріпитись далі, щоб не зачіплятись за спиці. Ще одна важлива відмінність є у частотах спрацювання датчика. Через ці відмінності використання готових схем для автомобілів, навіть якби вони були відкриті, є неможливим. Далі вирішення цих проблем розглянуте детальніше.

Принцип роботи датчика

Датчик належить до пасивних індуктивних датчиків. Такі датчики складаються з котушки індуктивності і постійного магніту, закріпленого біля котушки. Під час проходження феромагнетика біля котушки, лінії магнітного поля викривляються, змінюється потік через котушку, індукується ЕРС.

З описаного принципу стає очевидним важливість швидкості проходження феромагнетика біля датчика. Чим швидше він проходить, тим більша ЕРС індукується в котушці і тим простіше її детектувати.

Детектування малих швидкостей — це основна відмінність між готовими рішеннями для автомобільної промисловості і потрібним приладом для велосипеда.

Індукція магнітного поля спадає пропорційно квадрату відстані, тобто досить швидко.

Розміщення датчика далі від спиці означає необхідність детектування значно менших імпульсів. Котушка має індуктивність, ємність і активний опір. Отже, вона уловлюватиме значні завади. Оскільки індуктивність підбирається досить великою — завади будуть значними. Тому потрібно проектувати датчик нечутливий до завад.

Задача ускладнюється необхідністю мінімізувати струм, який споживається датчиком, використати мінімум компонентів, щоб зробити його економічно вигідним і малим у розмірах.

Температурний діапазон становить від мінус 10 до мінус 60 °С.

Нижня межа визначається тим, що велосипед буде використовуватись навіть узимку.

Верхня — передбачає попадання прямих сонячних променів у жаркий літній день. Гермети-

зація має бути передбачена в корпусі, який не розглянуто в цій статті.

Структурна схема датчика

Структурну схему датчика наведено на рис. 1.

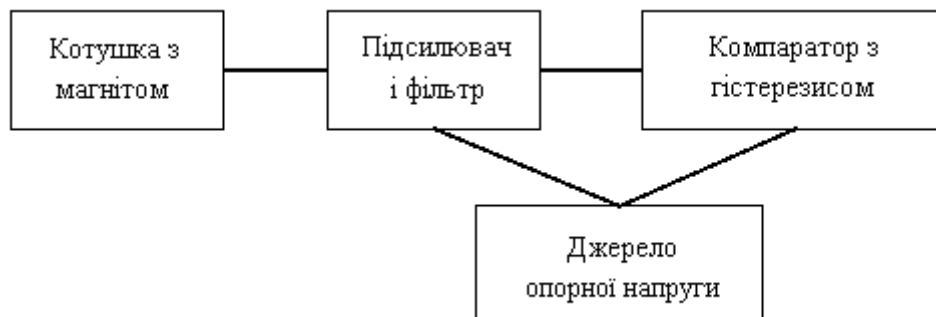


Рис. 1. Структурна схема датчика

Котушка і магніт виконуються як одна конструктивна одиниця і повинні бути жорстко скріплені. Це необхідно для того, щоб зробити датчик нечутливим до вібрації.

Фільтр складається з двох частин: конденсатора, який утворить RLC-контур з котушкою і, активного фільтра Чебишева низької частоти другого порядку з коефіцієнтом підсилення 53.

Компаратор з гістерезисом порівнює напругу на виході фільтра і формує імпульси, які свідчать про проходження спиці біля датчика. У цьому блоці передбачений резистор для підстроювання порога спрацювання. Це необхідно для того, щоб напруги зміщення операційних підсилювачів не впливали на роботу датчика.

Джерело опорної напруги може мати не велику точність, виконане на одному операційному підсилювачі, для економії місця і вартості.

Опис підсилювача і фільтра

Для розрахунку фільтра потрібно з'ясувати частоту сигналу, який буде зніматись із котушки. Датчик розрахований на максимальну швидкість, що дорівнює 99 км/год для велосипеда з колесами, діаметр яких становить 26. Очевидно швидкість взята зі значним запасом.

Датчик кріпиться на перехресті спиць. Усього в колесі 36 спиць, а значить 18 з одного боку і маємо 9 перетинів — точок спрацювання датчика.

Імпульс напруги на котушці трошки коротший ніж час між проходженням двох сусідніх перехресть повз датчик, тому фільтр має це враховувати. Те, на скільки частота сигналу з датчика більша від частоти проходження спиць повз датчик на максимальній швидкості була виміряна на практиці.

Відношення становить 1,3. Наприкінці випадку фільтр повинен бути розрахований на частоту 180 Гц.

Ємність конденсатора, який утворює RLC-фільтр, розраховується тривіально і залежить від індуктивності й активного опору котушки. Для котушки індуктивністю 0,28 Гн і активним опором 680 Ом ємність конденсатора становить 1,2 мкФ.

Методика розрахунку фільтра Чебишева взята з праці [1].

Величина пульсацій у смузі пропускання 0,1 дБ. На вході активного фільтра треба поставити діоди, які обмежують сигнал. На великих швидкостях напруга з котушки може досягати 1,5 В.

Сигнал із котушки має фазу, де напруга додатна і фазу, де від'ємна. Більшість операційних підсилювачів не допускають напругу на вході нижчу на 0,3 В ніж земля.

На рис. 2 зображена частотна характеристика фільтра. Вхідна напруга 5 мВ.

Параметри компаратора

Гістерезис компаратора становить 3 мВ у перерахунку на сигнал від соленоїда.

Резистор для підстроювання розраховується так, щоб рівень можна було міняти від 300 мВ до 500 мВ.

Симуляція роботи компаратора показана на рис. 3.

Перерахунок гістерезису на вхід фільтра дає гістерезис 3,3 мВ, що є допустимим. Відхилення спричинене тим, що розрахованих опорів немає в ряді номіналів, тому треба обирати найближче значення.

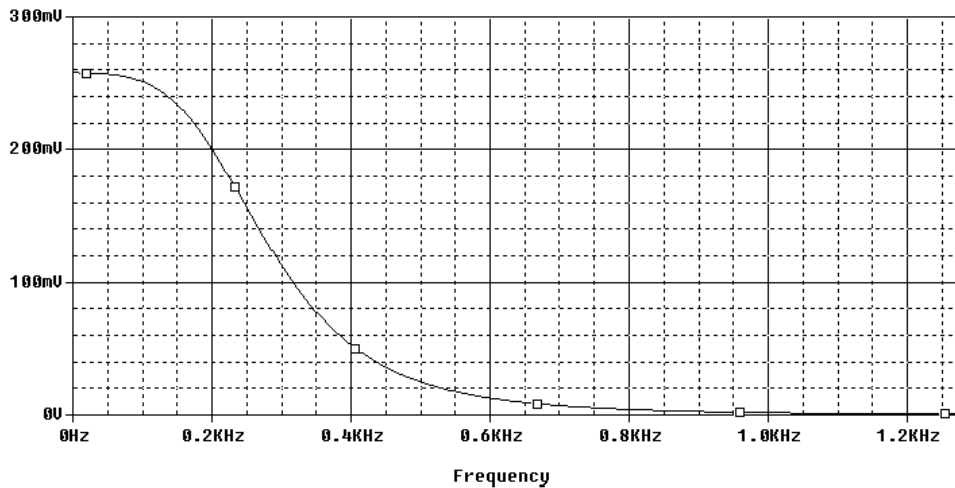


Рис. 2. АЧХ фільтру

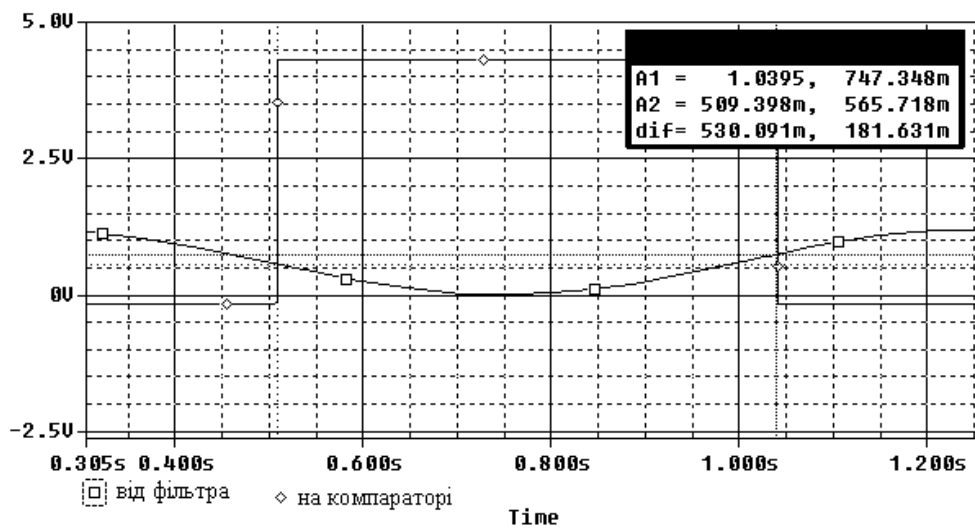


Рис. 3. Робота компаратора

Джерело опорної напруги

Джерело опорної напруги побудоване на одному операційному підсилювачі. У фільтрі використовується один операційний підсилювач, у компараторі — два.

Промисловість випускає мікросхеми з двома або чотирма підсилювачами, тому залишається один вільний. Для економії використовуємо його. Методика розрахунку опорного джерела напруги на операційному підсилювачі описана в праці [2]. На точність джерела впливає точність номіналів компонентів і напруга зміщення підсилювача. Було використано підсилювачі з максимальним значенням напруги зміщення 2 мВ.

Неточність можна компенсувати за допомогою змінного резистора використаного в компараторі. На рис. 4 зображено залежність напруги джерела опорної напруги від напруги живлення і температури. Напруга живлення мінчалась від 1,8 до 5 В.

Різниця між максимальним і мінімальним значенням становить 12.97 мВ, що досить мало.

Висновки

Спроекований датчик дає можливість точніше і швидше визначити швидкість руху велосипеда. В електричній схемі не використовуються важкодоступні і дорогі компоненти. Простота налаштування дає можливість легко отримати робочу схему незалежно від похибки в номіналах компонентів і напруг зміщення в операційних підсилювачах. Струм, який споживає датчик становить менше міліампера, і в основному залежить від струму, який споживають підсилювачі. Відсутність механічних частин і простота закріплення датчика роблять його зручним у використанні і дешевим у виробництві. Подальше вдосконалення можливе за рахунок безпроводного зв'язку з комп'ютером. Наукової новизни розробка не містить, вона спрямована лише на вирішення практичної необхідності.

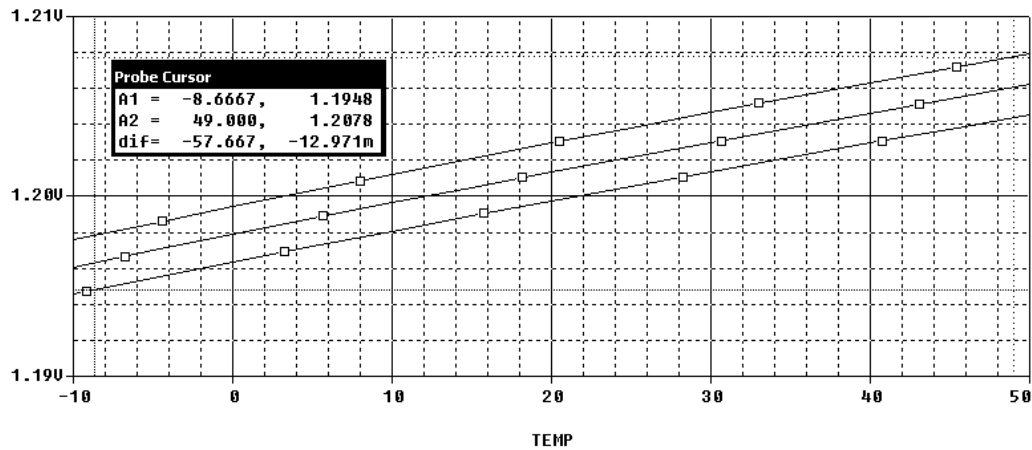


Рис. 4. Залежність напруги джерела опорної напруги від напруги живлення і температури

ЛІТЕРАТУРА

1. Джонсон Д. Справочник по активным фильтрам / Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур; под ред. Г. Д. Чинина. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 17 с.
2. Gray, Hurts, Lewis, Meyer. Analysis and design of analog integrated circuits / New York. John Wiley & sons INC, 2001, 317 p.

REFERENCES

1. Johnson D. The reference manual on the active filters / D. Johnson, J. Johnson, G. Moore; editorship of G. D. Chinin. — M.: Energoatomizdat, 1983. — 17 c.
2. Gray, Hurts, Lewis, Meyer. Analysis and design of analog integrated circuits / New York. John Wiley & sons INC, 2001. — 317 p.

Стаття надійшла до редакції 26.10.2013