

УДК 621.3

ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТУ ХОЛЛА ТА МАГНІТОРЕЗИСТИВНОГО ЕФЕКТУ В ПРЕЦИЗІЙНИХ ДАТЧИКАХ ПОЛОЖЕННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

С.О. Потапович

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
potapovichstas334@gmail.com*

Сучасний розвиток автомобільної техніки нерозривно пов'язаний із широким впровадженням електронних систем керування двигуном. У сучасних транспортних засобах більшість процесів роботи двигуна контролюється електронними системами, що забезпечують підвищення ефективності роботи силового агрегату, економію палива та зниження рівня шкідливих викидів у навколишнє середовище. Одним із ключових елементів таких систем є датчики, які забезпечують отримання необхідної інформації про роботу двигуна. Особливе місце серед них займають датчики положення колінчастого вала.

Датчик положення колінчастого вала є важливим елементом системи керування двигуном внутрішнього згорання. Його основним завданням є визначення кутового положення колінчастого вала та швидкості його обертання. Ці дані використовуються електронним блоком керування двигуном для синхронізації процесів упорскування палива та запалювання паливно-повітряної суміші. Від точності визначення положення валу значною мірою залежить ефективність роботи двигуна, стабільність його роботи та екологічні показники автомобіля.

У сучасних автомобілях широко використовуються датчики, принцип роботи яких базується на фундаментальних фізичних явищах. До таких явищ належать ефект Холла та магніторезистивний ефект. Використання цих фізичних принципів дозволяє створювати високоточні сенсорні пристрої, що забезпечують надійне функціонування електронних систем керування автомобілем.

Ефект Холла є одним із важливих фізичних явищ, що широко застосовується в електронних сенсорах. Він полягає у виникненні поперечної різниці потенціалів у провіднику або напівпровіднику, через який проходить електричний струм у магнітному полі. Якщо магнітне поле напрямлене перпендикулярно до напрямку струму, носії електричного заряду відхиляються під дією сили Лоренца. У результаті цього на протилежних сторонах провідника накопичуються заряди, що призводить до виникнення так званої холлівської напруги.

Цей фізичний ефект широко використовується для створення датчиків магнітного поля, а також сенсорів положення, швидкості та переміщення. Датчики Холла характеризуються високою чутливістю, стабільністю роботи та можливістю безконтактного вимірювання параметрів руху. Саме тому

вони широко застосовуються в сучасних автомобільних електронних системах.

У датчиках положення колінчастого вала на основі ефекту Холла використовується магніт та напівпровідниковий сенсорний елемент. Під час обертання колінчастого вала разом із зубчастим диском змінюється магнітне поле поблизу сенсора. У результаті цього змінюється електричний сигнал на виході датчика. Електронний блок керування аналізує отриманий сигнал та визначає положення колінчастого вала, а також частоту його обертання. Завдяки цьому забезпечується точна синхронізація роботи системи запалювання та впорскування палива.

Крім датчиків на основі ефекту Холла, у сучасній автомобільній техніці широко застосовуються магніторезистивні датчики. Їх принцип роботи базується на магніторезистивному ефекті, який полягає у зміні електричного опору матеріалу під впливом зовнішнього магнітного поля. При зміні напрямку або інтенсивності магнітного поля змінюється опір чутливого елемента, що призводить до зміни електричного сигналу на виході датчика.

Магніторезистивні датчики мають ряд суттєвих переваг порівняно з іншими типами сенсорів. Вони відзначаються високою точністю вимірювань, стабільністю характеристик та високою чутливістю до змін магнітного поля. Такі сенсори здатні фіксувати навіть незначні зміни магнітного поля, що дозволяє забезпечити високу точність визначення положення колінчастого вала навіть при низьких швидкостях обертання двигуна.

Ще однією важливою перевагою магніторезистивних датчиків є їх висока надійність. Оскільки ці пристрої працюють за принципом безконтактного вимірювання, у них відсутні механічні контакти, що значно зменшує зношування елементів та підвищує довговічність датчика. Це особливо важливо для автомобільної техніки, де обладнання працює в умовах підвищених температур, вібрацій та значних механічних навантажень.

Важливим аспектом застосування датчиків положення колінчастого вала є їх здатність працювати у широкому діапазоні швидкостей обертання двигуна. Сучасні автомобільні двигуни можуть працювати як на дуже малих обертах під час запуску, так і на високих обертах під час руху автомобіля. Тому сенсорні системи повинні забезпечувати точне визначення параметрів обертання валу у всіх режимах роботи двигуна.

Важливим елементом системи вимірювання є також зубчастий диск або імпульсний диск, який встановлюється на колінчастому валу. Під час обертання зубці диска проходять поблизу датчика та змінюють магнітне поле. У результаті цього формується серія електричних імпульсів, що аналізуються електронним блоком керування двигуном.

Аналізуючи частоту цих імпульсів, електронний блок керування може визначати швидкість обертання колінчастого вала, а також його точне кутове положення. Це дозволяє синхронізувати роботу різних систем двигуна, зокрема системи запалювання та системи впорскування палива.

Використання сучасних сенсорних технологій також сприяє підвищенню надійності роботи автомобільних систем. Безконтактний принцип вимірювання дозволяє уникнути механічного зношування елементів датчика, що значно збільшує термін служби пристрою.

Крім того, застосування високоточних датчиків дозволяє реалізувати складні алгоритми керування двигуном. Сучасні електронні блоки керування використовують спеціальні програмні алгоритми для аналізу сигналів датчиків та оптимізації режимів роботи двигуна.

Важливим напрямом розвитку сенсорних технологій є також мініатюризація електронних компонентів. Використання сучасних технологій мікроелектроніки дозволяє створювати компактні датчики з високими експлуатаційними характеристиками.

Сучасні датчики також характеризуються низьким енергоспоживанням та високою стійкістю до електромагнітних завад. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу сенсорних систем навіть у складному електромагнітному середовищі сучасного автомобіля.

Важливим напрямом розвитку автомобільної електроніки є підвищення точності та надійності сенсорних систем. Датчики положення колінчастого вала повинні працювати в складних умовах експлуатації, які характеризуються високими температурами, вібраціями, механічними навантаженнями та впливом електромагнітних перешкод. Тому при проектуванні таких датчиків особлива увага приділяється вибору матеріалів, конструкції сенсорного елемента та методам обробки сигналу.

Сучасні датчики на основі ефекту Холла широко застосовуються завдяки своїй простоті конструкції та високій надійності. Основним елементом такого датчика є напівпровідникова пластина, через яку проходить електричний струм. При появі магнітного поля виникає поперечна напруга, величина якої пропорційна індукції магнітного поля. Ця напруга підсилюється електронною схемою та перетворюється у цифровий сигнал, який передається до електронного блоку керування двигуном.

Однією з важливих переваг датчиків Холла є їх здатність працювати у широкому температурному діапазоні. Це дозволяє використовувати їх у різних умовах експлуатації автомобіля. Крім того, такі датчики мають високу швидкодію та можуть точно фіксувати швидкі зміни магнітного поля.

Магніторезистивні датчики, у свою чергу, відзначаються ще більшою чутливістю до змін магнітного поля. Завдяки цьому вони можуть використовуватися для дуже точного визначення положення обертових елементів. У сучасних автомобілях такі датчики часто застосовуються у системах керування двигуном, системах стабілізації руху та системах контролю положення керма.

Суттєвою перевагою магніторезистивних датчиків є їх висока точність вимірювання навіть при дуже малих змінах магнітного поля. Це дозволяє

забезпечити більш точне визначення положення колінчастого вала, що позитивно впливає на роботу систем керування двигуном.

Крім того, сучасні сенсорні системи можуть включати спеціальні електронні схеми компенсації температурних впливів. Зміна температури може призводити до зміни електричних характеристик матеріалів сенсорів, тому використання таких схем дозволяє забезпечити стабільність показів датчика у різних температурних умовах.

Ще одним важливим напрямом розвитку датчиків є використання інтегральних мікросхем. Сучасні сенсори часто виконуються у вигляді компактних інтегральних пристроїв, що поєднують у собі чутливий елемент, підсилювач сигналу та цифрову систему обробки інформації. Це дозволяє значно підвищити точність роботи датчика та зменшити вплив зовнішніх завад.

У сучасних автомобілях електронні системи керування двигуном використовують складні алгоритми обробки сигналів датчиків. Сигнали, що надходять від датчика положення колінчастого вала, аналізуються мікропроцесором, який визначає точне положення валу та швидкість його обертання. На основі цих даних система керування двигуном визначає оптимальний момент упорскування палива та запалювання.

Використання таких алгоритмів дозволяє забезпечити більш ефективно згоряння паливно-повітряної суміші. Це сприяє підвищенню потужності двигуна та зменшенню витрат пального. Крім того, оптимізація процесу згоряння дозволяє зменшити кількість шкідливих викидів у атмосферу.

Важливим напрямом розвитку сенсорних систем є також підвищення їх надійності та довговічності. Сучасні датчики повинні працювати протягом тривалого часу без необхідності обслуговування або заміни. Саме тому виробники автомобільної електроніки приділяють значну увагу розробці нових матеріалів та технологій виготовлення сенсорів.

У майбутньому очікується подальший розвиток сенсорних технологій, пов'язаний із використанням нових матеріалів та нанотехнологій. Це дозволить створювати ще більш точні та надійні датчики, які будуть використовуватися у системах автоматизованого керування транспортними засобами.

Таким чином, застосування ефекту Холла та магніторезистивного ефекту у прецизійних датчиках положення колінчастого вала є важливим напрямом розвитку сучасної автомобільної електроніки. Використання цих фізичних явищ дозволяє створювати високоточні сенсорні системи, що забезпечують надійну та ефективну роботу двигунів внутрішнього згоряння. Подальший розвиток сенсорних технологій сприятиме вдосконаленню автомобільних систем керування та підвищенню екологічних характеристик транспортних засобів.

Література

1. Бойко В.В., Журавель О.О. Електронні системи автомобілів. – Київ: Каравела, 2019.
2. Кузьо І.В., Яцків В.В. Автомобільна електроніка та мікропроцесорні системи керування. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018.
3. Кухарчук В.В., Грабко В.В. Датчики та вимірювальні перетворювачі. – Вінниця: ВНТУ, 2015.
4. Биков В.П., Дяченко М.М. Основи електроніки та мікросхемотехніки. – Київ: Либідь, 2016.

УДК 681.5

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ УКРАЇНИ: СТАН, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

А.М. Шалімова

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

alenagornichenko@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасне автомобілебудування трансформується під впливом Індустрії 4F/V/0. Провідні виробники – BMW, Toyota, Volkswagen – реалізують концепцію «розумного заводу» з часткою автоматизованих операцій 65–85 %, тоді як українські підприємства (АвтоКрАЗ, ЛАЗ, КААЗ) залишаються на рівні 18–35 %. За щільністю промислових робіт відставання є критичним – у 28 разів [1].

Мета роботи – проаналізувати рівень цифровізації та автоматизації в автомобілебудуванні України порівняно зі світовими лідерами та визначити пріоритетні напрями модернізації галузі.

1. Порівняльний аналіз: Україна vs світ. На основі аналізу звітів IFR, даних Держстату України та галузевих публікацій складено порівняльну характеристику ключових показників (табл. 1).

Особливо показовим є знос виробничого обладнання – 60–70 % в Україні проти 15–25 % у лідерів. Водночас саме інтеграція IoT-датчиків на наявне обладнання є найшвидшим першим кроком: вона одразу відкриває можливість предиктивного технічного обслуговування та дозволяє виявляти приховані втрати часу й ресурсів без масштабних капіталовкладень.