

## ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФОРСУНОК АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Приведений короткий аналіз методів діагностування електромагнітних форсунок. Обґрунтована необхідність удосконалення методів і способів визначення технічного стану форсунок з метою автоматизації процесу діагностування. Пропонується діагностична модель електромагнітної форсунки в системі Simulink.*

**Ключові слова:** діагностування, форсунка, моделювання, технічний стан, мехатронна система.

Система впорскування палива автомобільного двигуна є мехатронною системою, яка містить електронний блок керування, набір датчиків, що збирають інформацію про стан системи в будь-який момент часу, а також виконавчі пристрої, які керуються електронним блоком керування. Електромагнітні форсунки є основним виконавчим елементом подачі палива в системах керування двигуном. Паливо подається форсункою або у впускний колектор або безпосередньо в камеру згоряння, в залежності від конструкції системи (розподілене або безпосереднє впорскування). Технічний стан електромагнітних форсунок безпосередньо впливає на багато показників роботи двигуна. Несправності форсунок призводять до збільшення витрати палива, забруднення навколишнього середовища, падіння потужності і нестійкої роботи двигуна.

Питання достовірного і швидкого діагностування форсунок впорскування палива на сьогоднішній день вивчено недостатньо, хоча відомо багато способів визначення їх технічного стану [1, 3, 4]. В достатній мірі описані технології діагностування електричної частини форсунок. Але поки недостатньо вивчене питання діагностування механічної частини форсунок: діагностування чіткості фактичного відкриття і закриття клапана форсунки, діагностування ступеня забруднення форсунки, діагностування ступеня зносу елементів форсунки.

Технічний стан електромагнітних форсунок характеризується певною кількістю діагностичних параметрів [1-4]. Для отримання цих параметрів застосовуються різні підходи та різне діагностичне обладнання. Одним з найбільш поширених є аналіз параметрів бортової діагностики із застосування сканера OBD. Такий підхід дозволяє зчитувати та аналізувати коди помилок, аналізувати збережені параметри мехатронної системи на момент виникнення несправності. Система OBD також дає можливість тестового керування виконавчими пристроями під час роботи двигуна. Електрична частина та система керування форсунки можуть бути продіагностовані із застосуванням мотор-тестера або осцилографа. Такий підхід дозволяє проаналізувати осцилограми електричних сигналів керування форсункою. Основними діагностичними параметрами електромагнітної форсунки є [2, 3, 4]: робочий тиск у порожнині сопла, рівний робочому тиску в паливній рампі; продуктивність форсунки, яка визначається пропускною спроможністю форсунки у відкритому стані; напруга форсунки для її надійного спрацьовування; мінімальний час паливного циклу (мінімальний час відкритого стану форсунки); внутрішній опір котушки соленоїда форсунки. Швидкодія форсунки визначається жорсткістю зворотної пружини, а також індуктивністю обмотки та масою голки форсунки.

Процес діагностування електромагнітної форсунки полягає у визначенні її параметрів та автоматизованому аналізі значень цих параметрів. З цією метою виконано моделювання робочого процесу форсунки (діагностична модель). Таке моделювання виконане в системі Simulink, яка входить у програмний пакет Matlab [5]. Система Simulink дає можливість реалізовувати принцип візуального програмування. Набори блоків зі стандартних бібліотек Simulink дають можливість користувачу створити окремі модулі функціонування системи впорскування палива, як мехатронної системи. Модулі взаємодіють між собою, отримують вхідну інформацію, викону-

ють її обробку, аналіз та обчислення і наочно відображають результат роботи моделі.

Процес діагностування електромагнітних форсунок можна умовно розділити на дві частини: діагностування електричної (електронної) частини і діагностування механічної частини. Обидві частини діагностування повинні виконуватися паралельно у взаємозв'язку між собою. Діагностування електричної частини може бути виконане на основі аналізу електричного сигналу керування форсункою. Аналіз цього сигналу дає можливість зробити висновки про технічний стан електронного блоку керування, ланцюги керування форсунками і обмотки соленоїдів форсунок. Обмотки форсунок також можуть бути перевірені виміром її опору. Діагностування механічної частини форсунки за своєю природою є більш складним і не може бути достовірно виконане із використанням звичайних засобів діагностування. Аналіз способів діагностування електромагнітних форсунок супроводжується певними експериментальними дослідженнями.

Діагностична модель у системі Simulink умовно поділена на три частини. Кожна частина відповідає реалізації окремих діагностичних процедур, що виконуються в реальних (експериментальних) умовах. Перша частина діагностичної моделі призначена для введення і обробки вхідних даних (параметрів, які зчитуються безпосередньо із автомобільного двигуна). Основна частина виконує всі процедурні операції математичної моделі, вона є найбільш об'ємною. В цій частині реалізовані діагностичні процедури визначення технічного стану електричної та механічної частин форсунки на основі певної групи параметрів, основним з яких є коливання тиску в порожнині форсунки та в паливній рампі. Результатом роботи діагностичної моделі є підсистема прийняття рішень про технічний стан форсунки у якій виконується порівняння параметрів форсунки, що діагностується із параметром еталонної форсунки. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес визначення технічного стану.

Запропонований підхід створення діагностичної моделі форсунки автомобільного двигуна в системі Simulink дає можливість визначити взаємозв'язок між діагностичними параметрами системи впорскування та її типовими несправностями. Моделювання діагностичних процедур та підсистема прийняття рішень є основою створення автоматизованої системи діагностування електромагнітних форсунок та системи керування двигуном в цілому.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобильные двигатели. Системы управления и впрыск топлива: Пер. с англ. – СПб.: ЗАО "Альфамер Паблишинг", 1999. – 338 с.
2. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.
3. Браильчук А.П. Виброакустический метод экспресс-диагностики форсунок впрыска легких топлив/ А.П. Браильчук, А.А. Трифионов, Р.С. Санов. - 2006, - 4 с.
4. Васильев А. В. Математическое моделирование эксплуатационного изменения рабочих показателей электромагнитных форсунок бензиновых двигателей/ А. В. Васильев, Д. С.Березюков . - ВГТУ - Машиностроение, В4, Т12, - 2012, 4 с.
5. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК/ С.Г. Герман-Галки, – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

**Кукурудзяк Юрій Юрійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: [uk34@ukr.net](mailto:uk34@ukr.net);

**Петров Микита В'ячеславович** – студент групи ІТТ-19мс, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kovalenko1vn74@gmail.com](mailto:kovalenko1vn74@gmail.com);

#### *Diagnosis of electromagnetic injectors of the automobile engine*

##### **Abstract**

*A brief analysis of methods for diagnosing electromagnetic injectors is given. The necessity of improvement methods and ways definition of a injector technical condition for the purpose of automation process of diagnosing is proved. A diagnostic model of the electromagnetic injector in the Simulink system is proposed.*

**Keywords:** diagnosing, injector, modeling, technical condition, mechatronic system.

**Kukurudziak Yuri Y.** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of automobiles and transport management department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [uk34@ukr.net](mailto:uk34@ukr.net);

**Petrov Mykyta** – Faculty of Mechanical Engineering and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [kovalenko1vn74@gmail.com](mailto:kovalenko1vn74@gmail.com);