

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ COMMON RAIL

Вінницький національний технічний університет

Анотація В роботі виконано огляд методів діагностування систем живлення дизельних двигунів та особливості їх застосування до системи живлення Common Rail.

Ключові слова: дизель, система живлення, Common Rail, діагностування, технічний стан, стендове діагностування, діагностування на автомобілі

Abstract The paper gives an overview of diagnostic methods diesel fuel systems and particularly their application to Common Rail fuel system.

Keywords: diesel, fuel system, Common Rail, diagnostics, technical condition, bench diagnostics, diagnostics for cars

На сьогоднішній день дизелями оснащено більше 90% вантажних автомобілів та понад 60% автобусів. Безперервно зростає і частка легкових автомобілів з дизельними двигунами. Підвищення експлуатаційних якостей та екологічних вимог призвело до появи акумуляторної системи живлення Common Rail.

Важкі умови експлуатації, низька якість палива, несвоєчасність діагностичних і профілактичних впливів часто призводять до того, що паливна апаратура Common Rail передчасно виходить з ладу. Пошук несправностей, а також їх усунення часто супроводжуються тривалими простоями автомобілів, що викликає великі збитки перевізників.

Система живлення Common Rail і складові її елементи можуть бути продіагностовано в стендових умовах (тобто зі зняттям паливної апаратури з автомобіля), а також безпосередньо на автомобілі.

Перша група методів (стендові випробування) виконуються, як правило, за допомогою спеціального обладнання по алгоритмам, умовам і параметрам, що визначаються фірмою-виробником.

Розглянемо стендові методи діагностики, які можуть бути застосовані до систем живлення Common Rail. Паливні насоси високого тиску (ПНВТ) системи Common Rail перевіряються за такими параметрами [1]:

- час, за який ПНВТ накачає в акумуляторі паливо до певного тиску при заданій частоті обертання валу насоса і повністю закритому регуляторі тиску в пусковому режимі;
- продуктивність з повністю відкритим регулятором тиску;
- продуктивність при дискретному варіюванні тиску в акумуляторі і фіксованих частотах обертання валу насоса;
- час досягнення заданого тиску при фіксованій частоті обертання і частково відкритому регуляторі тиску та ін.

Дозуючі пристрої (регулятори потоку) перевіряються по продуктивності ПНВТ в сталому режимі при подачі певного струму і скважності. Паливні акумулятори також можуть бути перевірені в стендових умовах/ При цьому перевіряється герметичність аварійного клапана, або регулятора тиску, а також правильність показань датчика тиску.

При випробуваннях електрогідравлічних форсунок на спеціалізованих стендах може перевірятися широкий спектр параметрів. При цьому перевіряються: циклова подача на режимах і витрата палива на управління, що задаються в рамках тест-плану (режим статичного витоку, режим повного і часткового навантаження, режим холостого ходу, режим впорскування малих доз палива (передвпорскування)) [1, 2].

Хоча стендова перевірка елементів системи живлення дає вичерпну інформацію про їх технічний стан, проте перспективним є розвиток методів її діагностики без зняття з автомобіля.

Найбільш поширені і інформативні безстендові методи діагностики систем живлення можна представити у вигляді декількох функціонально узагальнених груп. Першу групу представляють

методи функціонального діагностування за основними показниками роботи двигуна, наприклад, за його потужністю або потужністю окремих циліндрів, другу групу становлять методи, пов'язані з аналізом робочого процесу двигуна, третю – віброакустичні методи, і четверту – гідравлічні методи, зокрема по амплітудно фазовим параметрам зміни тиску в паливній магістралі високого тиску.

Розглянемо першу групу методів. На автомобілі тестовий вплив можна задати у вигляді перехідного динамічного режиму, з відключенням частини циліндрів і їх комбінації, в тому числі, в поєднанні з навантажувальними пристроями. Безстендові методи діагностування набули широкого поширення завдяки відсутності зовнішніх навантажуючих пристроїв і простоті в реалізації. З появою і розвитком електронних систем управління двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) безстендові тестові режими можуть бути задані на програмному рівні блоків управління у вигляді алгоритмів, що реалізують процес тестового діагностування [2].

Одним з поширених безстендових методів є метод, заснований на відключенні циліндрів [3,4]. Даним методом можна перевірити лише відносну працездатність циліндра. При цьому достовірність контролю знижується зі збільшенням кількості циліндрів. Перевагами даного методу є простота, доступність, оперативність, можливість визначення показників, що характеризують технічний стан циліндрів, але достовірні надійні результати можуть бути отримані тільки при ретельному дотриманні теплового режиму двигуна.

Серед відомих і перспективних безстендових методів вигідно виділяється динамічний метод діагностики [3,4]. Він базується на рівнянні динаміки розгону обертових мас поршневого ДВЗ:

$$I_d \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dI_d}{d\varphi} = M_i - M_m,$$

де I_d - приведений момент інерції; $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $\frac{d\omega}{dt}$ - кутове прискорення колінчастого вала, $\text{рад} / \text{с}^2$; ω - кутова швидкість колінчастого вала, $\text{рад} / \text{с}$; M_i, M_m - відповідно індикаторний момент і момент механічних втрат двигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

При такому методі потужність (момент) двигуна визначають методом повного або часткового вибігу при одночасному відключенні всіх циліндрів або всіх циліндрів, крім одного, який діагностують.

Вимірювання кутової швидкості і прискорення в даний час не викликає труднощів і, завдяки відносній стабільності приведенного моменту інерції обертових мас для однієї марки двигуна, дозволяє визначати такі діагностичні параметри:

1. Ефективну потужність – по прискоренню обертових мас;
2. Потужність механічних втрат – по уповільненню обертових мас;
3. Баланс потужностей циліндрів – виділенням окремих складових прискорень на такті робочого ходу в процесі розширення;
4. Відносну герметичність циліндрів за величиною уповільнення колінчастого вала в діапазоні малих частот обертання (холостого ходу і пускових оборотів).

Віброакустичні методи діагностики паливної апаратури мають високу привабливість, завдяки оперативності та відсутності підготовчих розбірно-складальних операцій. Найбільш популярним серед них є метод, заснований на аналізі сигналу накладного п'єзодатчика в процесі впорскування палива. Діагностичним параметром в цьому випадку є пульсація трубки високого тиску, збільшення діаметра якої залежить від матеріалу трубки, геометричних розмірів, а також від перепаду тиску [4, 5].

При всій своїй привабливості, даний метод має і недоліки, пов'язані з необхідністю застосування інтегруючих підсилювачів і сильній залежності від характеристик трубок високого тиску. При цьому пульсація відображає якісну картину зміни тиску при нагнітанні і упорскуванні палива, що дозволяє використовувати даний метод тільки в порівнянні однойменних осцилограм процесу один з одним, тобто він є відносним.

Група методів діагностики паливної апаратури на основі гідравлічних параметрів є досить великою. Діагностичними параметрами при цьому є тиск палива та/або витрата при певному тиску. Знос плунжерних пар ПНВТ визначають по максимально тиску, що ними розвивається, за допомогою максиметра або еталонних форсунок. Тиск впорскування форсунок перевіряють без зняття, спеціальними мотор-тестерами. Кут впорскування визначається, як правило, або статичним способом по моментоскопу, або стробоскопічним способом.

Але набагато більше інформації про технічний стан лінії високого тиску, зокрема: плунжерних пар, нагнітальних клапанів і форсунок окремих циліндрів, несе осцилограма високого тиску палива на вході в форсунку дизеля.

Аналіз методів і засобів діагностики системи Common Rail показує, що її діагностування на автомобілі проводиться наступними засобами:

- засобами бортовий самодіагностики;
- спеціалізованими комплектами (осцилографами, мотор-тестерами і ін.);
- автомобільними сканерами.

Використовувані при цьому діагностичні параметри можна умовно розділити на три групи: параметри, засновані на вимірі кутовий швидкості в тестових режимах; електричні параметри (напруга, скважність, струм, активний опір, імпеданс); гідравлічні параметри (тиск і витрата палива в магістралях низького і високого тиску).

Електричні параметри, як правило, добре контролюються за допомогою вбудованої системи самодіагностики. В першу чергу надійно розпізнаються такі стани як обрив або коротке замикання виконавчих елементів і датчиків. Струм в виконавчих елементах використовується електронним блоком керування (ЕБК) в режимі зворотного зв'язку і є цінним діагностичним параметром.

Діагностування системи живлення Common Rail за параметрами гідравлічних процесів може здійснюватися, як за допомогою засобів бортовий самодіагностики, так і зовнішніми універсальними засобами діагностування. Найбільшу популярність і точність серед них має замір витрати палива в вузлових точках, наприклад, на зливання в зворотну магістраль з електрогідравлічних форсунок. Технічний стан ПНВТ безпосередньо на автомобілі перевіряється, як правило, по максимальному тиску, що розвивається [6].

Значну перспективу і поширення в даний час отримали системи вбудованого (бортового) діагностування [7, 8]. У кожного сучасного автомобіля застосовується система самодіагностики OBD (On Board Diagnosing). Основними завданнями системи OBD є:

- контроль технічного стану агрегатів, систем механізмів і вузлів автомобіля, що впливають на підвищення токсичності відпрацьованих газів;
- захист компонентів (нейтралізаторів, сажових фільтрів і ін.) від перегріву і руйнування;
- запис і зберігання інформації про несправності що виникали;
- реєстрація умов експлуатації в момент виникнення несправності;
- інформування водія.

Проте навіть найпотужніша діагностична бортова система самодіагностики не в змозі врахувати всіх можливих поєднань технічного стану електронної системи керування двигуном (ЕСКД) і системи живлення Common Rail. Це пов'язано з тим, що ЕБК не в змозі вирішувати одночасно сукупність систем складних нелінійних диференціальних рівнянь, що описують процес функціонування системи СР, ЕСКД і ДВЗ і в той же час відігравати ключову роль в управлінні процесами подачі палива, подачі повітря, зниження токсичності відпрацьованих газів тощо [7, 8]. Тому діагностичні коди несправностей базуються на аналізі сукупності поточних параметрів і методах нечіткої логіки.

Ефективність діагностики за допомогою сканерів, які отримують доступ до вмісту ЕБК, залежить від досконалості їх програмного забезпечення. У випадках, коли автомобіль не заявлений у списку підтримки сканера, а також при пошкодженні діагностичного роз'єму подальше діагностування подібним засобом діагностування неможливо. Для підвищення інформативності контролю технічного стану та для пошуку несправностей програмне забезпечення сканерів реалізує певні алгоритми, тестові режими, активаційні тести та ін. Різні виробники ЕСКД закладають в них різні можливості.

Висновок. Аналіз показав, що не існує єдиного універсального методу і засобу технічної діагностики автомобілів з системою живлення Common Rail. Технічний прогрес і ускладнення конструкції робить двигун все менш придатним для діагностування традиційними методами і засобами. Система бортової самодіагностики не в змозі цілком і повністю відповідати широкому спектру завдань, що виникають в експлуатаційних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей. учебное пособие. М: «Легион-Автодата», 2008. 240 с.
2. Терских И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов. Иркутск: Изд-во ИГУ. 312 с.

3. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей. М.: Транспорт, 1970. 256 с.
4. Мирошников Л.В., Болдин А.П., Пал В.И. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. М.: Транспорт, 1977. 263 с.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. К.: Знання-Прес, 2003. 511 с.
6. Нигматуллин Ш.Ф., Габдрахимов М.М., Валиев М.М. Диагностирование насоса топливной системы типа Common Rail на основе параметрической идентификации колебаний давления в аккумуляторе // Вестник БГАУ / Vestnik BSAU, 2011, № 4. с. 64-66.
7. Рокош У. Бортовая диагностика. Пер. с нем. М.: ООО «Издательство «За Рулем»», 2013. 224 с.
8. Системы управления дизельными двигателями. Пер с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. 480 с.

Олійник Владислав Віталійович – магістрант групи 1АТ-18м, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Смирнов Євгеній Валерійович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Olînyk Vladyslav V. – group 1AT-18m, Faculty of Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

Smyrnov Yevhenii V. – PhD (Eng.), associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia