

СПОСІБ ПРОМИВАННЯ ФОРСУНКИ ІНЖЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ КЕРОВАНОЮ НАПРУГОЮ

Запропоновано під час промивання форсунок використовувати регулювання проміжку між голкою та сідлом форсунки для збільшення швидкості руху промивної рідини та зміна напрямку його руху в порівнянні з робочим напрямком руху палива.

Ключові слова: форсунка, регулювання проміжку, напрямок руху.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Електромагнітні форсунки інжекторного двигуна внутрішнього згорання – це найпростіший і в той же час складний пристрій на автомобілі. Принцип дії їх простий: електромагніт втягує сердечник, голка відкриває прохідний перетин – бензин під тиском надходить у впускний колектор і розпилюється.

Форсунка є пристроєм, яким дозується вприскування. Електромагнітна форсунка має клапанну голку з насадженим на неї магнітним осердям. У корпусі розпилювача вона дуже точно займає своє положення. У стані спокою вона притиснена до сідла ущільнювачів корпусу розпилювача, паливний отвір при цьому закрито. Коли проходить електричний струм, піднімається сердечник з клапанною голкою, паливо починає проходити через калібрований отвір. Залежно від величини навантаження двигуна і частоти його обертання, час уключення становить 1,5–18 мс, частота спрацьовування форсунки при цьому дорівнює 4-130 Гц. А залежно від того, протягом якого часу через форсунку пройде певна кількість палива, визначається працездатність форсунки. Форсунка – це дуже важливий компонент уприскування, тому вона вимагає до себе великої уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми та на які спираються автори, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. При роботі двигуна на паливі навіть доброї якості система вприскування (у тому числі й форсунка) поступово забруднюється. «Сторонні» хімічні елементи і їх сполуки, які містяться у бензині: сірка, бензол, олефін та інші, під тиском інжекції (2,5-6 атм.) й завдяки робочій температурі мотора (80-100 ° С) перетворюються на лакові та смолянисті відкладення, що важко змиваються. А використання неякісного бензину прискорює процес засмічення інжекторів. У підсумку

це призводить до погіршення роботи двигуна – знижується його потужність і прийомна здатність, робота на холостому ході стає нестійкою, виникають провали в режимі розгону, збільшується токсичність відпрацьованих газів, скорочується термін служби датчика кисню й каталізатора. У засміченій форсунці зменшується продуктивність, змінюються напрям і форма факела розпилу, можливе навіть повне припинення подачі палива. На практиці при використанні бензинів європейської якості інжектори практично не вимагають чищення.

Тим не менше багато автовиробників рекомендують міняти їх через кожні 120–140 тис. км пробігу, незалежно від технічного стану. В разі використання палива, виробленого на території СНД, необхідність чищення інжекторів може виникнути вже через 15–30 тис. км. Причиною цього є те, що широко вживаний 95А бензин не виготовляють в Україні, а одержують додаванням присадок до 92А: кисневмісної – МТБЕ (метил-трет-бутиловий ефір), найбільш ефективною з існуючих бензоліних присадок – ММА (N-метиланілін технічний) або, що найбільш екологічно безпечно й економічно вигідно, їх сумішей. Ці присадки негативно впливають на двигун. Особливо на систему впорскування, несучи весь бруд з бака і паливопроводів до форсунок, які у свою чергу забруднюються. Засмічення форсунок стає помітним з настанням холодів, коли випаровуваність бензину погіршується: з'являються проблеми з пуском непрогрітого двигуна, нестабільністю роботи.

Існує декілька способів чищення інжекторів. Промивання форсунок без їх демонтажу полягає в роботі двигуна на спеціальному паливі (сольвент). Для цього відключається штатний паливний насос автомобіля і магістраль зливу палива в бак, а паливний провід системи впорскування з'єднується з установкою, що має резервуар із сольвентом, який під тиском подається на форсунки. Процес ділиться на декілька етапів. Спочатку двигун працює протягом 15 хвилин у режимі холостого ходу, потім його зупиняють на 15 хвилин для розм'якшення особливо стійких відкладень. Далі двигун знову запускають і він працює протягом 15 хвилин у режимі періодичного збільшення оборотів до їхнього максимального числа. Завершальним етапом промивання є відновлення сполук штатних паливних проводів і робота двигуна на бензині протягом 30 хвилин. Подібне промивання рекомендується проводити через кожні 15–20 тис. км пробігу.

Існує спосіб промивання демонтованої форсунки за допомогою зміни частоти подання напруги до її електромагнітного осердя. Подачу відкриваючої напруги на форсунку, яка піддається промиванню, здійснюють через кнопку К1 за схемою, наведеною на рисунку 1.

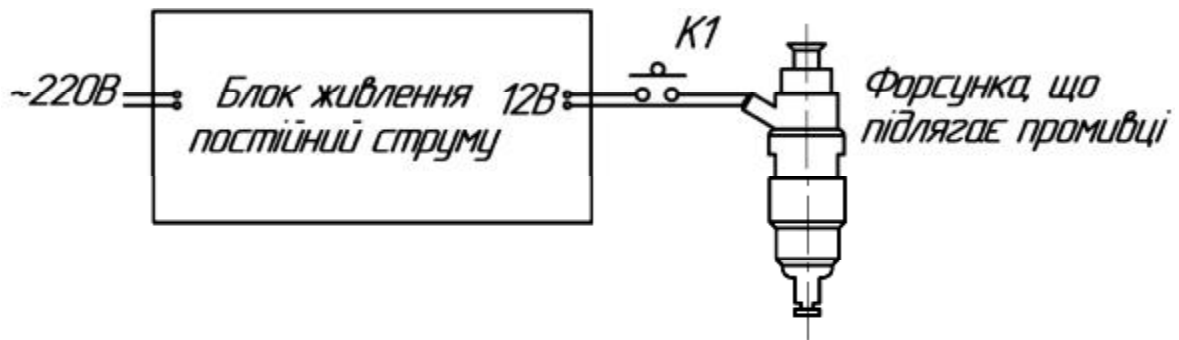


Рис. 1. Схема подачі відкриваючої напруги на форсунку

На блоці живлення встановлюється постійна напруга 12В. Полярність при підключенні форсунки значення не має. Працює схема таким чином: при натисненні на кнопку К1 замикається коло, і напруга подається на форсунку – голка в клапані піднімається. Це дає змогу регулювати частоту піднімання та опускання голки, в результаті чого потік рідини, яка під тиском надходить через форсунку, змиває смолянисті відкладення. Частота регулюється відповідно до ступеня забруднення та його характеру.

Промивання відкладень відбувається таким чином: розчинник при проходженні по паливному каналу форсунки спочатку пом'якшує, а потім розчиняє і змиває відкладення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Запропоновано не раптову, а пологу зміну подачі напруги на котушку форсунки. Графік зміни напруги зображено на рисунку 2.

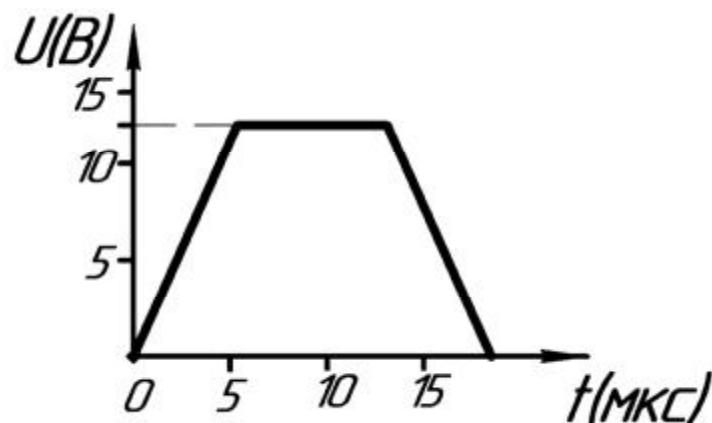


Рис. 2. Пологе зменшення подачі напруги на котушку

При повільнішому опусканні голки збільшиться час такого витікання промивальної рідини, коли швидкість його буде максимальною. Таке явище пояснюється тим, що при проходженні місцевого опору рідина має здатність збільшувати свою швидкість, що в свою чергу сприяє підвищенню ефективності промивання форсунок.

Але досягти такого результату можливо лише спеціальними блоками живлення. Такий алгоритм дій потрібно виконувати циклічно з короткими перервами доти, доки промивна рідина не буде розпилюватися без крапель.

Було запропоновано два нових напрями промивання форсунок, які зумовлені самим процесом промивки.

1. Необхідно регулювати і підтримувати проміжок між голкою та сідлом форсунки для збільшення швидкості промивної рідини, що адекватне швидкості розчинення відкладень. Підтримання проміжку пропонується здійснювати не миттєвим підняттям й опусканням голки форсунки, що здійснюється управлінням подачі напруги кнопкою за схемою рисунок 1, а повільно зростаючою і повільно спадаючою подачею напруги, що відповідно змушує повільно, а не миттєво піднімати й опускати голку клапана форсунки. Діаграма зміни керуючої напруги представлена на рисунку 3.

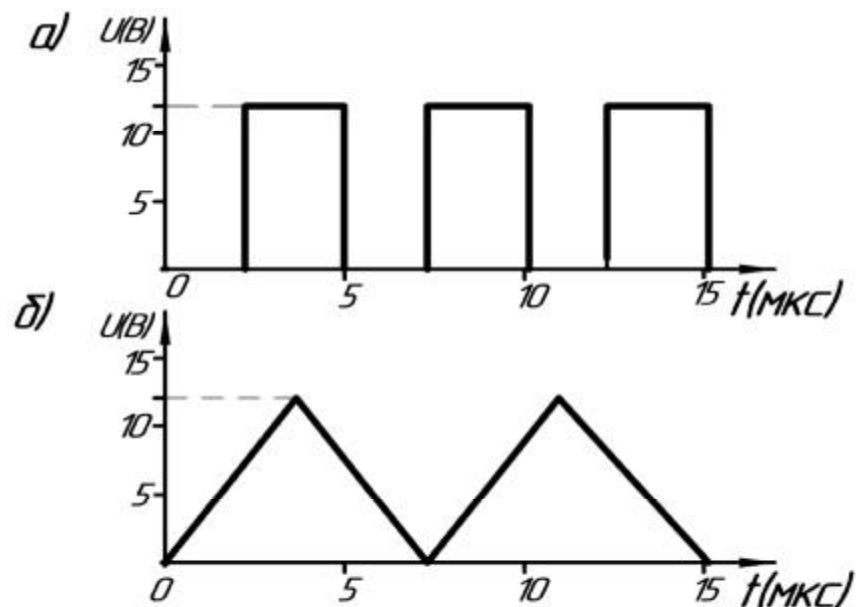


Рис. 3. Діаграма зміни напруги на клеммах форсунки: а) управління кнопкою; б) управління електронним блоком

Частота та інтенсивність зміни напруження впливає на ефективність промивання форсунки і зумовлюються інерційними властивостями механічної системи самої форсунки, а саме: частота повинна бути максимально можливою за умови забезпечення повного підняття голки клапана, а інтенсивність зміни напруги має забезпечувати адекватність повного механічного переміщення голки форсунки.

Тривалість уприскування можна розрахувати за формулою

$$T_i = M_{air}/l \cdot K_i, \quad (1)$$

де K_i – постійна форсунки. Показує співвідношення обсягу палива, яке пройшло через форсунку, до часу відкритого стану форсунки, в основному залежить від конструкції двигуна;

l – склад повітряно-паливної суміші (співвідношення "паливо – повітря"). Визначається залежно від того, в якому режимі працює двигун. Оптимальне значення дорівнює $1/14, 7$;

M_{air} – маса повітря, що надійшло у двигун. Виміряти її можна датчиком витрати палива.

У той час, коли запускається двигун, проводиться незалежний розрахунок тривалості впорскування без урахування часу на запалювання з датчика масової витрати палива.

Чи ефективно триває впорскування, можна розрахувати за допомогою додаткових величин, які скорегують вказані значення. Наприклад, це може бути зменшення напруги в бортовій мережі машини, що призведе до тривалого відкриття форсунки (підйому голки в клапані). Час відкриття форсунки завжди враховується при розрахунку потрібної тривалості сигналу керування форсункою.

Підведена до обмотки з мережі напруга створює в ній струм, який збуджує змінний синусоїдальний магнітний потік Φ . Але насправді утворюється два потоки: робочий потік та потік розсіяння, що діють перпендикулярно один одному. Змінний магнітний потік, котрий називають основним або робочим, пронизує витки котушки, індукуючи в ній ЕРС.

Ця електрорушійна сила називається ЕРС протиіндукції за законом Фарадея. Струм у котушці зростає плавно. При досягненні максимального магнітного поля зміни магнітного поля призупиняються, а отже, струм досягає свого максимального значення, що й зображено на рисунку 4.

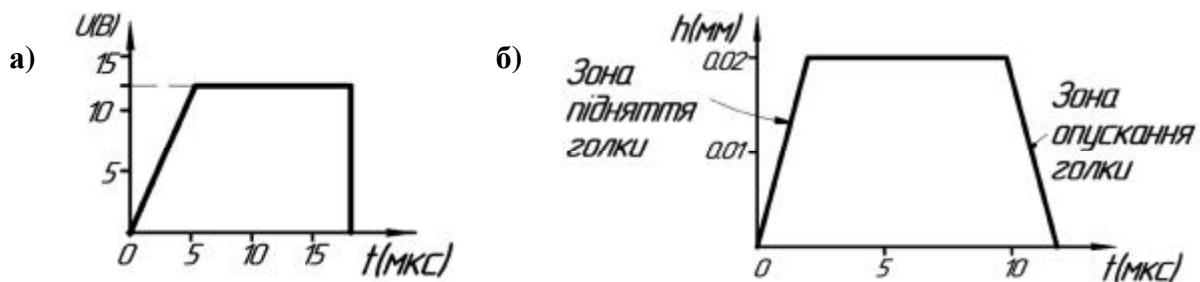


Рис. 4. Поведінка голки під час цих процесів: а) раптове зменшення подачі напруги на котушку, б) залежність висоти підйому голки від часу при доброму розпиленні форсунки

Отже, частотний спосіб промивання форсунок полягає у регулюванні частот підйому та опускання голки, тобто подачі напруги на котушку індуктивності. Ця частота залежить від ступеня забруднення форсунки. Чим більший шар важких вуглеводнів перешкоджає нормальній роботі форсунки, тим з більшою частотою підняття голки потрібно нагнітати промивну рідину у форсунку. Саме тому перед початком очисних робіт необхідно провести тест-контроль рівню забруднення форсунки. Якщо рідина майже не розпилюється на виході з форсунки, то слід проводити

промивання на доволі високій частоті (до 14 мс^{-1}), але при кращому розпиленні досить і звичайної частоти роботи форсунки ($2\text{-}6 \text{ мс}^{-1}$).

Поставлені умови дуже легко перевірити дослідним методом на форсунках, які мають вихід запірної голки за дзеркало клапана. Вказана форсунка зображена на рисунку 5.



Рис. 5. Загальний вигляд форсунки, яка має вихід запірної голки

Як електронний блок зміни напруги запропоновано використовувати блок MP710, розроблений ТОВ «Радоїмпекс», який подано на рисунку 6. Блок дозволяє організувати комутатор силових навантажень, що підключаються до ПК через USB-порт.

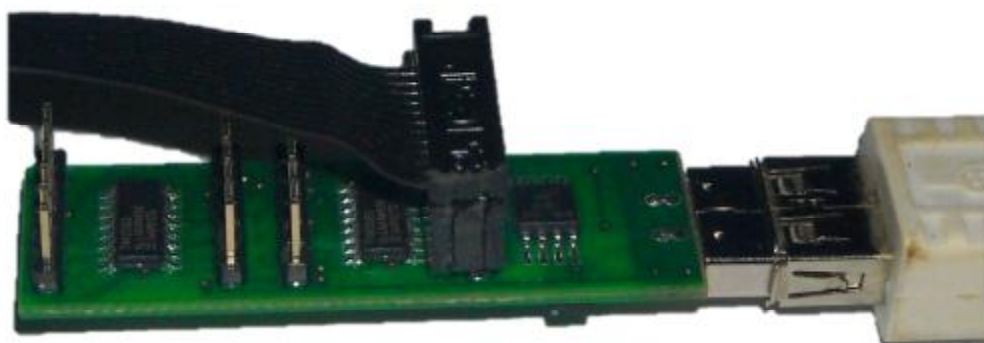


Рис. 6. Загальний вигляд пристрою MP710

Конструктивно пристрій виконано на двосторонній друкованій платі. Через USB-роз'єм пристрій підключається до ПК. Для розв'язання поставленого завдання ми маємо використовувати будь-який з 16 каналів, наприклад 14. Виходом 14 каналу є перша контактна планка, на якій використовується 4-ий контакт. Роботою пристрою управляє програма MP710.exe, робоче вікно програми показано на рисунку 7.

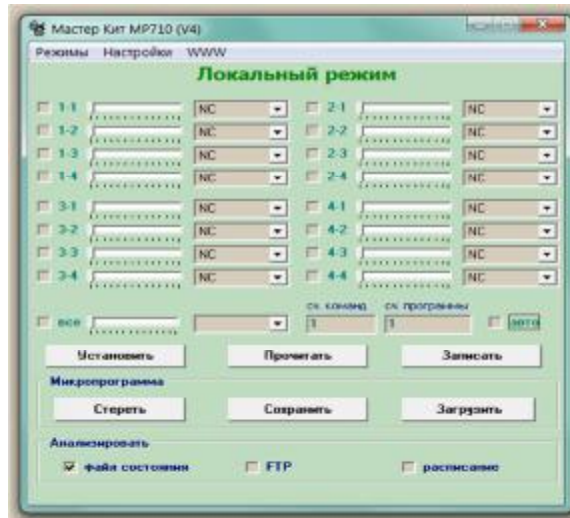


Рис. 7. Робоче вікно програми MP710.exe

Установка галочки в полі «файл стану» дозволяє управляти навантаженнями через файл MP710.local.set, що має текстовий формат запису, наприклад для того, щоб по 14-ому каналу подавався змінюваний сигнал, котрий у часі змінюється так, як показано на рисунку 8. Керуюча програма наведена на рисунку 9.

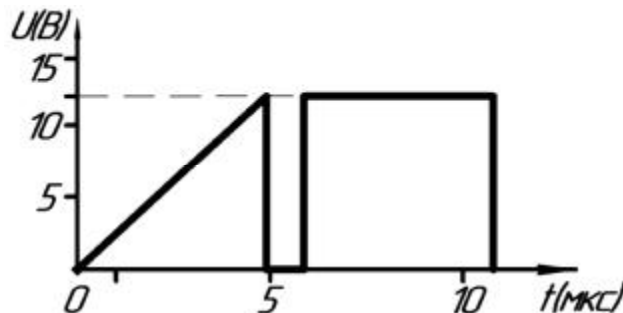


Рис. 8. Діаграма повного циклу зміни сигналу на 14-ому роз'ємі пристрою MP710

```

CMD=1
PRG=1
PORT14=0:INC
PAUSE=500
PORT14=0:NC
PAUSE=100
PORT14=128:NC
PAUSE=500
PORT14=0:NC
PAUSE=100

```

Рис. 9. Керуюча програма зміни напруги на форсунку

Управління форсункою здійснюють за допомогою польового транзистора і блока живлення за схемою, зображеною на рисунку 10.

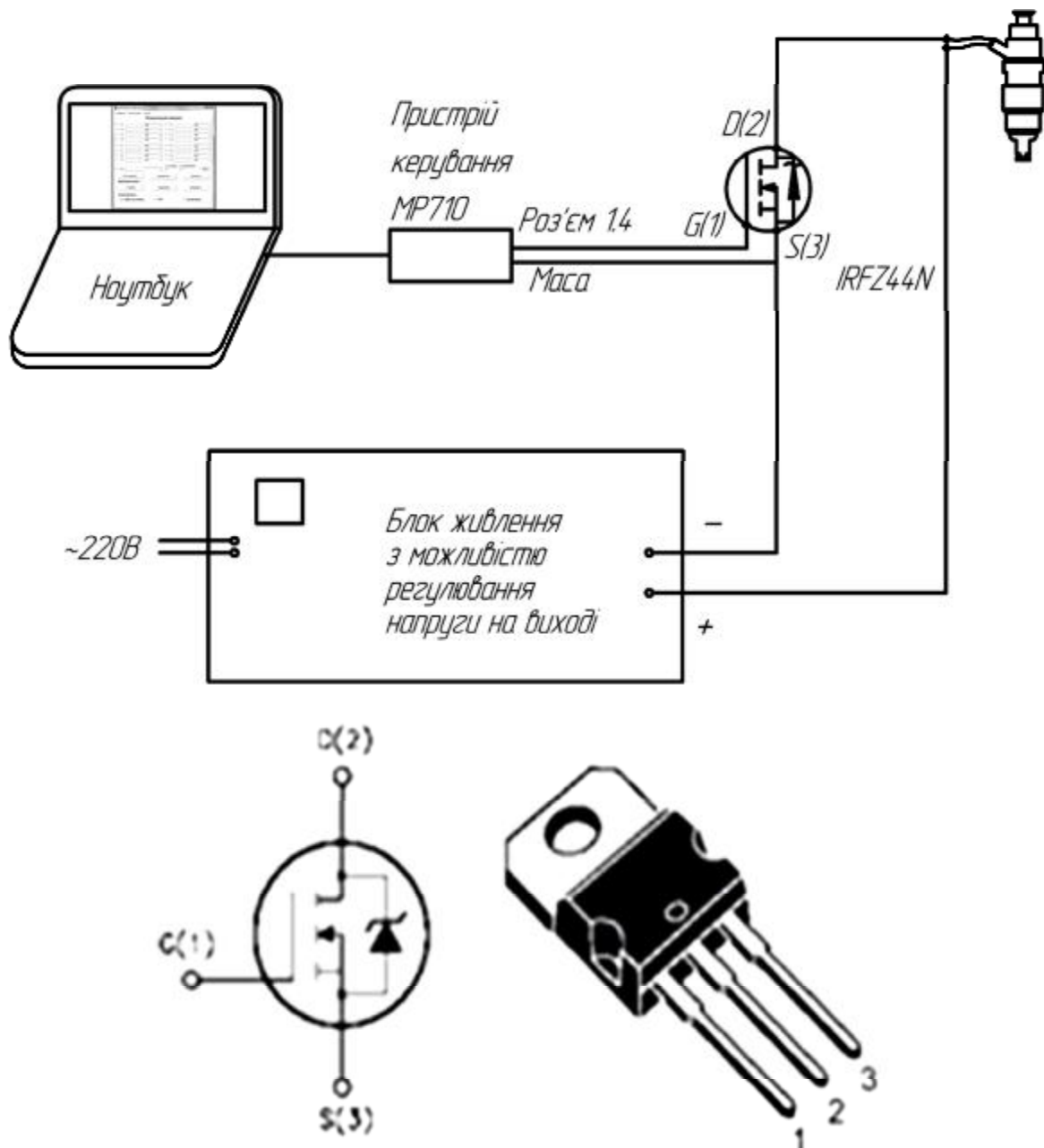


Рис. 10. Електрична схема управління форсункою

Необхідний режим переміщення голки форсунки здійснюється при напрузі живлення форсункою 12В, цикл зміни напруги складається з плавного збільшення до максимального, очікування при максимальному відкритті, а потім плавне опускання до повного закриття, що зображено на рисунку 11.

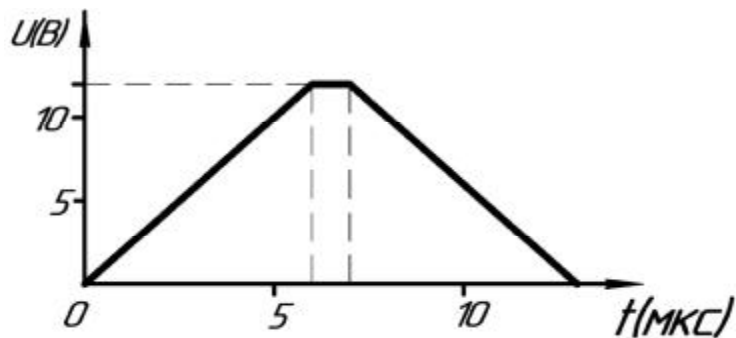


Рис. 11. Діаграма повного циклу зміни сигналу на 14 роз'ємі пристрою МР710

Для створення надлишкового тиску при промиванні електромагнітних форсунок використовуємо насос з ручним приводом, на якому встановлено манометр для контролю величини напору. Застосування саме такого насоса є найбільш економічно доцільним. Нагнітати промивну рідину необхідно через паливний металевий фільтр, який здатний витримувати надлишковий тиск 0,2-0,4 МПа. Схема створення тиску надлишкового при промиванні форсунки за допомогою насоса наведена на рисунку 12.

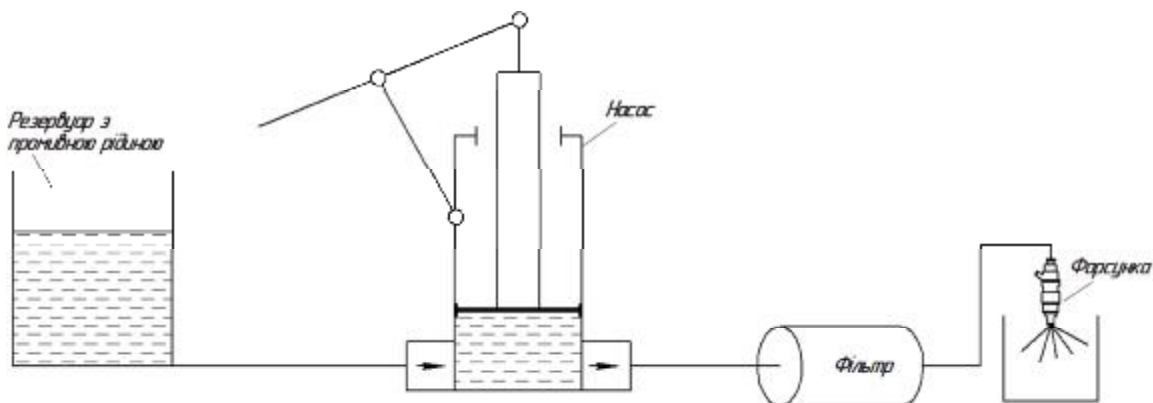


Рис. 12. Схема створення надлишкового тиску при промиванні форсунки за допомогою насоса з ручним приводом

Висновки з цього дослідження

Отже, вказаний спосіб промивання форсунок дозволяє швидко і якісно очистити її від смолянистих відкладів важких вуглеводнів, а також сторонніх часток, розміри яких перевищують розміри сопел.

Результати промивань форсунок й інжекторних двигунів показали, що промивання форсунок з використанням регулювання проміжку між голкою та сідлом дозволяє ефективно видалити смолянисті відкладення, а зміна напрямку потоку промивної рідини сприяє очищенню від сторонніх частинок, розміри яких перевищують діаметр сопла. Після промивання отримуємо форсунки з суттєво поліпшеними технічними характеристиками.

Література

1. Жолобов Л. А., Конаков А. М. Устройство и техническое обслуживание автомобилей категорий «В» и «С» на примере ВАЗ - 2110, ЗИЛ - 5301 «Бычок». Серия «Библиотека автомобилиста». – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2002. –256 с.
2. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. – К.: Либідь, 1999. – 400 с.
3. Корець М. С. Основы машинознaвствa : навч. посібник / М. С. Корець, А. М. Тарара, І. Г. Трегуб. — К., 2001. — 144 с.
4. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р. М. Деталі машин: підручник. –Вид. 2-е.К.: Кондор, 2004. -584 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания/ Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.Н.Луканина. – М.: Высш. школа, 2008.
6. V. Ramamurti.: Professor of Mechanical Engineering (Retd.) Indian Institute of Technology Madras, Chennai

Надійшла до редакції 20.11.2012

© Б. О. Коробко, А. В. Васильев, Н. В. Воронько, М. В. Голубченко

УДК 62-225:621.311.23

Б. О. Коробко, к.т.н., доц.,
А. В. Васильев, к.т.н., доц.,

Н. В. Воронько, М. В. Голубченко, студентки

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

СПОСОБ ПРОМЫВКИ ФОРСУНОК ИНЖЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ УПРАВЛЯЕМЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Предложено во время промывки форсунок использовать регулирование зазора между иглой и седлом форсунки для увеличения скорости движения промывочной жидкости и изменение её направления движения по сравнению с рабочим направлением движения топлива.

Ключевые слова: форсунка, регулирование зазора, направление движения.

UDC 62-225:621.311.23

*B. O.Korobko, Ph. D., Associate Professor,
A. V.Vasylev, Ph. D., Associate Professor,
N. V.Voronko, M. V.Golubchenko, Students
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuka*

THE WAY OF WASHING NOZZLE INJECTION ENGINES BY CONTROLLED VOLTAGE

Proposed during the washing nozzles to use the regulation of the gap between the needle and seat of the nozzle to increase the speed of drilling fluid and changing its direction of motion compared to a working direction of the fuel.

Keywords: *jet, regulation gap, the direction of movement.*