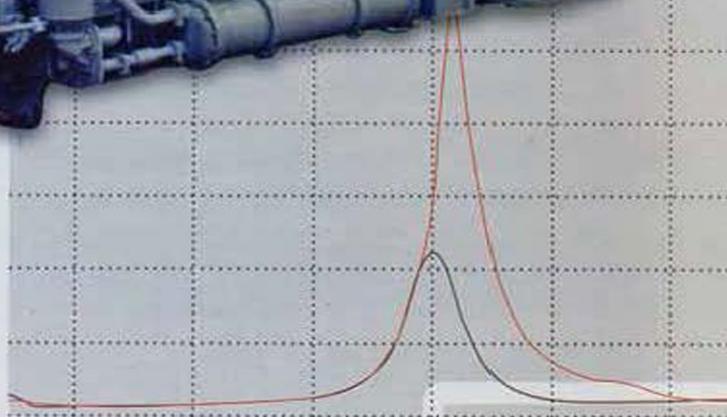
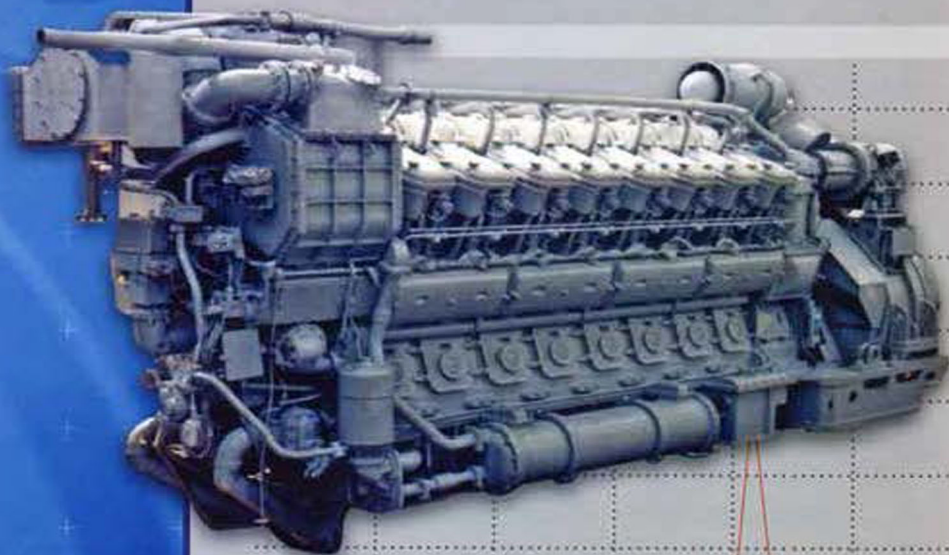


ISSN 0419-8719

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

1'2014

**Всеукраинский
научно-технический журнал**



УДК 629.036.2

А. Ф. Головчук, Ю. І. Габріель

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Проведено безмоторні дослідження електронного регулятора тракторного дизеля. Розроблено функціональну схему електронно-керуваної паливоподачі дизельних двигунів, які встановлюються на більшості тракторів виробництва країн СНД, без суттєвої зміни їх конструкції. Визначено перелік необхідних давачів та виконавчих механізмів, що в сукупності дозволяють добитися успішного функціонування запропонованої електронної системи паливоподачі та підвищити техніко-економічні показники дизелів та газодизелів. Завдяки повністю електронному управлінню існує можливість взаємодії даної системи з додатковим обладнанням транспортного засобу (бортовий комп'ютер, трансмісія тощо), запобігати різного роду перевантаженням, можливість дистанційного керування частотою обертання двигуна та моніторингу поточних параметрів роботи двигуна.

Актуальність теми дослідження. У тракторних дизелях виробництва країн СНД досить широко популярністю користується звичайна (класична) система паливоподачі із всережимним регулятором. Така система виправдує себе низькою вартістю, надійністю та ремонтпридатністю. Серійні дизелі, які обладнані класичною системою паливоподачі мають ряд недоліків: невідповідність екологічним нормам, підвищена димність відпрацьованих газів, робота лише на всережимному регулюванні, низька паливна економічність, відсутність корекції паливоподачі по температурі двигуна та довкілля, димності відпрацьованих газів та якості пального, густині та температурі вхідного повітря та ін. Всі ці вимоги виконують електронні системи регулювання паливоподачі. Проте вартість таких систем є надзвичайно високою та чутливою до якості пального, а ремонт потребує наявності дорогого та складного обладнання і, відповідно, висококваліфікованого обслуговуючого персоналу. Тому існує проблема розробки електронного регу-

лятора, дизеля на базі конструкції стандартного паливного насосу.

Аналіз попередніх досліджень. Досить багато публікацій присвячено електронним регуляторам, які в якості виконавчого механізму використовують пропорційні електромагніти, сервоприводи із електродвигунами, а публікації, що стосуються використання крокового двигуна (КД) в якості виконавчого елемента без механічного регулятора авторам статті не зустрічались.

Виклад основного матеріалу дослідження. Метою роботи є розробка конструкції електронного регулятора паливного насосу високого тиску (ПНВТ) УТН-5[1]. Як виконавчий механізм для приводу паливоподаючої рейки використано кроковий двигун. Таке впровадження у конструкцію дозволяє відмовитись від присутності давача положення рейки, але потребує наявності системи зворотнього зв'язку та аварійного захисту в разі пропуску кроків виконавчого механізму. Для зворотнього зв'язку використовується ширококуто-

ний пембл-валок Bosch LSU 4.9, який спеціально розроблений для дизелів [2]. Однотипно сигнал із цього датчика використовується для об'єктивних даних, оскільки надійно вимірює та діаметр відпрацьованих газів каталізатора мінус собою. Для зовнішнього зв'язку використовується синхронізаційний кабель відсічки палива.

У електронній регулятор поступають такі сигнали: частота обертання двигуна; положення педалі акселератора; температура двигуна; тиск та температура у впускному колекторі; масова швидкість повітря; присутність двох UART портів для можливості під'єднання як до динамічного контролю миттєвої палива (синхронний зв'яз), так і проведення відстежування усіх параметрів під час роботи електронної системи; шини даних CAN дозволяє присутність додаткових електронних систем (бортовий комп'ютер, блок управління трансмісією тощо) та їх взаємодія між собою; є можливість замкнути блок керування для оптимізації функціонування системи, що зручно при його використання при моторних дослідженнях. Функціональна схема електронного регулятора дизеля зображена на рис. 1.

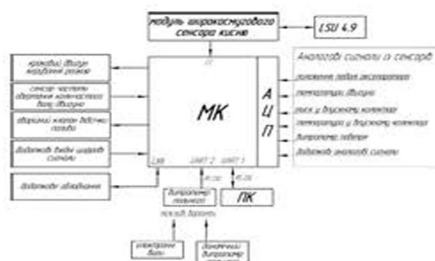


Рис.1. Функціональна схема електронного регулятора дизеля

Даний електронний регулятор не потребує серйозної зміни конструкції паливного насосу, є гнучким у налаштуванні та пристосованості до різних типів ПНВТ. Для точкових налаштувань електронного регулятора під конкретний тип двигуна необхідна, спершу, провести безмоторні дослідження серійного регулятора та на основі отриманих результатів віднайти запрограмувати експериментальний регулятор.

Для перевірки безмоторних досліджень серійного регулятора ПНВТ УТН-5 та експериментального регулятора використовувалася стенд Motocal NC-104.

Оскільки відомо, що при певних порцях палива залежить не лише від положення рейки, а й від частоти обертання, необхідно отримати таку залежність для точкових налаштувань електронного регулятора. Вона досліджувалася на експериментальному регуляторі, оскільки програмно це легко реалізується, а вхідні положення рейки – програмний параметр впрошивки крокового двигуна. Така залежність відтворена на рис. 2. Оскільки від витуса КД становить $10,4 \cdot 10^{-3}$ м при 255 кроках (при синхронізованому режимі керування КД), точність позиціонування складає $54,9 \cdot 10^{-6}$ м, швидкість переміщення витуса складає 333 кроки/с, при чому розвивається швидкість 6 Н [4], що виграчі переміщує витуси для пореміщення рейки дозаторів. Для інформування електронного блоку управління (ЕБУ) про частоту обертання ПНВТ, під час безмоторних досліджень, використовується датчик типу Холла, що вкритий в корпус регулятора та зчитує інформацію із диска із 8-ма полюсами. Частота обертання визначається за допомогою 16-розрядного таймера мікроконтролера та усереднюється за один оберт ПНВТ. Точність визначення частоти обертання складає ± 1 об/хв. Виходячи з електронної регулятор дані отримано похибки виконавчого механізму в залежності від положення педалі акселератора та частоти обертання, отримано характеристику циліндрової подачі від положення педалі та частоти обертання для різних режимів регулювання.

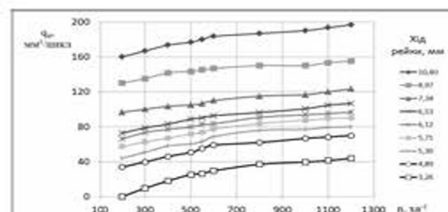


Рис.2. Залежність циліндрової подачі ПНВТ УТН-5 від ходу рейки

Можливі дані серійного корекційного регулятора те залежать від положення від ходу рейки, можна відтворити дані рейки на експериментальному регуляторі. У електронний блок управління вноситься залежність положення рейки від частоти у референтних точках (швидкість точок можна змінювати). Проміжні значення положення рейки експериментального регулятора вираховується методом лінійної інтерполяції, згідно таблиці заданої функції.

кції. Освітлені показники КД вносять в мовки 0,255 градів, для одної точки дослідженої ланки команди при'язні 1 байт. Діапазон швидот умовно можна поділити з повторюваністю 16 км⁴. Освітлені максимальна швидота обертання ПНВТ для двигок Д-240 становить 1100 км⁴, то отримавмо 69 реверних точок. При більших швидотах обертання поділи пацтва припиняються.

Для визначення значення показника рейки ПНВТ при частотках характеристик використовують таку формулу (розмірності не враховують, ці формули та умови регулюються програмно регулюють під час його роботи):

$$h_{p1} = ((n_{max} - n_{ex}) + \text{арв} \times \frac{n_{max} - n_{ex}}{255}) \times \delta, \quad (1)$$

якщо $h_p > h_{p1}$, то $h_p = h_{p1}$;

$$\text{якщо } h_p < 0, \text{ то } h_p = 0, \quad (2)$$

де n_{max} – швидота обертів, що відповідає максимальному режиму роботи; n_{ex} – швидота обертів холостого ходу; δ – коефіцієнт, який відповідає за асуду ЗПДК по осі вбачає агресо подолання параді акселератора; арв – показання параді акселератора в цифровому значенні [0,255]; h_{p1} – доцільна швидота.

Для отримання дворезимного регулювання в дослідному регуляторі використовують таку формулу:

якщо $n_s > n_{max}$, тоді:

$$h_{p1} = h_{max} - (255 - \text{арв}) \times k_{max} - (n_s - n_{max}) \times k_2; \quad (3)$$

якщо $n_s \geq n_{max}$, тоді:

$$h_{p1} = h_{max} - (255 - \text{арв}) \times k_{max} - (n_{max} - n_s) \times k_2; \quad (4);$$

якщо $n_s \geq n_{max}$, тоді

$$h_{p1} = h_{max} - (255 - \text{арв}) \times k_{max} + h_s + (n_{max} - n_{max}) \times k_1, \quad (5)$$

де n_s – швидота обертання ПНВТ; n_{max} – швидота обертів, що відповідає максимальному крутному моменту; k_{max} – коефіцієнт для прерарулку по подоланню параді акселератора; k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти, що відповідають за ланки ланки пашивошвидоті у діапазоні обертів від n_{max} до n_{max} , від n_{max} до n_{max} та від n_{max} і кінце, відповідно; h_{max} – положення рейки при n_{max} ; h_s – зварування величини асуду подолання рейки між точками холостого ходу та максимальними обертками; 255 – максимальне відтворення значення положення параді акселератора.

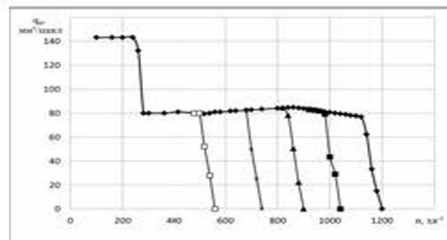


Рис. 3. Залежність від частотки характеристик ПНВТ УТН-5 в дослідному електронному регуляторі при асередствному регулюванні

На рис. 3 зображено експериментальну швидотку характеристику дослідного електронного регулятора ПНВТ УТН-5 при координатному регулюванні.

До 60% часу роботи сільськогосподарської тракторної експлуатуються на тракторних роботах. При цьому реалізується всього від 20 до 60% повільної потужності двигуна машинно-тракторного агрегату (МТА)[3]. При тракторних роботах МТА досяг частий кінце трактористи на одній швидотці пашивошвидоті переключить до відповідної рейки ПНВТ при асередствному регулюванні. Кількість кінцеї рейки на режим максимальної швидоті при ВР більше у 4,3 рази у порівнянні з ДР. Завдяки цьому витрата палива збільшується на 5-10% в порівнянні із дворезимним регулятором [3]. Тому до методики лабораторних досліджень вносимо кінцеві задачі щодо модифікації універсального регулятора, який забезпечить переведення електронного регулятора на дворезимне регулювання для мобільних швидотних засобів. Для кінцеї тракторної, які виконують транспортні перевезення більш ефективним є дворезимний електронний регулятор. Для переведення електронного регулятора на дворезимне регулювання поділи палива необхідно асередствних дані, що містяться в швидоті мікропроцесора стосовно швидотних пашивошвидоті характеристик, освітлені швидотні швидотні характеристики залежність незалежно. Експериментальна швидотна характеристика електронного регулятора дворезимного регулювання поділена на рис. 4.

Окрім асередствного, одно- та дворезимного регулювання дослідний електронний регулятор забезпечує асередствний режим регулювання.

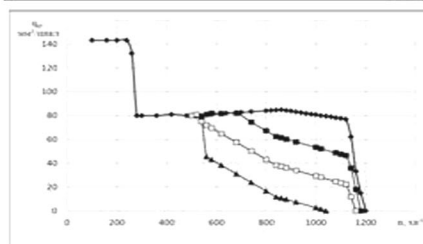


Рис. 4. Швидкісні характеристики ПНВТ УТН-5 з дослідним електронним регулятором з дворезистивним регулюванням

Висновки. Авторами статті розроблено, виготовлено та проведено теоретичні та лабораторні дослідження електронного універсального (всережнього, дворезистивного та електричного регулювання) регулятора паливної подачі на базі ПНВТ УТН-5 для дизельного двигона Д-240. Експериментальні дані підтвердили придатність електронного регулятора при різних режимах регулювання.

Геленчук Андрій Федорович – доктор техн. наук, професор, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаренка, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: andriy@golovchuk.com.ua.

Гайдацький Юрій Ігоревич – здобувач кафедри тракторів і автомобілів, Львівський національний аграрний університет, Львів, Україна, e-mail: youyudabricki@gmail.com

УНИВЕРСАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

А. Ф. Головчук, Ю. Я. Гайдацький

Проведено безпартійні дослідження електронного регулятора тракторного дизеля. Розроблено функціональний план електронно-управляемий механізмів подачі палива, який устаткований на більшості тракторів виробництва країн СНД, без суттєвих змін їх конструкції. Опрацьовано перелік необхідних деталей і комплектуючих механізмів, що в сукупності дозволяють дати більш успішний функціонування традиційної електричної системи управління і покращити техніко-економічні показники дизелів і тракторів. Внаслідок повноцінного електронного управління збільшується живучість деталей систем з допоміжними обладнаннями тракторного агрегату (бортовий комп'ютер, трансмісія і тому подібне), підвищується рівень ролі керування, зможеться дистанційного управління частотою обертання дизеля і моніторингу температури параметрів роботи дизеля.

UNIVERSAL ELECTRONIC GOVERNOR FOR TRACTOR'S DIESEL

A. F. Golovchuk, Y. I. Gaidachuk

Engines research of electronic regulator of tractor diesel are conducted. The structural chart of electronic-guided fuel supply of diesel engines which are set on most tractors of production of countries of the CIS is worked out, without the substantial change of their construction. The list of necessary means and executive mechanisms is certain, that in an aggregate allow to obtain the successful functioning of the offered electronic system of fuel supply and promote the technical and economical indexes of diesel and gasdiesels. Due to fully electronic management there is possibility of co-operation of this system with the additional equipment of transport vehicle (side computer, transmission and others like that), to prevent different family by an overload, possibility of remote-control of rotation of engine and monitoring of current parameters of throttle-on frequency.

Список літератури:

1. А. Ф. Головчук. Електронна система паливної подачі тракторного дизеля [Текст] // А. Ф. Головчук, Ю. Я. Гайдацький / Вісник НТУ. – 2012 №25 – а. 72. 2. Ushakov V. I. *ISU49.pdf* [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.volodya-robotov.net/distributors/kashdab/ku49.pdf> 3. А. Ф. Головчук. Улучшение топливной экономичности и снижение дымокости тракторных дизелей путем совершенствования системы автоматического регулирования: монография [Текст] // А. Ф. Головчук. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 472 с. 4. Армаченко Денис. РЗХ, принцип работы, диагностика и тестирование [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.agrom.net/forum/index.php?act=Attach&type=profile&id=35>

Бібліографічні відомості:

1. А. Ф. Головчук. Електронна система регулювання тракторного дизеля [Текст] // А. Ф. Головчук, Ю. Я. Гайдацький / Вісник НТУ. – 2012 №25 – а. 72. Ushakov V. I. *ISU49.pdf* [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.volodya-robotov.net/distributors/kashdab/ku49.pdf> 3. А. Ф. Головчук. Улучшение топливной экономичности и снижение дымокости тракторных дизелей путем совершенствования системы автоматического регулирования: монография [Текст] // А. Ф. Головчук. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 472 с. 4. Армаченко Денис. РЗХ, принцип работы, диагностика и тестирование [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.agrom.net/forum/index.php?act=Attach&type=profile&id=35>.

Поступила в редакцію 03.07.2014