

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ДИЗЕЛЯ

*Ю. Габрієль, ст. викладач, Т. Щур, к. т. н., Ю. Ковальчик, д. ф.-м. н.,
Н. Ющик, магістр, О. Сірий.*

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. У тракторних дизелях виробництва країн СНД досить широкою популярністю користуються звичайна (класична) система паливоподачі із всережимним регулятором. Серійні дизелі, які обладнані класичною системою паливоподачі, мають низку недоліків: невідповідність екологічним нормам, підвищена димність відпрацьованих газів, робота лише на всережимному регулюванні, низька паливна економічність, відсутність корекції паливоподачі за температурою двигуна та довкілля, димністю відпрацьованих газів та якістю пального, густиною й температурою вхідного повітря тощо. Усі ці вимоги виконують електронні системи регулювання паливоподачі. Тому існує проблема розробки електронного регулятора дизеля на базі конструкції стандартного паливного насоса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За основу використано електронний регулятор паливного насоса високого тиску (ПНВТ) УТН-5 [2]. Як виконавчий механізм для приводу паливоподаючої рейки використано кроковий двигун. Таке впровадження у конструкцію дає змогу відмовитись від присутності давача положення рейки, але потребує наявності системи зворотного зв'язку та аварійного захисту в разі пропуску кроків виконавчого механізму. Для зворотного зв'язку використовується широкосмуговий лямбда-зонд Bosch LSU 4.9, який спеціально розроблений для дизелів [4]. Одночасно сигнал із цього давача використовується для обмеження димності, оскільки надлишок кисню та димність відпрацьованих газів взаємопов'язані. Для аварійного захисту використовується електромагнітний клапан відсічки палива.

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

Постановка завдання. Мета роботи – налаштування електронного регулятора для роботи на всережимному та дворегимному регулюванні.

Виклад основного матеріалу. Для проведення безмоторних досліджень електронного регулятора використовували стенд Motorpal NC-104.

Оскільки відомо, що циклова подача палива залежить не лише від положення рейки, а й від частоти обертання, необхідно отримати таку залежність для початкових налаштувань електронного регулятора. Її досліджували на

експериментальному регуляторі, оскільки програмно це легко реалізується, а відлік положення рейки пропорційний положенню крокового двигуна. Така залежність відтворена на рис. 1. Оскільки хід штока КД становить $10,4 \cdot 10^{-3}$ м при 255 кроках (при повнокроковому режимі керування КД), точність позиціонування складає $54,9 \cdot 10^{-6}$ м, швидкість переміщення штока – 333 кроки/с, при чому розвивається зусилля 6 Н [1], що втричі перевищує зусилля для переміщення рейки дозаторів. Для інформування електронного блоку управління (ЕБУ) про частоту обертання ПНВТ, під час безмоторних досліджень, використовується давач типу Холла, що закріплений у корпусі регулятора та зчитує інформацію з диска із 8-ма виступами. Ввівши в електронний регулятор дані стосовно положення виконавчого механізму залежно від положення педалі акселератора та частоти обертання, отримуємо характеристику циклової подачі від положення педалі та частоти обертання для різних режимів регулювання.

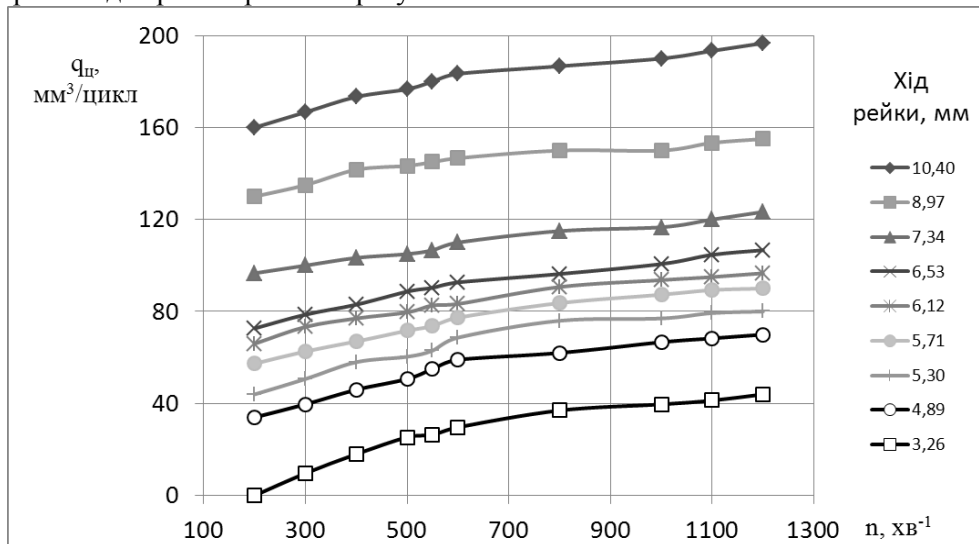


Рис. 1. Залежність циклової подачі ПНВТ УТН-5 від ходу рейки.

Маючи дані серійного всережимного регулятора та залежність подачі палива від ходу рейки, можна відтворити даний режим на експериментальному регуляторі. В ЕБУ вноситься залежність положення рейки від частоти у реперних точках (кількість точок можна змінювати). Проміжні значення положення рейки експериментального регулятора вираховуються методом лінійної інтерполяції згідно з таблично заданою функцією.

Для визначення значення положення рейки ПНВТ при часткових характеристиках використовуємо таку формулу (розмірності не враховуємо, ці формули та умови рахуються самим регулятором під час його роботи):

$$h_{p1} = ((n_{ном} - n_{xx}) + aps \times \frac{n_{ном} - n_{xx}}{255}) \times \delta, \quad (1)$$

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

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

де $n_{ном}$ – частота обертів, що відповідає номінальному режиму роботи; $n_{хх}$ – частота обертів холостого ходу; δ – коефіцієнт, який відповідає за «зсув» ЗШХ по осі абсцис згідно з положенням педалі акселератора; aps – положення педалі акселератора в цифровому значенні $[0 \dots 255]$; h_{p1} – допоміжна змінна.

Для отримання дворежимного регулювання в дослідному регуляторі використовуються такі формули:

якщо $n_n > n_{ном}$, тоді:

$$h_{p1} = h_{ном} - (255 - aps) \times k_{acs} - (n_n - n_{ном}) \times k_3; \quad (3)$$

якщо $n_n \geq n_{макр}$, тоді:

$$h_{p1} = h_{ном} - (255 - aps) \times k_{acs} - (n_{ном} - n_n) \times k_2; \quad (4);$$

якщо $n_n \geq n_{хх}$, тоді

$$h_{p1} = h_{ном} - (255 - aps) \times k_{acs} + h_z + (n_{ном} - n_{макр}) \times k_1, \quad (5)$$

де n_n – частота обертання ПНВТ; $n_{макр}$ – частота обертів, що відповідає максимальному крутному моменту; k_{acs} – коефіцієнт для перерахунку за положенням педалі акселератора; k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти, що відповідають за нахил ліній паливоподачі в діапазоні обертів відповідно від $n_{хх}$ до $n_{макр}$, від $n_{макр}$ до $n_{ном}$ та від $n_{ном}$ і вище; $h_{ном}$ – положення рейки при $n_{ном}$; h_z – вирахуване значення зсуву положення рейки між точками холостого ходу та номінальними обертами; 255 – максимальне оцифроване значення положення педалі акселератора.

На рис. 2 зображено експериментальну швидкісну характеристику дослідного електронного регулятора ПНВТ УТН-5 за всережимного регулювання.

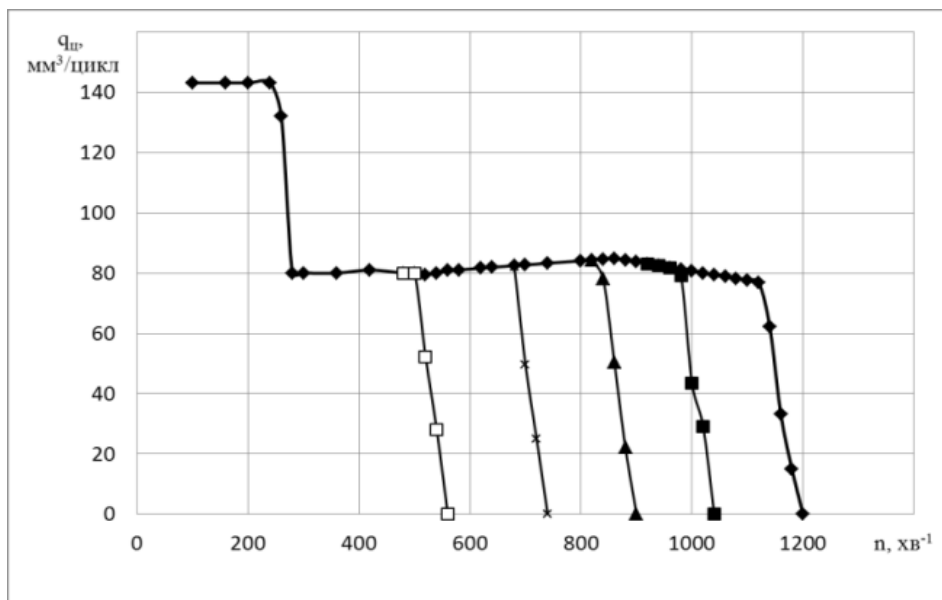


Рис. 2. Зовнішня та часткові характеристики ПНВТ УТН-5 з дослідним електронним регулятором за всережимного регулювання.

До 60% часу роботи сільськогосподарські трактори використовуються на транспортних роботах. При цьому реалізується всього від 20 до 60% номінальної потужності двигуна машинно-тракторного агрегату (МТА) [3]. При транспортних роботах МТА досить частий вплив тракториста на орган керування паливopoдaчі призводить до «закидів» рейки ПНВТ при всережимному регулюванні. Завдяки цьому витрата пального збільшується на 5-10% порівняно із дворежимним регулятором [3]. Тому до методики лабораторних досліджень нами введена задача щодо моделювання універсального регулятора, який забезпечить переведення електронного регулятора на дворежимне регулювання для мобільних енергетичних засобів. Для переведення електронного регулятора на дворежимне регулювання подачі палива необхідно скоректувати дані, що містяться в пам'яті мікроконтролера стосовно часткових швидкісних характеристик, оскільки зовнішня швидкісна характеристика залишається незмінною. Експериментальна швидкісна характеристика електронного регулятора дворежимного регулювання показана на рис. 3.

Окрім всережимного, одно- та дворежимного регулювання, дослідний електронний регулятор забезпечує астатичний режим регулювання.

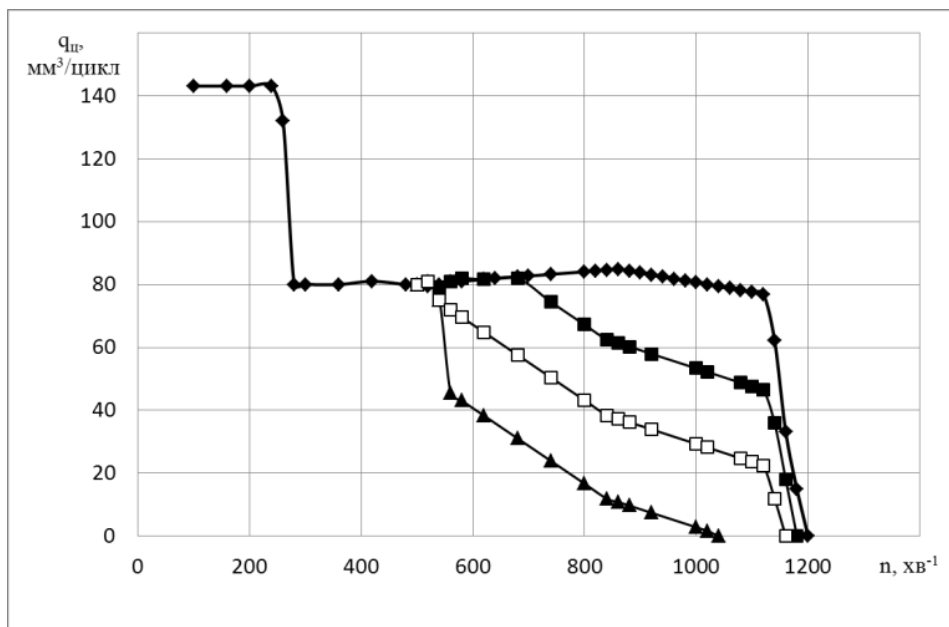


Рис. 3. Швидкісна характеристика ПНВТ УТН-5 з дослідним електронним регулятором з дворежимним регулюванням.

Висновки. Проведено безмоторні дослідження електронного універсального (всережимне, дворежимне та астатичне регулювання) регулятора паливоподачі на базі ПНВТ УТН-5 для автотракторного дизеля Д-240. Експериментальні дані підтвердили працездатність електронного регулятора за різних режимів регулювання.

Бібліографічний список

1. Артемов Д. РХХ, принцип работы, диагностика и тестирование [Электронный ресурс] / Д. Артемов. – Режим доступа : <http://www.agson.net/forum/index.php?act=Attach&type=post&id=35>.
2. Головчук А. Ф. Електронна система паливоподачі тракторного дизеля / А. Ф. Головчук, Ю. І. Габрієль // Вісник НТУ. – 2012. – № 25 – С. 72.
3. Головчук А. Ф. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторных дизелей путем совершенствования системы автоматического регулирования : монография / А. Ф. Головчук. – Харьков : ХНАДУ, 2011. – 472 с.
4. Ubershrift - LSU49.pdf [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.boschmotorsport.de/pdf/sensors/lambda/lsu49.pdf>.

Габрієль Ю., Щур Т., Ковальчик Ю., Ющик Н., Сірий О. Дослідження характеристик електронного регулятора дизеля

У роботі розглянуто електронний регулятор дизеля. Описано принципи налаштування такого регулятора за всережимного та дворежимного регулювання. Проведено безмоторні дослідження серійного ПНВТ УТН-5 та відповідно

запрограммовано електронний регулятор. Перевірено адекватність роботи електронного регулятора.

Ключові слова: дизель, електронний регулятор, астатичний регулятор, всережимний регулятор, дворежимний регулятор.

Gabriel Yu., Shchur T., Kovalchek Yu., Yushchyk N., Siryi O. Study of characteristics of diesel regulator

In this investigation we deal with the electronic controller of diesel. We describe the principles of the regulator settings in general and dual regulation. A study of non-motorized serial HPFP UTN-5 were conducted and due to this device an electronic controller had been programmed. The appropriateness of electronic regulator was checked.

Key words: diesel, all-speed governor, two-speed governor, astatic regulator, electronic control system.

Габриель Ю., Щур Т., Ковальчик Ю., Ющик Н., Сирый О. Исследование характеристик электронного регулятора дизеля

В работе рассматривается электронный регулятор дизеля. Описаны принципы настройки данного регулятора при всережимном и двухрежимном регулировании. Проведены безмоторные исследования серийного ТНВД УТН-5 и соответственно запрограммирован электронный регулятор. Проверена адекватность работы электронного регулятора.

Ключевые слова: дизель, всережимный регулятор, двухрежимный регулятор, астатический регулятор, электронная система управления.