

БУРЛАКА С. А.

<https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>e-mail: ipserhiy@gmail.com

Вінницький національний аграрний університет

АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗІ ЗМІШУВАЧЕМ ПАЛИВ

Представлено комутаційну схему функціонування машинно-тракторного агрегату з використанням системи живлення зі змішувачем палив та електронним блоком керування на базі Arduino Uno. Ця схема забезпечує повністю адаптивну систему живлення на біопаливі та його сумішах в залежності від навантажувально-швидкісних показників та режимів роботи. Проведено підбір компонентів схеми. Розроблено лінійний алгоритм для написання керуючої програми системою живлення двигуна, що забезпечує її енергетичну економічність та ефективність роботи машинно-тракторного агрегату.

Ключові слова: алгоритм, машинно-тракторний агрегат, система живлення, змішувач, біопаливо.

SERHIY BURLAKA

Vinnytsia National Agrarian University

ALGORITHM OF FUNCTIONING OF A MACHINE-TRACTOR UNIT USING A FUEL MIXER SUPPLY SYSTEM

The switching scheme of operation of the machine-tractor unit with the use of the power supply system with the fuel mixer and the electronic control unit on the basis of Arduino Uno is presented. This scheme provides a fully adaptive power supply system for biofuels and their mixtures depending on the load-speed indicators and operating modes. The selection of circuit components is carried out. A linear algorithm for writing a control program for the engine power system has been developed, which ensures its energy efficiency and efficiency of the machine-tractor unit.

During the operation of the machine-tractor unit there is a constant change of thermal, loading and speed modes. Internal combustion engines during operation usually operate in unstable modes - start, warm up, acceleration, braking, increase and decrease the load, stop. There is a need to develop a method of controlling the work processes of the diesel engine for its operation on a mixture of BF and PSU with electronic control of the fuel mixture depending on the operating modes.

Engines are dynamically asymmetrical objects, ie the processes that take place when increasing and decreasing the load on the crankshaft, when starting and stopping the engine, differ from each other.

The development of the algorithm for controlling the working processes of the diesel engine when working on a mixture of BF and PSU with electronic control of the fuel mixture depending on the operating modes of the engine will differ.

Technical parameters of the diesel engine and power supply system that must be controlled during operation: torque, crankshaft speed, power, coolant temperature, PSU temperature, percentage of fuel mixture. Fuel consumption refers to economic indicators, to environmental - the composition and amount of harmful emissions. The value of these indicators directly depends on the modes of operation.

Key words: algorithm, machine-tractor unit, power supply system, mixer, biofuel.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Процес роботи двигуна, що працює на БП, і його змішування з ДП прямо пропорційні. Теплота згоряння БП нижча, ніж ДП, а це означає, що енергія, що виробляється при повному згорянні БП, менша, ніж енергія, вироблена при такій самій кількості згоряння ДП [1, 2].

Аналіз останніх досліджень

В роботі [3] запропоновано створити систему, яка працює автономно від двигуна внутрішнього згоряння і не залежить від людського фактора. Завданням системи є забезпечення найкращого складу паливної суміші відповідно до режиму роботи.

Формулювання цілей статті

Розробити схеми комутації та загальні алгоритми роботи системи живлення дизельних двигунів, які використовують біопаливо та їх суміші.

Виклад основного матеріалу

Для забезпечення ефективної роботи запропонованої системи електропостачання необхідно усунути людський фактор. Для цього можна використовувати версію системи на основі електронних компонентів з використанням електронних блоків управління. В якості електронного блоку управління рекомендується використовувати Arduino Uno (рис. 2), основні функції перераховані в табл. 1 [4].

Пристрій дозволяє підключити до 14 різних електронних датчиків, що дозволяє розширити функціональність системи живлення.

При використанні ДП БП для управління робочим процесом дизельного двигуна і його різними відсотками змішування, а також для електронного регулювання структури змішування палива відповідно до режиму роботи він повинен забезпечувати:

- Ефективність робочого процесу;

- Надійний запуск;
- Довгострокова експлуатація;
- Максимальне наближення між технічними і базовими показниками;
- Підвищення екологічних показників.



Рис. 1. Загальний вигляд плати Arduino Uno

Таблиця 1

Основні характеристики Arduino Uno

№	Назва	Характеристика
1	Мікроконтролер	ATmega328
2	Робоча напруга	5 В
3	Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
4	Напруга живлення (гранична)	6-20В
5	Цифрові входи / виходи	14 шт.
6	Аналогові входи	6 шт.

В удосконаленій системі живлення двигуна на процес роботи двигуна також впливає співвідношення змішування ДП і БП, тому є п'ять причин для його регулювання:

- Забезпечити найнижчу ефективну норму споживання палива;
- Забезпечити необхідні ефективні можливості;
- Забезпечте необхідне співвідношення змішаного палива
- Забезпечити ефективний перебіг робочих процесів;
- Максимальне використання блоку живлення.

За розробленою методикою управління робочими процесами дизеля реалізується таким чином [5]. Запуск двигуна проводиться на ДП. Пояснюється це значно вищою в'язкістю та густиною БП, що погіршують роботу системи живлення та показники згорання і розпилення палива, а головне високими температурами застигання та помутніння біопалива порівняно з дизельним.

Розпочинаючи роботу ЕБК дизельного двигуна отримує сигнали від датчиків і система живлення працює відповідно до алгоритму, відповідного штатній системі.

Ефективне протікання робочих процесів перед використанням БП у машинному агрегаті забезпечується завдяки підігріванню до встановленої температури, що призводить до зниження в'язкості та поверхневого натягу БП. Завдяки чому фізико-хімічні показники БП наближуються до властивостей ДП (штатна система живлення) [5]. Ще одна необхідна умова - прогрівання двигуна, оскільки в холодному двигуні погіршуються процеси випаровування та згорання палива, збільшується ймовірність потрапляння палива в мастило. У момент коли температура охолоджуючої рідини та БП досягають відповідних позначок, система живлення зі змішувачем переходить на роботу на суміші палив. При зниженні температури БП двигун знову переходить на роботу на ДП.

Після того як встановлена мінімальна ефективна циклова подача та склад суміші, відбувається аналіз потужності, крутного моменту та частоти обертів. При збільшенні показників - вміст БП в суміші збільшується [6] до тих пір, поки не буде отримано необхідне значення годинної витрати, або відсотковий вміст БП в суміші не стане рівним 100 %. Нижча теплота згорання змінюється залежно від відсоткового вмісту суміші ДП та БП. Проте енергетична цінність заряду, що впорскується в циліндр двигуна, має залишитись незмінною за різного відсоткового співвідношення, компенсувати її можна за рахунок регулювання мінімальної ефективної циклової подачі сумішевого палива.

Підвищення циклової подачі можливе до 12,4% при якому сумішеве паливо різного відсоткового відношення забезпечить необхідну потужність, крутний момент та частоту обертів, що наближено рівна показникам роботи на ДП.

Під час дослідження в роботі приймаємо той факт, що всі робочі процеси протікають в допустимих межах на всіх режимах роботи [6].

На малих навантаженнях використання БП при роботі машинних агрегатів забезпечує необхідну потужність зі збереженням необхідних показників роботи двигуна. При збільшенні навантаження, для

підтримки всіх технічних показників машинно-тракторного агрегату потрібно збільшувати циклову подачу БП варіюючи склад суміші, прагнучи не виходити за межі мінімальних витрат.

Підвищення навантаження до максимального потребує збільшення вмісту ДП в суміші з подальшим переходом на 100%ДП для забезпечення необхідної кількості теплоти та збереження технічних показників дизеля.

Для його подальшого легкого запуску, під час зупинки двигуна, система живлення (паливні трубопроводи низького тиску після змішувача, змішувач, паливні трубопроводи високого тиску, ПНВТ, форсунки в системі живлення) заповнюються ДП. Суміш палив із системи живлення випарцьовується, а лінія подачі біопалива перекривається.

Важливим показником під час розробки алгоритму керування та визначення відсоткового складу сумішевого палива є інертність системи живлення. Процес регулювання складу сумішевого палива досить швидкий але через інертність певна кількість попереднього сумішевого палива залишається перед подачею нового [6].

Беручи до уваги інертність в системі живлення, приймаємо в розробленій методиці реагування не на короткочасну зміну режиму роботи машинно-тракторного агрегату, а на тривалий час так як необхідний відсоток паливної суміші не встигне потрапити до циліндрів двигуна. Безпосередньо на керуючий механізм дроселів системи змішування подається сигнал, що відповідає за певний відсотковий склад суміші, який забезпечить ефективну роботу двигуна з мінімальною подачею палива протягом 25 с роботи машинно-тракторного агрегату.

Щоб розробити алгоритм керування системи живлення та змішування з електронним регулюванням відсоткового складу суміші дизельного та біопалива машинно-тракторного агрегату необхідно побудувати розрахункову схему регуляторної характеристики (рис. 2).

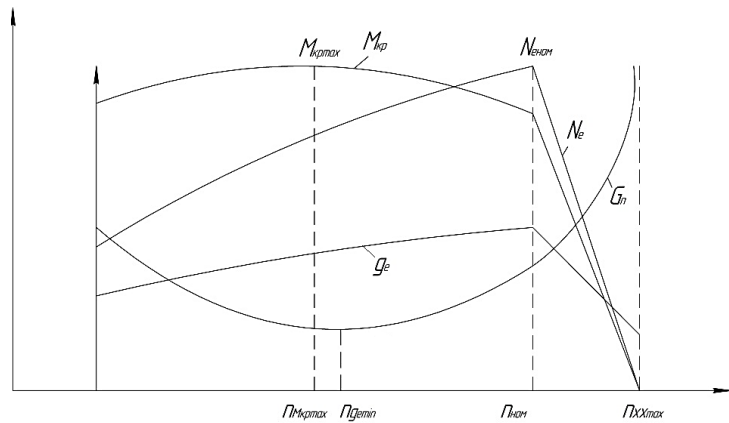


Рис. 2. Розрахункова схема для побудови алгоритму функціонування машинно-тракторного агрегату

Для розробленої методики покращення економічних та екологічних показників машинного агрегату шляхом використання системи живлення та змішування з електронним регулюванням відсоткового складу суміші дизельного та біопалив було удосконалено алгоритм роботи системи живлення, представлений на рис. 3. Рациональним відсотковим співвідношенням складу суміші палив ДП та БП забезпечуються ефективні технічні показники під час виконання роботи; питома ефективна витрата суміші палив рационального відсоткового складу при різних режимах роботи має наближатися до мінімального значення з найбільшим вмістом БП, яка забезпечує необхідний крутний момент, ефективну потужність, годинну витрату та частоту обертів двигуна.

Відповідно до розробленого алгоритму, системи живлення дизельного силового агрегату починає працювати з моменту холостого ходу, тобто коли він прогрітий до робочої температури.

Робота алгоритму починається зі зчитування вхідних даних:

- T_o , температура навколишнього середовища;
- P_o , тиск навколишнього середовища;
- g_e , ефективна питома витрата сумішевого палива;
- $g_{e\min}$, мінімальна ефективна питома витрата сумішевого палива;
- n , частота обертання колінчастого валу дизеля;
- $n_{хх\max}$, максимальна частота обертання холостого ходу колінчастого валу дизеля;
- $n_{ном}$, номінальна частота обертання колінчастого валу дизеля;
- N_e , ефективна потужність двигуна;
- $N_{е\ном}$, номінальна ефективна потужність двигуна;

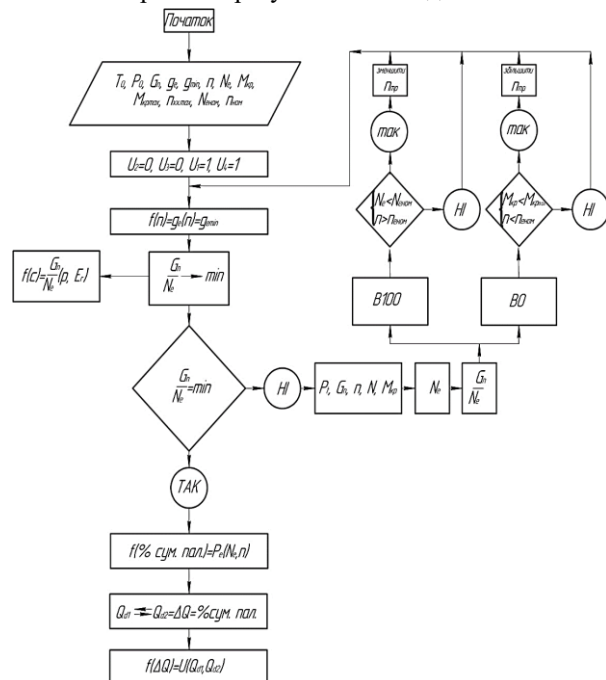


Рис. 3. Удосконалений алгоритм функціонування машинно-тракторного агрегату з використання системи живлення зі змішувачем палив

- $M_{кр}$, крутний момент двигуна;
- $M_{крmax}$, максимальний крутний момент двигуна.

Змінним U_2, U_3 присвоюється значення «0», а змінним U_1, U_4 – «1»; частота обертання колінчастого валу дизеля n приймається рівною частоті холостого ходу. Всі ці визначення описують роботу двигуна на режимі холостого ходу.

Далі необхідно забезпечити мінімальну ефективну питому витрату палива g_{emin} сумішевого палива в залежності від частоти обертів n . Виходячи з цього відношення годинної витрати G_n , до потужності N , наближається до мінімального значення, коригування якого відбувається завдяки ємнісному датчику, що безпосередньо визначає склад сумішевого палива виходячи з густини ρ та діелектричної проникності ϵ_r . Після необхідних коригувань відношення годинної витрати G_n , до потужності N , має дорівнювати мінімальному значенню ефективної питомої витрати палива g_{emin} . Якщо умова виконується «так», то формується сумішеве паливо відповідного відсоткового співвідношення для необхідного навантаження P_e в залежності від ефективної потужності N_e та частоти обертів n . Підбирається необхідна величина відкриття дроселів Q_{d1}, Q_{d2} в залежності від відсоткового складу сумішевого палива ΔQ . Як результат подається напруга U на керуючі органи дроселів Q_{d1}, Q_{d2} .

Якщо умова не виконується «ні», то відбувається підбір параметрів ефективної потужності N , крутного моменту $M_{кр}$, частоти обертів n , годинної витрати G_n , виходячи на ефективну потужність N_e , тягове зусилля P . Далі відбувається співвідношення годинної витрати G_n до ефективної потужності N_e і знову наближення до мінімальної ефективної питомої витрати.

Якщо співвідношення сумішевого палива наближається або дорівнює В100 переглядається умова ефективної потужності та частоти обертання
$$\begin{cases} N_e < N_{енном} \\ n_e > n_{енном} \end{cases}$$
 (регуляторна вітка характеристики (див. рис.

3.1)), при виконанні умови «так» необхідно зменшити передаточне число трансмісії η_{mp} . Як «ні» (коректорна вітка характеристики (див. рис. 3.1)), то відбувається знову перегляд умови наближення до мінімальної питомої витрати.

Якщо співвідношення сумішевого палива наближається або дорівнює В0 переглядається умова крутного моменту та частоти обертання
$$\begin{cases} M_{кр} < M_{крном} \\ n_e < n_{енном} \end{cases}$$
 (режим перевантаження), при виконанні умови

«так» необхідно збільшити передаточне число трансмісії η_{mp} . Як «ні», то відбувається знову перегляд умови наближення до мінімальної питомої витрати.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Розроблено комутаційну схему, яка може бути застосована при серійному виготовленні системи живлення дизельного двигуна.
2. Розроблено лінійний алгоритм для написання та налагодження програмного забезпечення системи живлення дизельного двигуна з електронним керуванням. Алгоритм припускає повністю автоматичну роботу системи живлення, усуваючи людський фактор.
3. Наявність багатоканального електронного блока керування дає можливість подальшої модернізації й удосконалення.

Література

1. Грабар І. Г., Колодницька Р. В., Семенов В. Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: монографія. Житомир: ЖДТУ. 2011. 152 с.
2. Поляков А.П., Нгаяхи Аббе К.В., Галушак О.О., Бишко М.О., Заверуха Ю.В. Дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизеля переведення його на роботу на біодизельне паливо. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 1. С. 61-69.
3. Бурлака С.А. Розробка змішувача біодизельного палива та моделювання процесу змішування. Вісник машинобудування та транспорту. 2020. № 1 (11). С. 11-17.
4. Ярошук Р.О., Гулько І.В., Бурлака С.А. Вибір оптимальної методики покращення складу сумішевого біопалива з рослинних олій. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. №4 (263). С. 123-128.
5. Varabash V. M., Abiev R. Sh., Kulov N. N. Theory and Practice of Mixing: A Review. Theoretical Foundations of Chemical Engineering 2018, Volume 52, Issue 4, pp. 473–487.
6. Бурлака С.А., Ярошук В.М., Зди́рко Н.Г. Рекомендації щодо оцінки та діагностування дизельного двигуна при використанні біопалива. Вісник Хмельницького національного університету. 2021. № 4 (299). С. 169-174.

References

1. Hrabar I. H., Kolodnyts'ka R. V., Semenov V. H. Biopalyva na osnovi oliy dlya dyzel'nykh dvyhuniv: monohrafiya. Zhytomyr: ZHDTU. 2011. 152 s.
2. Polyakov A.P., Nhayakhy Abbe K.V., Halushchak O.O., Byshko M.O., Zaverukha YU.V. Doslidzhennya vplyvu na tekhniko-ekonomichni ta ekolohichni pokaznyky dyzelya perevedennya yoho na robotu na biodyzel'ne palyvo. Visnyk Donets'koyi akademii avtomobil'noho transportu. 2012. No 1. S. 61-69.
3. Burlaka S.A. Rozrobka zmishuvacha biodyzel'noho palyva ta modelyuvannam protsesu zmishuvannya. Visnyk mashynobuduvannya ta transportu. 2020. № 1 (11). S. 11-17.
4. Yaroshchuk R.O., Hun'ko I.V., Burlaka S.A. Vybir optimal'noyi metodyky pokrashchennya skladu sumishevoho biopalyva z roslynnykh oliy. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2018. №4 (263). S. 123-128.
5. Barabash V. M., Abiev R. Sh., Kulov N. N. Theory and Practice of Mixing: A Review. Theoretical Foundations of Chemical Engineering 2018, Volume 52, Issue 4, pp. 473–487.
6. Burlaka S.A., Yaropud V.M., Zdyrko N.H. Rekomendatsiyi shchodo otsinky ta diahnostuvannya dyzel'noho dvyhuna pry vykorystanni biopalyva. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2021. № 4 (299). S. 169-174.

Рецензія/Peer review : 09.01.2022 р.

Надрукована/Printed : 27.02.2022 р.