

УДК62-505

Сорочинський Я.З.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК КОНТРОЛЮ РОЗПОДІЛУ ГАЗІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Анотація. У статті приведено розрахунки для електрогенератора. Розрахунки дозволяють більш точно оцінити параметри енергоефективності.

Ключові слова: двигун, клапан, електромагніт.

Annotation. The article presents calculations for the generator. Calculations allow more accurate estimation of energy efficiency parameters.

Key words: engine, valve, solenoid.

Вступ. У поршневому двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ) всі робочі процеси перетворення хімічної енергії палива, що спалюється в механічну роботу колінчастого вала відбуваються всередині двигуна за рахунок зворотно-поступального руху поршнів в циліндрах. Важливим пристроєм, що забезпечує штатну роботу поршневого ДВС, є газорозподільний механізм (ГРМ).

Мета роботи. Спроекувати конструкцію керування клапанами за допомогою електромагніту для електрогенератора.

Матеріал та результат досліджень. Частково завдання керування фазами газорозподілу може бути вирішене шляхом застосування складної механіки керування розсувним розподільним валом або різнопрофільними кулачками, однак такі газорозподільні механізми (ГРМ) не знаходять широкого застосування через високу конструктивну складність і недостатньо високу експлуатаційну надійність. Таким чином, поршневий двигун з механічним приводом клапанів має ряд істотних недоліків:

1) під кожен нову конструкцію двигуна необхідно експериментально підбирати співвідношення фаз газорозподілу й створити розподільний вал з таким профілем і взаємним розташуванням кулачків, які найбільш оптимально відповідали б не тільки конструкції, але й призначенню двигуна;

2) для двигунів з розподільним валом складність виконання перерахованих вимог полягає в їхній суперечливості - можна створити екологічний двигун, але при цьому зросте витрата палива, впаде питома потужність і різко збільшиться продажна вартість автомобіля. Всі ці недоліки можуть бути усунуті на основі використання індивідуальних приводів клапанів ГРМ із електронним керуванням. Роботи зі створення поршневого ДВЗ без розподільного вала ведуться багатьма фахівцями у світі. З усуненням постійного кінематичного зв'язку між клапанами ГРМ і колінчастим валом двигуна з'являється можливість автоматичного регулювання фаз газорозподілу. Безпосереднє керування клапанами за допомогою електромагнітних приводів дозволяє одержати індивідуальне керування кожним клапаном ГРМ, незалежно від кута повороту колінчастого вала. Рух клапана є функцією від часу й не залежить від частоти обертання. Характеристики ходу є повністю релевантними стосовно колінчастого вала.

Система з індивідуальним електромагнітним приводом клапана ГРМ забезпечить:

- більш низький рівень викиду шкідливих речовин;
- зниження витрати палива, аж до відключення окремих циліндрів (на холостому ходу досягає 18%, а в найбільш ходовому діапазоні обертів, при часткових

навантаженнях - 10%);

- зниження витрати енергії на тертя;
- поліпшення потужностних характеристик двигуна шляхом розширення діапазону підвищеної потужності й крутного моменту по частоті обертання;
- можливість одержання багатопаливного двигуна;
- зниження шуму, вібрацій і твердості роботи двигуна.

У досліджуваній системі двигун внутрішнього згорання є найменш енергоефективним елементом. Ефективність чотиритактних двигунів внутрішнього згорання при оптимальних швидкостях і навантаженні знаходиться в межах 45% (50%) дизельних двигунів і 39% для бензинових. У той же час, аналізуючи графіки, зміни коефіцієнта енергоефективності двигуна внутрішнього згорання слід відзначити значне (до 30%) падіння при різкому збільшенні питомої витрати палива (до 500%).

Реалізація запропонованого способу управління газорозподілом двигуна внутрішнього згорання автономного джерела живлення можлива за рахунок використання спеціальних приводів газорозподільного механізму. Поширені механічні, гідromеханічні та електроприводи. Більше того, серед цих типів приводів високоефективні електромагнітні забезпечують завдяки повільному переміщенню клапана в кулачку та гідравлічному приводі.

У якості енергетичних показників, які необхідні для моделювання динаміки роботи систем енергопостачання та техніко-економічної оцінки варіантів компоновки нових енергосистем обрані:

- питомі витрати палива на генерацію електричної енергії при різному рівні навантаження, г/кВт·г;
- коефіцієнт корисної дії при різному рівні навантаження.

У якості палива для проведених дослідів використано два види найбільш поширених палив (згідно з ДСТУ 7684:2015) :

- бензин автомобільний А-95 - Евро5;
- бензин автомобільний А-95 - Евро5 - Е7.

Досліди проводились в приміщенні при температурі $(298 \pm 3) \text{ K}$ $[(25 \pm 3) ^\circ \text{C}]$ і відносної вологості $(95 \pm 3)\%$. Значення атмосферного тиску знаходилося в діапазоні 755-165 мм рт. ст. (100 658-101 991 Па). За даних умов визначено один із головних реологічних параметрів палива, густину. Так для А-95 - Евро5 вона склала – 735 кг/м³, і для А-95 - Евро5 - Е7 – 757 кг/м³.

Серед широкого асортименту автономних генераторів, авторами було приділено увагу генеруючим установкам на базі одноциліндрового бензинового чотиритактного двигуна внутрішнього згорання з об'ємом двигуна 200см³. Технічні характеристики наведено в таблиці 1. Більшість генераторів використовує в якості альтернатора синхронний електрогенератор з автоматичним регулятором напруги (AVR), який містить обмотки ротора і статора. Частота обертання ротора електрогенератора підтримується за допомогою відцентрового регулятора частоти пов'язаного з карбюратором.

При проведенні експериментальних досліджень головними змінними факторами були відношення потужності активного навантаження до номінального значення електричного генератора $\frac{N}{N_0}$ і тип палива. Кожний експеримент проводився три рази на кожному рівні потужності. Для визначення витрати кількості палива для кожного дослідів витрачалось однакова кількість палива $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ з фіксацією часу.

Таблиця 1 – Технічні характеристики синхронного електрогенератора з двигуном іскрового запалювання

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Тип двигуна	-	4-х тактний бензиновий двигун з повітряним охолодженням OHV
Кількість циліндрів	шт	1
Модель двигуна	-	H-168
Об'єм двигуна	см ³	196
Потужність двигуна	Вт	4780
Максимальна потужність	Вт	2800
Об'єм паливного баку	м ³	0,015
Об'єм масляного картеру	м ³	0,0006
Вага	кг	53,6

В таблицях 2 і 3 наведено результати експерименту і обчислені показники енергоефективності за встановленими даними зміни напруги і струму. При визначенні корисна робота у вигляді електричної енергії ΔP визначена методом трапецій з попереднім добутком даних напруги і струму:

$$\Delta P = \sum_{k=1}^{N_m} \frac{U_{k-1} I_{k-1} + U_k I_k}{2} \frac{1}{f}, \quad (1)$$

де U_{k-1} , I_{k-1} , U_k , I_k – сусідні значення напруги і струму;

f – частота опитування каналів АЦП (1000Гц);

N_m – кількість вимірювань:

$$N_m = \Delta t \cdot f. \quad (2)$$

Таблиця 2 – Параметри енергоефективності електрогенератора для бензину А-95 - Евро5

N_0	$\frac{N}{N_0}$	$\Delta t, c$	$r, r/c$	$BSFC, \text{г/л}$	$BSFC, \text{г/(кВт·год)}$	$\Delta P, J$	η
1	0	97	0,15608	-	-	-	-
2	0,2	89	0,17011	0,00033	1189,21	44828	0,0688
3	0,4	70	0,21629	0,00021	756,00	70693	0,1082
4	0,6	62	0,24419	0,00015	569,03	93320	0,1437
5	0,8	44	0,34409	0,00016	601,36	88843	0,1360
6	1	21	0,68818	0,00026	962,18	55453	0,0850

Таблиця 3. – Параметри енергоефективності електрогенератора для бензину А-95 - Евро5 - Е7

№	$\frac{N}{N_0}$	Δt , с	r , г/с	$BSFC$, г/л	$BSFC$, г/(кВт·год)	ΔP , л	η
1	0	92	0,16457	-	-	-	-
2	0,2	84	0,18024	0,00036	1297,71	42011	0,0656
3	0,4	66	0,22939	0,00022	825,81	66509	0,1032
4	0,6	58	0,26103	0,00017	626,48	87265	0,1360
5	0,8	41	0,36927	0,00018	664,68	82779	0,1282
6	1	19	0,79684	0,00031	1147,45	47803	0,0742

З аналізу даних наведених в таблицях 2 і 3 необхідно визначити про зменшення часу роботи електрогенератора Δt і відповідно зростання витрат палива r в середньому на 4,3%, що пояснюється нижчою теплотворною здатністю спиртовмісних бензинів.

Для полегшення аналізу даних таблиць 2 і 3 побудовані графіки зміни питомої витрати палива і коефіцієнту корисної дії (рис. 1). Суттєві питомі витрати енергії (1189-1297 г/(кВт·год) і 962-1147 г/(кВт·год)) спостерігаються при низькому (0,2) і максимальному навантаженні електрогенератора. При чому наближення навантаження до мінімального значення призводить до значно більших питомих витрат ніж перевантаження електрогенератора. Оптимальний рівень навантаження для електрогенераторів даної конструкції, при якому очікується найнижчий рівень питомих витрат палива складає 0,7 для різних типів складає відповідно 560 і 605 г/(кВт·год).

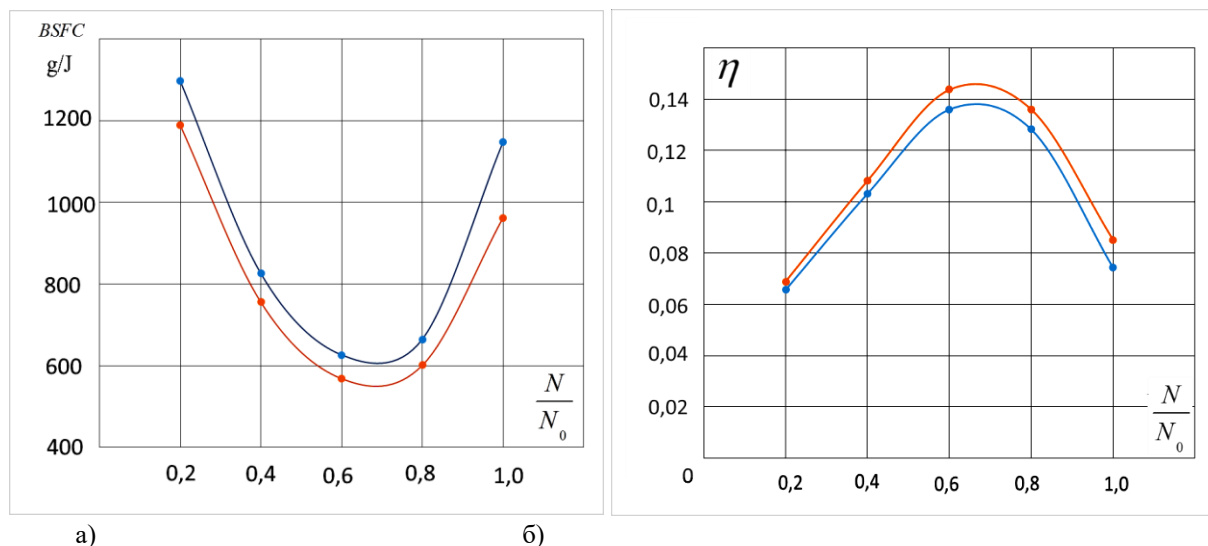


Рисунок 1 – Діаграми зміни питомої витрати палива (а) і коефіцієнту корисної дії (б) при використанні різних типів палив:

- бензин автомобільний А-95 - Евро5;
- бензин автомобільний А-95 - Евро5 - Е7.

Причиною даних ефектів є цілий ряд негативних явищ, що супроводжують процес генерації електричної енергії при відхиленні навантаження від оптимального. До основних причин слід віднести, у випадку збільшення потужності, погіршення газонаповнення циліндра, зменшення турбулізації з викидом частини заряду з циліндра

у вхідну систему при збільшенні подачі палива. Також збільшення витрат в режимі наближеному до холостого до загальних витрат енергії ΔA додаються витрати на створення реактивної потужності, які необхідна для генерації на різних рівнях навантаження.

Встановлені розподіли питомих значень витрат палива і значення коефіцієнту енергоефективності при різному значенні навантаженні з використанням різних палив за новою методикою вимірювань є необхідними для моделювання і планування енерговитрат енергетичних систем, які використовують генеруючі установки даного типу.

І, зібравши всю попередню інформацію, склавши теоретичний проект у програмі MATLAB, і після запуску програми отримали інформацію, а саме поведінку клапана з точки зору швидкості та часу відкриття та закриття. Згідно розрахунків, цей тип клапана та конструкція (рис. 2) заощадить багато енергії, а також дозволить нам значно зменшити розмір двигуна.

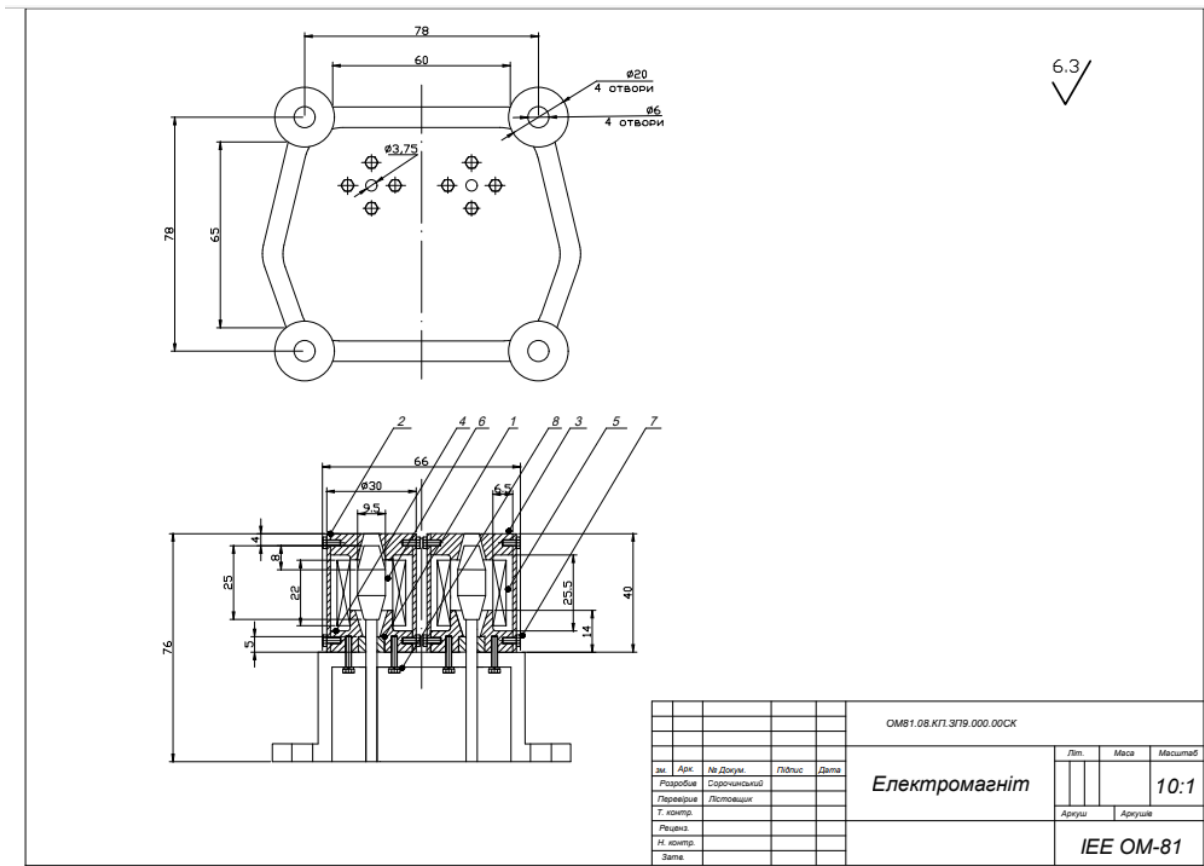


Рисунок 2 – Конструкція електромагніту

Висновок. У цій роботі було запропоновано нову методику визначення значень витрат палива і значення коефіцієнту енергоефективності електрогенеруючої установки з двома паливами (етил-бензин), що дозволило відстежувати максимальну ефективність. Так для даного обладнання вона складає 0,147 та 0,138 при навантаженні 0,7 від номінального для різних типів палив. Питомі витрати для оптимального навантаження складають 560 і 605 г/(кВт·год) відповідно.

Використання даної методики, яка базується на визначенні миттєвих значень потужності, за певних умов дозволяє уникнути суттєвих похибок (30%) при визначенні

енергетичних параметрів.

Крім того, експериментальна оцінка роботи генеруючої установки підтвердила, що паливо без домішок етанолу дозволяє генерувати більшу кількість електричної енергії, що доцільно використовувати при виникненні більших потреб.

Список літератури:

1. И. А. Большенко, "Обзор и анализ конструкций электромеханических приводов клапанов газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания" [Электронный ресурс] : Известия вузов. северо-кавказский регион. технические науки. 2013. № 6 - Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-konstruktsiy-elektromehanicheskikh-privodov-klapanov-gazoraspredelitel'nogo-mehanizma-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya/viewer> – Заголовок з екрана.

2. Болтянський О.В., к.т.н., 1 Болтянська Н.І., к.т.н, "Поліпшення екологічних і економічних показників автомобільних двигунів шляхом вдосконалення газорозподільного механізму" [Електронний ресурс] : Таврійський державний агротехнологічний університет- Режим доступу :<http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/2498/1/11-120-126.pdf>– Заголовок з екрана.

3. Zaichenko, S., Shevchuk, S., Opryshko, V., Pryadko, S., & Halem, A. (2020, May). Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control. In 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS) (pp. 262-265). IEEE.

Науковий керівник проф. Зайченко С.В.