

## ЛІНІЙНИЙ ГЕНЕРАТОР З ВІЛЬНОПОРШНЕВИМ ДВИГУНОМ

**Макаренко М.Г., Кулаков Ю.М., Гапич Д.В.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

Лінійний генератор енергії з вільним поршнем, який використовує згоряння палива для безпосередньої вироблення електроенергії без використання приводного вала, може забезпечити розширення можливостей електромобілів. Він набагато менший і ефективніший, ніж звичайний двигун внутрішнього згоряння. Кілька дослідницьких груп, в тому числі науково-дослідницька група Toyota, досліджують цю технологію. Незважаючи на появу електромобілів, двигуни внутрішнього згоряння, ймовірно, збережуться протягом досить довгого часу, часто в якості компонента гібридних автомобілів і електромобілів зі збільшеним запасом ходу.

Лінійний генератор зі вільнопоршневим двигуном - це своєрідний претворювач енергії, який може генерувати електричну енергію, і розглядається як потенційна технологія для вирішення проблеми обмеженого пробігу електромобілів. Позбувшись кривошипно-шатунного механізму, такий двигун отримує ряд переваг у вигляді змінного ступеня стиснення, компактних розмірів та ін.

Високий ККД такого двигуна забезпечується за рахунок зниження паразитних внутрішніх втрат. У конструкції відсутні обертові маси, які мають значну інерцію. На поршні не діють бічні сили, які зазвичай притискать їх до стінок циліндра, завдяки чому зменшується тертя. Підшипники колінчатого валу і шатунів, поршневі пальці, розподільний вал, кулачки і клапани - все ті вузли класичного двигуна, в яких існує тертя, - відсутні. Крім того, на кожен цикл роботи двигуна з вільним поршнем припадає два робочих такти. При цьому вільнопоршневий двигун набагато компактніший, простіший та надійніший звичайного ДВЗ. Ефективність перетворення енергії може бути збільшена за рахунок оптимізації ступеня стиснення. Крім того, ключові характеристики двигуна з вільним поршнем, такі як вихідна потужність і ефективність системи можуть бути поліпшені за рахунок керування положенням поршня [1, 2].

Принцип дії генератора з вільним поршнем, який виробляє електроенергію безпосередньо з лінійного руху поршня без проміжних механічних ланок досить простий. Двоциліндровий двигун лінійного генератора з вільним поршнем виконаний по опозитній схемі та має поршкову групу, що складається з двох поршнів, з'єднаних жорстким штоком. В процесі згоряння палива циклічно повторюється тиск газів, який надає поршковій групі зворотно-поступальний рух. В площині симетрії штока, між поршнями на штоці закріплена рухома магнітна система. Вона розміщується всередині нерухомого статора з системою обмоток. При зворотно-поступальному русі штока із закріпленою на ньому магнітною системою всередині статора

внаслідок взаємодії їх магнітних полів відбувається виникнення електрорушійної сили в обмотках статора. Крім того, електрична машина, працюючи в режимі двигуна, забезпечує старт двигуна внутрішнього згоряння. Електронна система управління повинна здійснювати контроль руху поршнів для забезпечення оптимального термодинамічного циклу, а також позиціонування поршнів, запобігаючи їх зіткнення з головками циліндрів.

Переваги цього принципу перетворення енергії значні: зменшення числа рухомих деталей за рахунок виключення кривошипно-шатунного механізму до одного поршневого вузла; підвищення жорсткості та механічної надійності конструкції двигуна; підвищення ресурсу і механічного ККД двигуна внаслідок відсутності шатунів, що призводить до виключення бічних сил, що діють на дзеркало циліндра та зменшення тертя в циліндропоршневій групі; виключення стартера для запуску ДВЗ, так як електричний генератор може працювати і як лінійний електродвигун; можливість динамічної зміни ступеня стиснення в кожному такті не механічними способами, а коригуванням параметрів електронної системи управління; можливість роботи з різними видами палива (бензин, природний газ, водень, біогаз, біопаливо) за допомогою електронного налаштування системи управління; реалізація оптимальних режимів згоряння палива, в тому числі також гомогенне запалювання бідних сумішей – потенціал для зниження шкідливих викидів; зниження витрат на виробництво.

Серійного випуску подібних двигунів-генераторів заважає кілька проблем, найголовніша з яких - створення системи управління. Справа в тому, що в звичайному ДВС верхня мертва точка траєкторії поршня задається геометрією кривошипно-шатунного механізму, а в лінійному вона залежить від ступеня стиснення та швидкості згоряння паливоповітряної суміші. Тобто, поршень гальмується, створюючи тиск в камері. Як наслідок, тривалість тактів і верхня мертва точка можуть змінюватися. А це означає, що при неточній роботі форсунки поршень або зупиниться, або вдариться в стінку. Як наслідок, вільні поршні потребують спеціальної системи, яка б нівелювала різницю в процесі згоряння палива в кожному з робочих циклів. Ключ до вирішення проблеми управління в контролі за положенням і рухом поршня через зовнішній статор.

Комп'ютерне управління цілком може впоратися з таким завданням. А гальмувати поршень можна за допомогою тих же електромагнітів. Завдання створення силової установки, в складі лінійного генератора і двигуна внутрішнього згоряння з вільним поршнем, являє собою складнетехнічне завдання, вирішення якого лежить на стику фізики процесу згоряння палива, теорії систем управління швидкоплинними процесами в реальному часі, швидкодіючої силової електроніки та техніки лінійних електроприводів.

Однак, всі ці технології можна вважати на сьогоднішній день досить глибоко розробленими і потрібно лише вирішити проблему синергетичного синтезу систем.

### **Список використаних джерел**

1. Шуляк М. Л. Інженерія природокористування, 2014, №1(1), с. 17-24.
2. Макаренко Н. Есть ли будущее у двигателя внутреннего сгорания без коленчатого вала со свободным поршнем? Електронний ресурс <https://naukatehnika.com/dvs-bez-kolenchatogo-vala-so-svobodnym-porshnem.html>.