

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВЗ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹ Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуто перспективи використання двигунів внутрішнього згорання в умовах декарбонізації транспортної галузі. Наведено типи гібридних силових установок, та запропоновано застосування двох підходів до реалізації гібридного приводу. Проведено теоретичне дослідження робочих процесів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) гібридних транспортних засобів (ТЗ) за допомогою фізико-математичної моделі. Обрано режими використання ДВЗ та електроприводу. Досліджено паливну економічність ТЗ з гібридною силовою установкою (ГСУ) в різних умовах руху.

Ключові слова: ДВЗ, гібрид, робочий процес, ККД, витрата палива, запас ходу.

Сучасні тенденції зниження викидів парникових газів та поступової заборони реєстрації нових ТЗ з ДВЗ прискорюють темпи розвитку технологій електричної мобільності. Водночас, використання автомобілів з нульовими викидами (ZEV) є економічно обґрунтованим (навіть з урахуванням субсидування) лише для незначної кількості власників ТЗ.

Істотна кількість викидів діоксиду вуглецю припадає на етапи виробництва акумуляторних батарей (АКБ), крім того у найближчому майбутньому гостро стане проблема їхньої утилізації. Підвищення запасу ходу електромобілів на одній зарядці вимагає зростання ємності АКБ. Також не вирішеним залишається питання виробництва екологічно чистої електричної енергії, що не дозволяє вважати ZEV дійсно вуглецево-нейтральними. Тому, на даний момент, розвиток ДВЗ у якості джерела механічної енергії у складі ТЗ з ГСУ залишається актуальною задачею.

Сучасні ГСУ поділяють на три основні типи: послідовний, (BMW i3, Chevrolet Volt/Opel Ampera), паралельний (Honda Insight), послідовно-паралельний гібриди (Toyota Synergy Drive).

Кожен з цих типів має свої переваги та недоліки. Послідовні ГСУ дозволяють позбавитись від трансмісії для ДВЗ, водночас вони мають більшу масу, а їхня ефективність не перевищує 70%, хоча тепловий двигун і працює у найбільш ефективних режимах. Паралельні – навпаки вимагають використання трансмісії та багаторежимного ДВЗ, проте мають вищий загальний ККД. Послідовно-паралельні гібриди поєднують кращі сторони обох систем, але їхня ефективність істотно знижується на режимах з постійною високою швидкістю руху.

На сучасному етапі розвитку автомобільної індустрії, низькі навантаження на ДВЗ в рамках випробувань провокують зміщувати зону найбільшої ефективності ДВЗ до низьких частот обертання колінчатого валу та помірних навантажень. В той же час це призводить до значних відмінностей у паливній економічності за паспортними даними та в реальних умовах експлуатації.

Виходячи з наведеного аналізу запропоновано 2 підходи до реалізації ГСУ з використанням паралельної схеми.

1. Гібридний ТЗ, основним джерелом механічної енергії якого є ДВЗ. Потужність електричного двигуна (ЕД) не перевищує 20...25% віддачі теплового двигуна. ЕД використовується для виключення з роботи ДВЗ на найменш ефективних режимах. Такий підхід дозволяє знизити ємність АКБ і, відповідно, масу та вуглецевий слід під час виробництва та утилізації ТЗ. Крім того така схема технологічно найбільш близька до сучасних автомобілів, не потребує корінного переобладнання виробництва та зміни технологічних процесів і ланцюгів постачання.

2. Гібридний ТЗ, основним джерелом механічної енергії якого є ЕД з живленням від АКБ, ємність останнього достатня для пробігу на одній зарядці на 150...200 км, та допоміжним ДВЗ невеликої потужності, з можливістю його механічного приєднання до однієї з привідних вісей. Рушання з місця, рух на малих швидкостях та інтенсивні прискорення відбуваються за допомогою ЕД. Основна робота ДВЗ припадає на рух з постійними швидкостями і може бути виключена при русі у зонах з нульовими викидами. Така схема дозволяє застосовувати АКБ меншої ємності у порівнянні з традиційними ZEV, але отримувати значний запас ходу.

В рамках дослідження проведено розрахунки повного робочого циклу кожного ДВЗ з урахуванням механічних втрат. Для цього використовувалась програма, розроблена на кафедрі ДВЗ НУ «Запорізька політехніка» [1]. Вихідні дані обирались з урахуванням області режимів навантаження та частот обертання двигуна в рамках їзових циклів. Використана методика дозволяє досліджувати та оптимізувати робочі процеси в ДВЗ в умовах швидкісних діапазонів і навантажень їзових циклів, а також визначати орієнтовне значення витрати палива автомобіля обладнаного досліджуваним двигуном [2].

Під час досліджень зроблено припущення, що автомобілі мають однакову масу, також не моделювалась рекуперация кінетичної енергії. За результатами попередніх розрахунків визначені параметри робочого процесу ДВЗ на різних режимах та обрані найменш ефективні з них, які необхідно виключити з їзового циклу. Моделювання показало можливість істотного зниження витрати палива у порівнянні з ТЗ обладнаним виключно ДВЗ для обох підходів реалізації ГСУ.

Таким чином, представлені дослідження дають можливість істотного зниження вуглецевого сліду для нових ТЗ без корінної зміни технологій виробництва та джерел енергії. Результати роботи можуть бути впроваджені у виробництво, а також використані у навчальному процесі для студентів зі спеціальності «Двигуни внутрішнього згорання».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слинько, Г.І. Особливості моделювання повного робочого циклу ДВЗ з урахуванням механічних втрат [Текст] / Г.І. Слинько, В.І. Бокарьов // Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування : Міжнарод. наук.-практ. конф., 16-18 вересня 2020 р. : Наук. праці. – Харків: ХНАДУ. – 2020. – С. 261-263.
2. Слинько, Г.І. Моделювання робочого циклу ДВЗ в області режимів навантаження сертифікаційного їзового циклу NEDC [Електронний ресурс] / Г.І. Слинько, В.І. Бокарьов // Тиждень науки-2019. Транспортний факультет : щоріч. наук.-практ. конф., 15-19 квітня 2019 р. : тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – С.79–80.

Слинько Георгій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ДВЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, gslynko@zntu.edu.ua

Бокарьов Владислав Ігорович, аспірант, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, vladyslavbokaryov@gmail.com

SIMULATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE WORKING PROCESSES FOR EFFICIENCY RESEARCH OF HYBRID POWER PLANTS OF VEHICLES

Abstract

Prospects for the use of internal combustion engines in the conditions of decarbonization of the transport industry are considered. The types of hybrid power plants of vehicles are given, and the application of two approaches to the implementation of a hybrid drive is proposed. A theoretical study of the working processes of the internal combustion engine of a hybrid electric vehicle (HEV) using a physical and mathematical model was held. The modes of use of internal combustion engine and electric drive are selected. The fuel efficiency of vehicles with hybrid power plants in different traffic conditions has been studied.

Keywords: internal combustion engine, HEV, working process, efficiency, consumption, range reserve.

Slynko Georgiy I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, gslynko@zntu.edu.ua

Bokarov Vladyslav I., Master in Mechanical Engineering, PhD student of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, vladyslavbokaryov@gmail.com