

УДК 629.03

В. М. Павленко;**В. І. Богдан, студ.**

ГІБРИДНІ СИЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ

Розглянуто рівень розвитку впровадження альтернативних силових установок, а саме гібридних, в автомобілях та проаналізовано їх готовність до широкого використання.

Вступ

Нафта та газ є не відновлюваними природними ресурсами. Відповідно, настане момент, коли людство повністю їх вичерпає. За 150 років людство встигло використати 65 % світових запасів нафти, щоденне світове споживання нафти в 5 разів перевищує кількість, яку вдається знайти в нових родовищах. На скільки років вистачить запасів нафти? Показники розходяться, одні фахівці стверджують, що нафти вистачить ще років на 15—20, інші продовжують строк до 50 років.

У той же час не можна сказати, що всі ці запаси використовуються максимально ефективно. Проект «Яндекс» [1] нещодавно опублікував дослідження автомобільних пробок у Москві, ґрунтуючись на власній статистиці за період в один рік. Дані були опубліковані у засобах масової інформації:

- у Москві в день виникало в середньому по 650 пробок;
- у кожній пробці стояло в середньому по 1 500 автомобілів;
- середня тривалість пробки в Москві — 1 година 8 хвилин;
- за місяць водії втрачали більше 11 годин у пробках.

Але не тільки в Москві гостро постала проблема перевантаження вулиць автотранспортом. Аналітики порахували, що німецькі водії щорічно проводять в пробках 4,7 більйони годин. Відповідно до статистики Інституту транспорту штату Техас в автомобільних пробках в США щорічно втрачається 68 мільярди доларів з урахуванням спаленого палива і непродуктивно загубленого часу.

Основна частина

Гібридні автомобілі. Дійсно, саме міський режим руху автомобілів відрізняється істотним збільшенням витрати палива (л/км). Автовиробники відповіли на цю проблему досить успішно й їх відповідь «пролунала» порівняно нещодавно — це гібридні автомобілі. Термін «гібридний» має на увазі поєднання бензинового й електричного двигунів. Ці два джерела енергії ефективно доповнюють один одного. Електродвигуни миттєво забезпечують додаткову потужність, не витрачаючи паливо й не забруднюючи навколишнє середовище. Бензиновий двигун дозволяє розвинути високу швидкість на рівні сучасних автомобілів. Робота в системі дозволяє кожному джерелу енергії працювати в оптимальному режимі, забезпечуючи автомобілю прекрасні ходові якості й паливну економічність. Детальніше розглянемо принцип роботи гібридних автомобілів. Як уже було сказано, крім двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), у гібридах ще використовуються електродвигуни. Електроприводи за своїми характеристиками є кращими за багатьох інших приводів, зокрема вони стійкіші до змінних навантажень, не вимагають складних систем передачі, коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна значно вищий (оскільки в ньому менше рухомих механічних частин і, відповідно, менше механічне зношування), крім того електродвигуни дешевші у порівнянні іншими двигунами. В основі роботи гібридів лежить принцип рекуперації. Він полягає в тому, що під час гальмування гібридного автомобіля кінетична енергія не перетворюється в теплову на гальмівних колодках і колесах (як у традиційних автомобілях), а використовується для заряджання батарей за допомогою електродвигунів, встановлених на передній і задній осях. Тобто при рекуперативному гальмуванні передній і задній електродвигуни працюють у режимі генераторів, створюючи гальмівний момент на передній і задній осях. Енергія, що створюється, надходить на блок керування електроживленням, а звідти на високовольтну акумуляторну батарею.

Для більшої наочності проілюструємо принципову схему гібридних автомобілів (рис. 1).

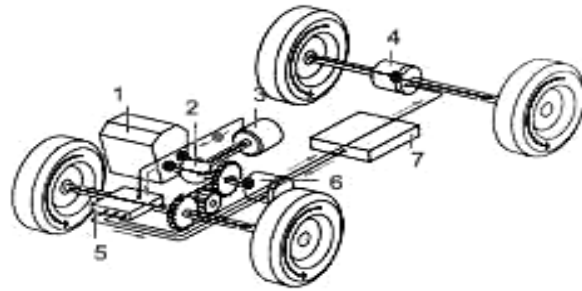


Рис. 1. Гібридна силова установка:

1 - бензиновий двигун; 2 - гібридна трансмісія; 3 - генератор; 4 - електричний двигун задніх коліс;
5 - блок керування силовою системою; 6 - електричний двигун передніх коліс; 7 - батарея високої напруги

Цікавим є той факт, що для оптимізації кількості енергії, яка зберігається, гальмівна система, керована електронікою, приймає рішення щодо використання гідравлічної системи, коли має місце рекуперативне (регенеративне) гальмування (воно і є пріоритетним). Використання гібридного двигуна в автомобілі дає можливість визначити такі позитивні моменти.

По-перше, вдалося домогтися значної економії палива завдяки таким факторам:

- частина витраченої на рух енергії використовується «вдруге»;
- зниження ваги, габаритних розмірів потужності ДВЗ;
- робота силової установки відбувається в оптимальному й рівномірному режимі, і набагато менше залежить від умов їзди;
- повна автоматична зупинка роботи ДВЗ, коли це необхідно і можливість руху тільки на електродвигунах.

По-друге, гібридний автомобіль набагато менше забруднює атмосферу. І що саме цікаве, «гібридизація» не означає втрату швидкісних якостей: електродвигуни, що допомагають основному двигуну (ДВЗ) в момент розгону, можуть забезпечити динаміку навіть вищу, ніж чисто бензинових автомобілів аналогічної потужності [2].

Силкові установки для гібридів. Для порівняння розглянемо енергетичні та економічні показники роботи ДВЗ та синхронного двигуна вентильного типу [3, 4]. Саме такий тип тягових електричних двигунів знайшов своє використання в гібридних силових установках автомобілів та в мотор-колесах. Одним з основних показників ДВЗ є його ефективна потужність N_e [3], яка розраховується за формулою:

$$N_e = \frac{p_e V_h n i_{ц}}{30\tau}, \tag{1}$$

де p_e — середній ефективний тиск в циліндрах, МПа; V_h — робочий об'єм циліндра, л; n — частота обертання колінчастого вала, хв^{-1} ; $i_{ц}$ — число циліндрів у двигуні; τ — число ходів поршня за цикл.

Момент на валу ДВЗ M_e (Нм) дорівнює:

$$M_e = \left[\frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \right] \frac{N_e}{n}. \tag{2}$$

Паливна економічність роботи двигуна оцінюється питомою ефективною витратою палива g_e (г/кВт·год)

$$g_e = 1000 \cdot G_{\text{пал}} / N_e, \tag{3}$$

де $G_{\text{пал}}$ — годинна витрата палива, кг/год.

Для оцінки енергетичних та економічних показників ДВЗ використовують зовнішні швидкісні характеристики (рис. 2).

Для порівняння наведемо основні рівняння та характеристики вентильного синхронного електричного двигуна, принцип дії якого та характеристики подібні колекторним двигунам постійного струму [4].

Електрорушійна сила якоря визначається залежністю:

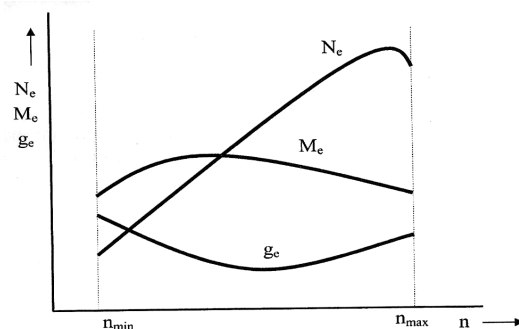


Рис. 2. Зовнішньо-швидкісна характеристика бензинового двигуна

$$E_{я} = c K_i \Phi \omega, \tag{4}$$

де c — конструктивний коефіцієнт; K_i — коефіцієнт інвертування; Φ — повний магнітний потік; ω — кутова швидкість колінчастого вала.

Момент M електричного двигуна:

$$M = c K_i \Phi I_{я}, \tag{5}$$

де $I_{я}$ — струм, який споживає якірна обмотка.

Потужність двигуна отримуємо з формул (4) і (5):

$$P = E_{я} I_{я} = M \omega. \tag{6}$$

На рис. 3 показані порівняльні механічні характеристики тягових вентильних електричних двигунів автомобілів Toyota Prius та Toyota Prius II, які функціонують відповідно у складі гібридних силових установок Toyota Hybrid System (THS) та (THS II) [5].

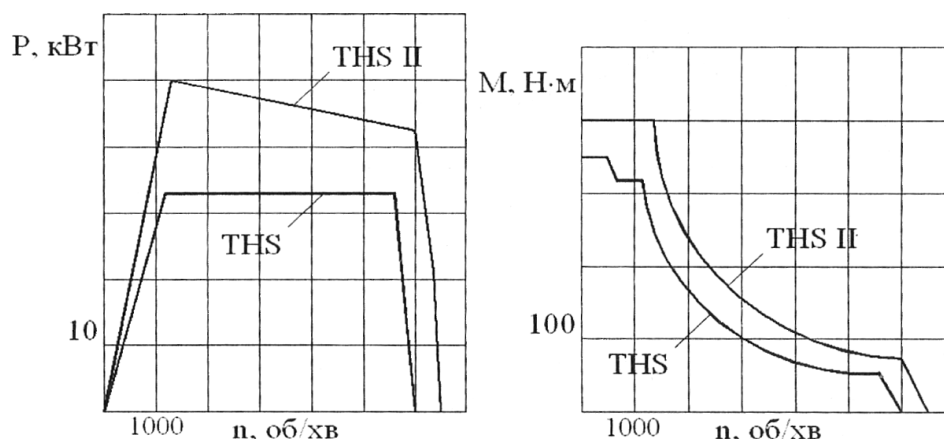


Рис. 3. Порівняльні механічні характеристики тягових електричних двигунів автомобілів Toyota Prius та Toyota Prius II

Самим масовим за рівнем продажів є модель «Prius» від Toyota [6]. Таких автомобілів у світі продано більше, ніж всіх інших гібридних машин разом узятих. Успіх цієї моделі змусив багатьох автовиробників вжити певних заходів. Першою відреагувала компанія Honda і в 2006 р. оснастила гібридним приводом свій новітній хіт — модель Honda Civic [7]. На відміну від «спеціально гібридної» Prius, Civic практично ідентична по дизайну «бензиновому» аналогу. Зате в реалізації гібридного приводу значно просунулася вперед: Civic вміє автоматично відключати циліндри бензинового двигуна залежно від режиму руху, або ж повністю переходити на електротягу.

За прикладом японців пішли двоє із трьох членів «великої трійки» — «Форд» і «Дженерал Моторс» (GM). «Форд» зробив дійсну революцію, випустивши перший у світі гібридний позашляховик Ford Escape (і його одноплатформного «брата» Mercury Mariner) [8]. GM, у свою чергу, запропонував гібридні версії позашляховика Chevrolet Tahoe і пікапа Chevrolet Silverado.

Ще одна цікава тенденція — поява гібридних моделей у преміум-сегменті автомобільного ринку. Тут першість належить марці Lexus, яка на виставці в Парижі продемонструвала відразу три гібриди люкс-класу: седани LS 600h і GS 450h, а також позашляховик RX 400h [9].

Заключна частина

Проаналізувавши значну кількість офіційних сайтів великих автоконцернів світу, можна зробити висновок, що у 2007 р. з'явилася ціла низка машин з гібридним приводом, переважна більшість яких — аналоги популярних «бензинових» моделей. Toyota представила гібридну Camry, Nissan — модель Altima, на підході Chevrolet Malibu, Ford Fusion, Hyundai Sonata, Cadillac Escalade, Mazda Tribute і багато інших.

Отже, тенденцію до розробки й випуску гібридних автомобілів підхоплюють щораз більше світових автовиробників. Нижче показана діаграма (рис. 4), яка наочно показує прогрес у цій галузі.

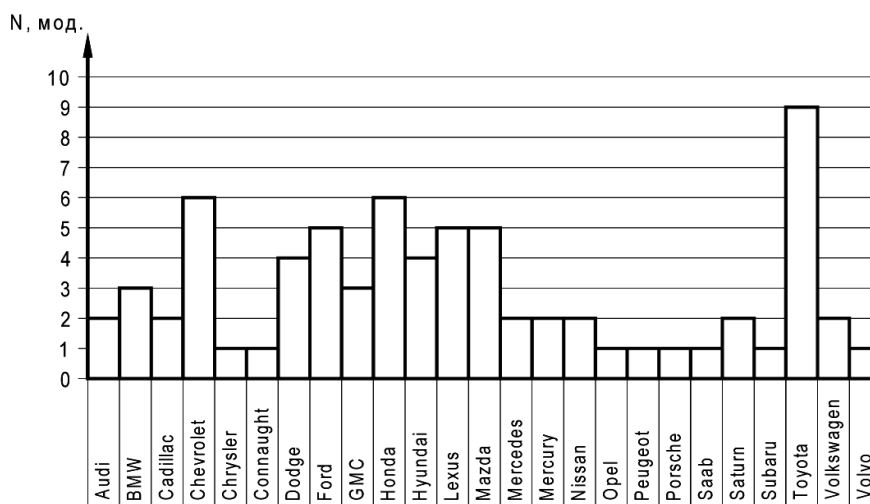


Рис. 4. Кількість моделей гібридних автомобілів, що випущені автоконцернами світу

Явна перевага гібридних автомобілів зрештою виявиться у вигляді глобального переходу від автомобіля зі стандартним ДВЗ до автомобілів з гібридною силовою установкою. Це потребує розвитку підготовки кваліфікованих спеціалістів з обслуговування таких автомобілів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобильные пробки в Москве : аналитическое исследование от Яндекс [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://www.3dnews.ru/news/avtomobilnie_probki_v_moskve_analiticheskoe_issledovanie_ot_yandeks.
2. Гулиа Н. В. Удивительная механика / Н. В. Гулиа. — М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2006 г. — 176 с. — ISBN 5-93196-591-2.
3. Абрамчук Ф. І. Автомобільні двигуни : підручник / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долгунов, І. І. Тимченко. — К. : Арістей, 2004. — 476 с. — ISBN 966-8458-26-5.
4. Розанов Ю. К. Электронные устройства электромеханических систем / Ю. К. Розанов, Е. М. Соколова. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 272 с. — ISBN 5-7695-1365-9.
5. Смирнов О. П. Синергетичний підхід до створення силової установки автомобіля / О. П. Смирнов // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. Харьков : РИО ХНАДУ. — 2007. — Вып. 37. — С. 131—133.
6. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.toyota.com>.
7. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://automobiles.honda.com>.
8. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ford.com>.
9. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.lexus.com>.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту

Надійшла до редакції 10.09.09
Рекомендована до друку 20.10.09

Павленко В'ячеслав Миколайович — асистент, кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів;

Богдан Василь Іванович — студент.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет