

УДК 629.3+504

**Ю. А. НЕЧИТАЙЛО**, асистент ХНАДУ, Харьков

**Т. О. БАЖИНОВА**, студент ХНАДУ

## ОЦІНКА РЕЖИМІВ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

Запропоновано оцінку режимів роботи гібридної силової установки на прикладах реалізації гібридної трансмісії паралельного, послідовного та розподіленого типів.

**Ключові слова:** гібридний автомобіль, трансмісія, гібридна силова установка.

**Введення.** Наприкінці минулого сторіччя відродився інтерес до розвитку гібридних автомобілів, що стимулювало розвиток науково-дослідних робіт з вивчення трансмісій, здатних передавати крутний момент до ведучих коліс автомобіля від двох джерел енергії (так званих гібридних трансмісій). Були розроблені і виготовлені кілька дослідних зразків нових варіантів таких транспортних засобів, але тільки три з них отримали серійне виробництво.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Для поліпшення екології на вулицях міста у наш час використовуються автомобілі, що знижують викиди шкідливих речовин в атмосферу в порівнянні з існуючими автомобілями в 10...15 раз. Для цих автомобілів важливо мати крім двигуна внутрішнього згоряння, також альтернативні силові установки. Використовуються такі силові установки: електродвигуни (вентилі двигуни), маховичні двигуни, пневмодвигуни та ін.. В якості джерел енергії використовують акумуляторні батареї, паливні елементи, суперконденсатори, високопровідні електромагніти і маховики [1 - 3].

**Мета та постановка задачі.** Метою цієї роботи є оцінка роботи гібридних силових установок за найбільш поширеними варіантами гібридних трансмісій – послідовною, паралельною та з розподілом потужності двигуна внутрішнього згоряння.

**Оцінка роботи основних видів гібридних трансмісій.** Незважаючи на велику кількість варіантів побудови кінематичних схем гібридних трансмісій, всі вони повинні відповідати таким вимогам [1]:

- забезпечувати підсумовування крутного моменту від двох джерел енергії і передавати його на колеса транспортного засобу;
- забезпечувати розподіл потужності ДВС, частина якої передається через електричну гілку трансмісії, а інша через механічну гілку;
- забезпечувати рух транспортного засобу тільки на одному з двох джерел енергії;
- забезпечувати незалежне управління двома джерелами енергії;
- забезпечувати безступінчаста зміна передавального відношення трансмісії;
- забезпечувати регенерацію енергії гальмування транспортного засобу;
- мати відносно невеликі механічні та електричні втрати;
- забезпечувати надійність конструкції;
- мати просту конструкцію.

© Ю. А. Нечитайло, Т. О. Бажинова, 2013

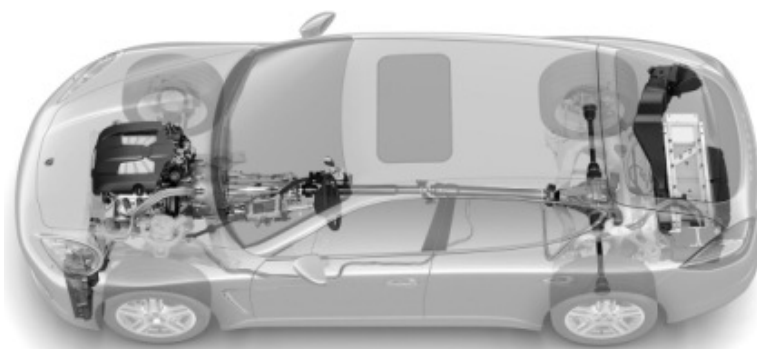


Рисунок 1 – Схема гібридної силової установки

Самим масовим гібридним автомобілем є Toyota Prius ('pri:əs, від лат. Prius означає «йде попереду»), який входить до десятку автомобілів, що змінили світ, за версією журналу Forbes. У 2012 р. у США почались продажі останньої модифікації моделі Prius Plug-in Hybrid, яка заряджається від стаціонарної електричної мережі. Підзарядка тягових високовольтних акумуляторних батарей відбувається від звичайної мережі (у США це 120 В) та займає 2,5...3 год., а від 240 В – всього 1,5 год.

Під підлогою багажного відділення гібридного автомобіля Prius Plug-in Hybrid розташована літій-іонна акумуляторна батарея ємністю 4,4 кВт·год. вагою 80 кг. Повного заряду акумуляторної батареї вистачає для подолання 25 км при швидкості до 100 км/год.

За розрахунками фахівців корпорації Toyota, витрата палива при належному заряді акумуляторної батареї буде еквівалентний 2,7 л на 100 км шляху. У попереднього Prius він складає близько 4,8 л на 100 км.

Базова вартість Prius Plug-in Hybrid у США складає \$ 32 000. В порівнянні, звичайний Prius оцінюється в \$ 23 520, а головний конкурент гібридний Chevrolet Volt – в \$ 32 780 [4].

У гібридних автомобілях завдяки підтримці електричної машини, характеристики двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) перебувають в області оптимальної роботи. Яка характеризується мінімальними викидами забруднюючих речовин та мінімальною питомою витратою палива. Цей ефект називається "зсув точки навантаження" [5].

Гібридна трансмісія (рис. 2) включає потужну електричну машину скомбіновану із ДВЗ, автоматичну коробку переключення передач (АКПП) та інші розподільники потужності [1].



Рисунок 2 – Гібридна трансмісія

Завдяки зчепленню між двигуном внутрішнього згоряння й електричною машиною можливе їх комбіноване використання за рахунок роз'єднання двох силових установок. ДВЗ запускається тільки при необхідності: або для руху, або для заряду акумуляторної батареї.

Система керування гібридною силовою установкою працює приблизно за таким алгоритмом:

- на початку руху діє тільки електричний двигун, який отримує живлення від накопичувачів електричної енергії (рис. 3);

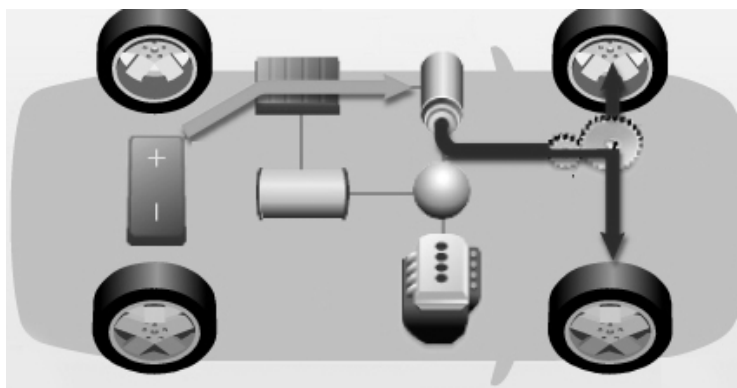


Рисунок 3 – Схема роботи гібридної силової установки на початку руху

- під час звичайного руху – бензиновий двигун;
- під час розгону – разом ДВЗ і електричний двигун;
- при зниженні швидкості – акумуляторна батарея заряджається за рахунок ДВЗ;
- при гальмуванні – акумуляторна батарея заряджається за рахунок рекуперації.

Існує безліч варіантів побудови гібридних трансмісій. Найбільш часто зустрічаються у відкритій літературі послідовні (рис. 4, а) і паралельні (рис. 4, б) варіанти. В даний час все більшого поширення набувають гібридні трансмісії з поділом потужності двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) (рис. 4, в). Головна перевага автомобілів з гібридною силовою установкою – зниження витрати пального та шкідливих вихлопів завдяки автоматичному управлінню (за допомогою бортового комп'ютера) режимом роботи двигунів: електричного та бензинового [6].

В автомобілі з послідовною гібридною трансмісією (рис. 4, а) потужність передається від ДВЗ на генератор далі до електродвигуна, який з'єднаний з провідними колесами. Між ДВЗ і провідними колесами відсутня пряма механічна зв'язок (ДВЗ і ведучі колеса - незалежні один від одного). Пара електродвигун-генератор, спільно з акумуляторами, являють собою електричну трансмісію, яка забезпечує безступінчатий зміна передавального відношення і регулювання потужності між ДВЗ і провідними колесами. У цьому випадку відбувається подвійне перетворення енергії ДВЗ: механічної в електричну і назад. Кожне перетворення призводить до втрати в середньому 10%; потужності [7]. Таким чином, ККД трансмісії в цьому випадку може бути не більше 81%. Крім того, максимальна потужність, принаймні, однієї електричної машини повинна відповідати максимальній потужності ДВЗ. Ця умова приводить до збільшення габаритів і ваги трансмісії. З цих причин послідовні варіанти побудови гібридної трансмісії використовуються головним чином для комерційних транспортних засобів, що працюють в режимі "stop-and-go".

В автомобілі з паралельною гібридною трансмісією (рис. 4, б) електродвигун розташовується паралельно звичайною механічною трансмісії. Електрична машина може бути об'єднана з ДВЗ, трансмісією або просто бути сполучена з відомим валом. У цьому випадку існує два незалежних потоку потужності. Регулювання передавального відношення здійснюється за допомогою механічної коробки передач, а регулювання потужності за допомогою електромотора. Оскільки є прямий механічний зв'язок між ДВЗ і провідними колесами, то частоти їх обертання є залежними один від одного. Паралельні гібридні трансмісії добре себе зарекомендували при русі по магістралі, але виявилися непридатними з економічних міркувань для міських умов руху. Жорстка зв'язок частот обертання ДВЗ і ведучих коліс вимагає в цьому випадку використання в складі трансмісії варіатора [7].

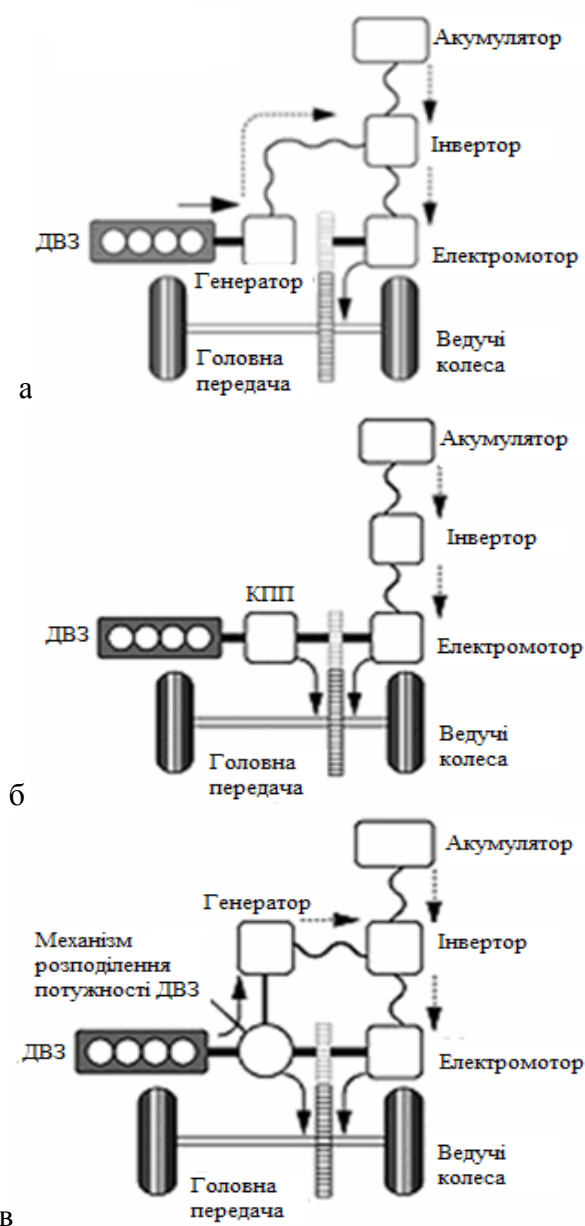


Рисунок 4 – Схеми концепцій створення гібридних автомобілів:  
а – послідовна; б - паралельна; в – з розподілом потужності

Крім того, паралельна гібридна трансмісія вносить додатковий внесок у вартість транспортного засобу, що може значно переkritи прибуток від економії палива, отриманої в процесі всього життєвого циклу транспортного засобу. Прості варіанти паралельного побудови гібридної трансмісії використовуються, головним чином, для систем, в яких потужність, що проходить через електричну частину трансмісії, не перевищує 15% потужності ДВЗ [7].

Гібридна трансмісія з розподілом потужності (рис. 4, в) є іншим найбільш перспективним варіантом побудови гібридної трансмісії, яка з недавнього часу користується підвищеною увагою з боку розробників трансмісій. Слід зазначити, що в цьому випадку для поділу потоку потужності ДВЗ в даний час використовуються як прості планетарні ряди, так і складні планетарні механізми.

Головна перевага гібридних силових установок – їх економна експлуатація – баланс між технічними показниками автомобіля і потужністю силової установки. Основний недолік гібридних автомобілів – це складність та вартість силової установки, яка об'єднує два джерела механічної енергії: ДВЗ та електричний двигун, для живлення якого використовуються високовольтні акумуляторні батареї або суперконденсатори.

### Висновки

1. Визначена концепція створення екологічно чистих дорожніх транспортних засобів з урахуванням вартості серійного автомобіля.
2. Проведено дослідження сучасних та перспективних рішень побудови екологічно чистих дорожніх транспортних засобів.

**Список літератури:** 1. *Бажинов О.В.* Гібридні автомобілі / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатов, А.В. Колесніков. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 327 с. 2. *Бажинов А.В.* Концепція створення екологічно чистого автомобіля / А.В. Бажинов, О.П. Смирнов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2006. – №7. – С. 15–19. 3. *Смирнов О.П.* Характерні режими роботи гібридної силової установки автомобіля / О.П. Смирнов, В.І. Калмиков // Автомобільний транспорт : сб. научн. тр. – Харьков: РИО ХНАДУ. – 2006. – Вип.18. – С. 13–15. 4. *Смирнов О.П.* Шляхи вдосконалення гібридних силових установок автомобілів / О.П. Смирнов, О.І. Репницький // Вестник ХНАДУ. – 2010. – № 49. – С. 26–28 5. *Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г.* Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: К "Арістей", 2006. – 292 с. 6. *Gregory A. Schultz, Lung-Wen Tsai, Naritomo Higuchi, Ivan C. Tong,* "Development of a Novel Parallel Hybrid Transmission", SAE International, 2001. Paper Number:2001-01-0875.. 7. *Xiaolan Ai, Scott Anderson* "An Electro-Mechanical Infinitely Variable Transmission for Hybrid Electric Vehicles", SAE International, 2005. Paper Number: 2005-01-0281.

*Поступила в редколлегию 29.04.2013*

УДК 629.3+504

**Оцінка режимів роботи гібридних силових установок / Ю. А. Нечитайло, Т. О. Бажинова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 32–36. – Бібліогр.: 7 назв.

Предложена оценка режимов работы гибридной силовой установки на примерах реализации гибридной трансмиссии параллельного, последовательного и распределенного типов.

**Ключевые слова:** гибридный автомобиль, трансмиссия, гибридная силовая установка

The assessment of operating modes of the hybrid power plant on examples of realization of hybrid transmission of the parallel, consecutive and distributed types is offered.

**Key words:** hybrid car, transmission, hybrid power plant