

## ВПЛИВ ТИПУ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ НА ДИНАМІКУ ГАЛЬМУВАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Бурняшев Микита Віталійович, ст. гр. А-42-19, бакалавр

[Burniashev@gmail.com](mailto:Burniashev@gmail.com)

Місько Аким Сергійович, ст. гр. А-42-19, бакалавр

[Misko@gmail.com](mailto:Misko@gmail.com)

Хомутов Юрій Володимирович, ст. гр. А-42-19, бакалавр

[Khomutov@gmail.com](mailto:Khomutov@gmail.com)

**Вступ.** У техніці гібридом називають систему, в якій комбінуються один з одним дві різні технології. В зв'язку з концепцією розвитку таких приводів термін «технологія гібридного привода» використовується для позначення двох напрямків [1]:

- бівалентний або двохпаливний силовий агрегат;
- гібридний силовий агрегат.

У разі гібридної технології привода йдеться про комбінації з двох різних силових агрегатів, робота яких заснована на різних принципах дії.

На даний час під терміном «технологія гібридного привода» розуміють комбінацію двигуна внутрішнього згоряння й електродвигуна-генератора, який може бути застосованим як генератор для вироблення електричної енергії, як тяговий електродвигун для руху автомобіля та, як стартер для запуску двигуна внутрішнього згоряння.

У залежності від компоновочного виконання розрізняють наступні типи гібридного силового агрегату [1, 2]:

- мікрогібридний силовий агрегат (mild hybrid);
- пасивний гібридний силовий агрегат (passive hybrid);
- повногібридний силовий агрегат (full hibrid).

Застосування того чи іншого виду гібридного силового агрегату у трансмісіях легкових автомобілів вносить свій специфічний вплив як на динаміку їх розгону, так і на динаміку гальмування в процесі експлуатації, що в кінцевому результаті впливає на безпеку використання таких автомобілів.

Мета роботи – встановити вплив конструкції силового агрегату гібридного автомобіля на динаміку процесу гальмування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При застосуванні концепції «мікрогібридного силового агрегату» електричний компонент «стартер-генератор» служить виключно для реалізації функції «старт-стоп». При цьому частину кінетичної енергії можна використовувати в якості електричної енергії (рекуперація, що має місце при гальмуванні). Проте привод лише від електричної енергії не передбачено [2, 3].

Цей вид гібридного силового агрегату по суті не можна назвати «гібридним», тому що у автомобілі використовується лише одна рухова система.

Система з невеликим запасом енергії акумулятора та невеликим запасом потужності електродвигуна, який включається в роботу під час розгону автомобіля, характерна для пасивного гібридного силового агрегату. Електричний привод підтримує роботу двигуна внутрішнього згорання. Рух автомобіля лише на електричній тязі також не можливий.

При чому, для пасивного гібридного силового агрегату більша частина кінетичної енергії при гальмуванні регенерується, та у вигляді електричної енергії накопичується в високовольтній акумуляторній батареї. В такій конструкції високовольтна батарея, а також електричні компоненти, у порівнянні з мікрогібридним силовим агрегатом, сконструйовано для більш високої електричної напруги, тобто більш високої потужності.

У випадку «повногібридного силового агрегата» застосовується потужний електродвигун-генератор, який комбінується з двигуном внутрішнього згорання. При цьому можливий рух лише на електричній тязі [2, 3].

Електродвигун-генератор, як тільки дозволяють умови, підтримує роботу двигуна внутрішнього згорання. При цьому рух з малою швидкістю здійснюється лише на електричній тязі. Реалізована функція «старт-стоп» для двигуна внутрішнього згорання. Рекуперація енергії використовується для заряджання високовольтної батареї.

Завдяки роздільному зчепленню між двигуном внутрішнього згорання та електродвигуном-генератором є можливим забезпечення роз'єднання обох систем.

За принципом взаємодії електричної та паливної складових гібридного автомобіля їх силові приводи розподіляють на типи [4, 5]:

- послідовний гібридний силовий агрегат (рис.1)
- паралельний гібридний силовий агрегат (рис.2);
- послідовно-паралельний гібридний силовий агрегат (рис.3).

**Аналіз результатів теоретичних досліджень.** У випадку послідовної схеми гібридної силової установки (рис.1) двигун внутрішнього згорання працює тільки на генератор. При цьому обирається режим мінімального споживання палива. Енергія, яка виробляється генератором, подається або на тяговий електродвигун, або на накопичувач енергії та тяговий електродвигун, або лише на накопичувач енергії.

Тяговий електродвигун забезпечує весь необхідний тяговий і швидкісний діапазони і під час уповільнення легкового автомобіля працює в режимі в режимі генератора, забезпечуючи рекуперацію енергії гальмування.

Перевагою послідовної схеми є можливість первинної роботи двигуна внутрішнього згорання з мінімальною витратою палива, просте керування силовою установкою та відсутність спеціальних вузлів трансмісії, широкі компоновальні можливості, які дозволяють легко компоновати силову установку в обмеженому підкапотному просторі сучасного легкового автомобіля.

Недоліками такої схеми є занадто низький коефіцієнт корисної дії системи перетворення енергії від двигуна внутрішнього згорання до приводних коліс через двократне перетворення одного виду енергії в інший.

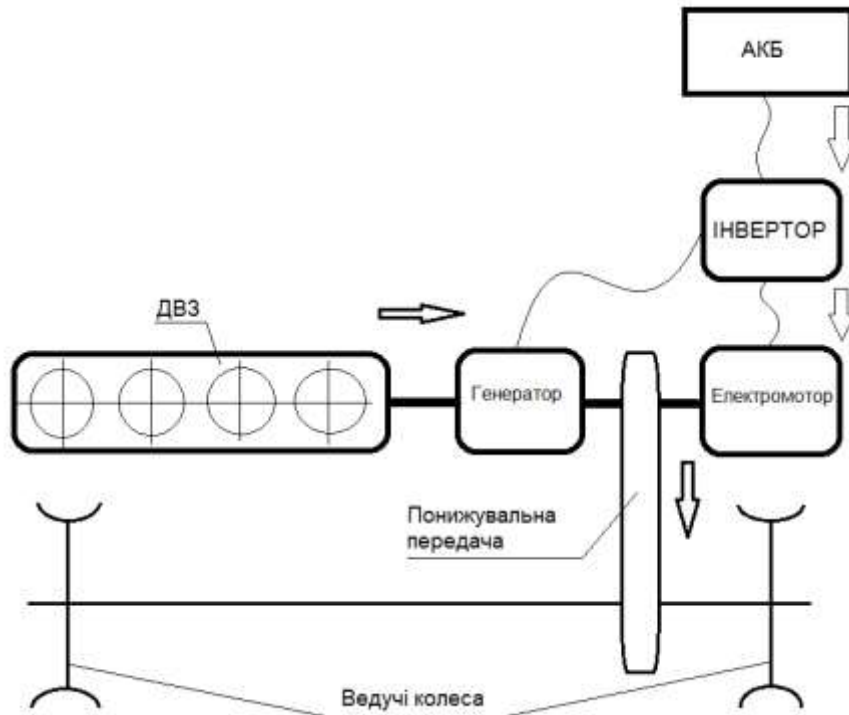


Рисунок 1 – Схема послідовного гібридного силового агрегату

Тобто, механічну в електричну, а потім електричну у механічну та обов'язкова наявність двох електромашин високої потужності.

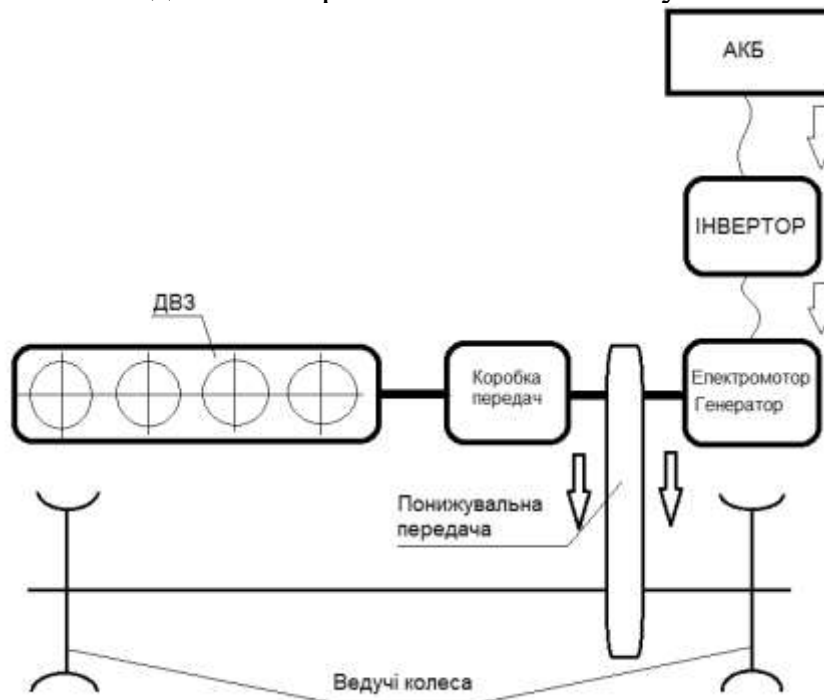


Рисунок 2 - Схема паралельної гібридної силової установки

У випадку застосування паралельної схеми гібридної установки [4] (рис.2) двигун внутрішнього згоряння та тяговий електродвигун, який живиться від високовольтної акумуляторної батареї, посередком трансмісії пов'язані з ведучими колесами.

Перевагою паралельної схеми є більш високий коефіцієнт корисної дії системи передачі енергії від двигуна внутрішнього згоряння до ведучих коліс у порівнянні з послідовною схемою та можливість застосування однієї електромашини замість двох.

Недоліком паралельної схеми гібридного силового агрегату є обов'язкове ускладнення трансмісії для забезпечення відбору (підводу) потужності електричної машини, відхід двигуна внутрішнього згоряння від режиму мінімальної витрати палива при застосуванні багатоступінчастої механічної передачі для регулювання швидкості автомобіля та, як результат, ускладнення системи керування силовою установкою.

Проте, є можливим варіант [4], коли електродвигун встановлюється в приводі іншого ведучого моста. Наприклад, для переднеприводної схеми трансмісії легкового автомобіля зворотній електродвигун встановлюється в приводі заднього моста. Перевагою такого варіанту є спрощення трансмісії, а недоліком – використання колісного рушія в якості елемента системи перетворення енергії.

У даному випадку ведучі колеса приводяться в рух і двигуном внутрішнього згоряння, й електродвигуном, який повинен працювати і в якості генератора.

Для цього, з метою узгодження паралельної роботи, використовується комп'ютерне керування. Але при цьому зберігається необхідність у звичайній трансмісії, а двигуну приходится працювати на не ефективних режимах.

Крутний момент, який надходить від двох джерел, розподіляється в залежності від умов руху. На перехідних режимах (старт, прискорення) на допомогу двигуну внутрішнього згоряння підключається електродвигун, а на усталених режимах і під час гальмування він працює, як генератор, заряджаючи акумулятор.

Таким чином, при застосуванні паралельних схем у гібридних легкових автомобілях більшу частину часу працює двигун внутрішнього згоряння, а електродвигун використовується в якості допомоги йому. Отже, гібридні легкові автомобілі з паралельними схемами силових установок можуть використовувати меншу за ємністю акумуляторну батарею, в порівнянні з послідовними.

Так як двигун внутрішнього згоряння кінематично пов'язаний з ведучими колесами, то і втрати потужності на хід значно менші при послідовній схемі [4].

Проте, незважаючи на простоту реалізації паралельної схеми, вона не дозволяє значно поліпшити як екологічні параметри, так і ефективність застосування двигуна внутрішнього згоряння.

Прихильником такої схеми гібридних силових установок є компанія Honda. Розроблена нею гібридна установка одержала назву «Integrated Motor Assist». Вона передбачає, насамперед, створення бензинового двигуна зі збільшеним коефіцієнтом корисної дії. Та лише у разі, коли двигун внутрішнього згоряння вимагатиме додаткового крутного моменту, у роботу повинен включитися електродвигун.

Гібридний автомобіль із системою ІМА [4] загальмовується електромотором, де електромотор працює як генератор, виробляючи електричну енергію, тоді, як звичайний автомобіль сповільнюється, а його кінетична енергія гаситься опором двигуна внутрішнього згоряння й розсіюється у вигляді тепла за рахунок нагрівання роторів.

Взагалі, за думкою компанії Honda вважається, що гібридна система повинна бути максимально простою, а електромотор повинен виконувати єдину функцію – допомагати двигуну внутрішнього згоряння заощадити якомога більше пального. Така теорія впроваджена у моделях гібридних автомобілів Insight та Civic [4, 5].

У такому випадку двигун внутрішнього згоряння, генератор і вихідний вал передачі, що пов'язаний з валами привода ведучих коліс, і на який передає енергію тягловий електродвигун, з'єднані посередком планетарної передачі. За рахунок цього двигун внутрішнього згоряння працює на постійному режимі мінімальної витрати палива, а регулювання швидкості обертання вихідного валу здійснюється зміною частоти обертання вала тяглового електродвигуна за рахунок відповідного керування системою.

Компанія Toyota розробила свою гібридну систему Hybrid Synergy Drive, яка об'єднує в собі особливості послідовної та паралельної схем (рис.3).

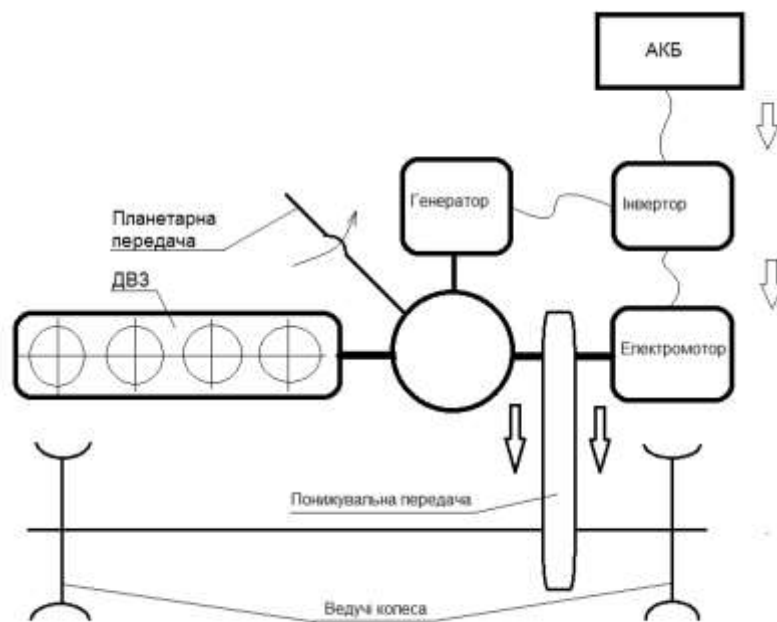


Рисунок 3 – Послідовно-паралельна схема гібридної силової установки

У схему паралельної гібридної силової установки [4] додається окремий генератор і розподільник потужності (планетарний механізм).

Планетарний механізм передає частину потужності двигуна внутрішнього згоряння на ведучі колеса, а решту – на генератор, який або живить електродвигун, або заряджає акумулятор.

Комп'ютерна система керування постійно регулює подачу потужності від обох джерел енергії для оптимальної роботи за будь-яких умов експлуатації.

Із застосуванням послідовно-паралельної схеми гібридної силової установки більшу частину часу працює електродвигун, а двигун внутрішнього згоряння застосовується тільки на найбільш ефективних режимах роботи.

Для оптимізації кількості енергії, яка зберігається, керована електронікою гальмівна система приймає рішення про те, коли варто використовувати гідравлічну систему гальмування, а коли рекуперативне гальмування, яке і є пріоритетним. У разі рекуперативного гальмування [5, 6] електродвигун працює в режимі генератора, створюючи гальмівний момент на передній і задній осях. Енергія, яка виробляється при цьому, надходить у блок керування енергоживленням, який направляє її на високовольтну акумуляторну батарею.

**Висновки.** Під час оцінювання динаміки гальмування гібридних легкових автомобілів слід враховувати особливості схеми побудови силового агрегату і системи керування застосовуваної гібридної силової установки, а також гальмівної системи такого автомобіля.

#### **Перелік посилань**

1. *Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В.* Гібридні автомобілі. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 326 с.
2. *D. Anderson, Ju. Anderson* Electric and Hybrid Cars. A History/Curtis. – McFarland Company, 2010. – 267 p.
3. *Toyota hybrid system.* Toyota Motor Corporation. Public Affairs Division 4-8 Karaka 1-home, Bunkyo-ky. Tokio, 112-8701 Japan, May 2003.
4. *Hybrid Synergy Drive.* Jesse Russell, 2012. – 107 p.
5. *Cooperative regenerative braking control algorithm for an automatic-transmission-based hybrid electric vehicle during a downshift / [C. Jo, J. Ko, H. Yeo, T. Yeo, S. Hwang, H. Kim] // Journal of automobile engineering.* – 2012. – vol. 226. – no. 4. – pp. 457–467.
6. *M. Shang, L. Chu, J. Guo, Y. Fang.* Zhou braking force dynamic coordinated control for hybrid electric vehicles // *proceedings of the 2nd iee international conference on advanced computer control (icacc '10),* vol. 4, pp. 411–416, Shenyang, China, march 2010.

*Науковий керівник: Назаров Олександр Іванович – к. т. н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: hefer64@ukr.net*