

ВИБІР ТИПУ ПІДВІСКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Рожков С. П.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Виконаний аналіз існуючих технічних рішень для підвісок транспортних засобів та виконаний вибір типу підвіски, який найбільш підходить для використання у електромобілі.

Постановка проблеми.

Основною вадою сучасного електромобіля є його малий запас ходу. Джерела електричної енергії мають обмежену ємність та велику собівартість, що накладає значні обмеження на використання електромобілів. Тому в значній мірі стає питання підвищення енергоефективності самого електромобіля. Одним зі шляхів є впровадження різноманітних методів рекуперації механічної енергії руху електромобіля у електричну енергію в бортовій мережі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Будь-який автомобіль має джерело рекуперативної енергії. На сьогодні найбільш розповсюдженим є рекуперація енергії гальмування автомобіля, коли електродвигун включений до трансмісії, працює як генератор та повертає енергію до акумулятора. Цей спосіб допомагає значно підвищити енергоємність електромобіля.

Але енергія гальмування не єдине джерело рекуперативної енергії в автомобілі. При русі автомобіля по дорожній поверхні значна енергія випростовується у коливаннях піддресорної та непіддресорної мас. Ця енергія розсіюється в елементах підвіски – пружних та демпфуючих елементах.

Було проведено дослідження залежності величини потужності, що розсіюється в елементах підвіски, масогабаритних параметрів електромобіля, швидкості руху та характеру дорожньої поверхні на прикладі електромобіля Think City (рис. 1).

Енергія, яка розсіюється в елементах підвіски, сягає значних величин. Величина залежить від швидкості транспортного засобу, маси та параметрів дорожнього покриття. Ця величина може набувати значення до 5 кВт при русі зі швидкістю 60 км/год по бруківці. Такий режим пересування рідко коли застосовується, але, наприклад, при русі по поганому асфальтовому покриттю зі швидкістю 60 км/год, розсіюється до 250 Вт.

Для електромобіля це досить значна величина. Якщо провести такий розрахунок для вантажівки, то цифра сягає 10-15 кВт для швидкості 80 км/год при русі асфальто-бетонним покриттям. Отже, при вертикальних коливаннях розсіюється значна кількість енергії, яка може бути рекуперована у електричну енергію та повернена до бортової мережі електромобіля.

Отже, якщо рекуперувати цю енергію до бортової мережі електромобіля, то можна підвищити запас його ходу. Задля цього треба обрати який саме тип підвіски необхідно застосовувати на електромобілі.

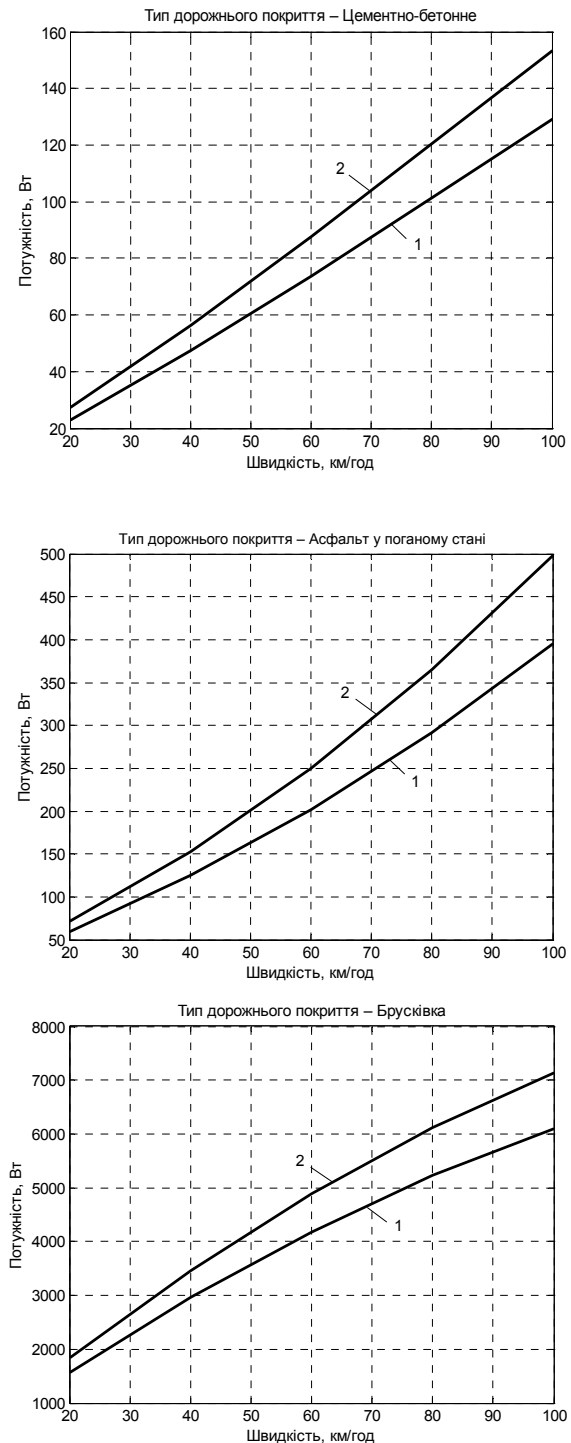


Рисунок 1 - Залежність розсіюваної амортизаторами енергії від типу дорожнього покриття для електромобіля без пасажирів (1) та з пасажирями (2)

Мета статті. Провести огляд існуючих типів підвісок та обрати найбільш ефективний тип для використання на електромобілі. Основними критеріями мають бути – забезпечення керованості та можливість рекуперації енергії коливань до бортової мережі електромобіля.

Основні матеріали дослідження. На сьогодні існує два типи підвіски: пасивна та активна. Основною різницею між ними є ступінь можливості зміни характеристик елементів підвіски.

Пасивна підвіска є класичним рішенням для автомобілів низької та середньої вартості. Вона, як правило, складається з пружних та некерованих демпфуючих елементів, тому не має будь-яких засобів для регулювання параметрів та характеристик підвіски. Тому цей тип підвіски не здатен забезпечити достатню плавність ходи у будь-яких умовах руху.

Тільки в деяких режимах на деяких типах дорожнього покриття такий тип підвіски буде задовольняти вимогам плавності ходи, які визначаються як дисперсія прискорення підресореної маси автомобіля та регулюються вимогами до віброзахисту за ГОСТ 12.1.012-90.

Для пасивної підвіски її характеристики є величинами незмінними й при проектуванні постійно стає питання про баланс між керованістю та плавністю ходи транспортного засобу.

Цей тип підвіски з часом все більше буде відходити у минуле, як такий, що не відповідає сучасним вимогам до плавності ходи та енергоефективності.

У керованій підвісці відбувається цілеспрямована зміна параметрів підвіски згідно умов руху електромобіля. Керування здійснюється високошвидкісною мікропроцесорною системою, яка інтегрована у бортову комп'ютерну мережу електромобіля. Такі підвіски значно дорожчі за пасивні, але з часом та розвитком технологій стають все більш доступними для впровадження до усіх цінних шарів автомобілів. До того ж керовані підвіски більш перспективні з точки зору енергоефективності, безпеки та комфорту. В залежності від ступеню впливу на параметри елементів керовані підвіски поділяються на напівактивні та активні.

Напівактивні підвіски дозволяють змінювати параметри пружного елемента підвіски, тобто регулювати коефіцієнт демпфування амортизатора.

Такі підвіски є майже у кожного провідного автовиробника. Одним з прикладів напівактивної підвіски є розробки фірми Magneti Marelli – Synaptic Damping Control [1]. У цієї підвісці використовується амортизатор з регульованими клапанами. В залежності від дорожніх умов електромагнітні клапани змінюють отвір у каналах поршня амортизатора, тим самим керуючи його жорсткістю. Таке рішення застосовується, наприклад, у автомобілях Alfa Romeo.

Ще одним прикладом напівактивної підвіски є розробки компанії BWI Group [2], а саме амортизатор з магнітно-реологічною рідиною. Властивості магнітно-реологічної рідини такі, що вона змінює свою в'язкість залежно від величини магнітного поля. Швидкість реакції на керуючий вплив такого амортизатора дуже велика і це дозволяє змінювати параметри амортизатора до 1000 разів у секунду. Введення в систему

зворотного зв'язку (skyhook) дозволяє забезпечити високу плавність ходи, максимально наближаючи її до можливостей активних систем підвіски. Енергоспоживання даної напівактивної системи дуже мало й перебуває в межах 20 Вт.

Активна підвіска, яку використовує автоконцерн Mercedes – ABC (Active Body Control) [3], являє собою пружинно-гідравлічну систему, що компенсує дорожні нерівності, керуючи жорсткістю підвіски відповідно до дорожніх умов.

По суті, це активна система контролю за рівнем кузова. За рахунок регулювання жорсткості підвіски для різних видів профілів дороги на рівні автомата система демпфування дійсно досить почуттєво підвищує комфорт водіння.

ABC використовує керуючі гідравлічні циліндри й датчики положення кузова для поперечних і поздовжніх кренів кабіни автомобіля при різкому гальмуванні, прискоренні або заносах.

Недоліки такого типу підвіски: по-перше, для функціонування цієї системи необхідна підтримка постійного тиску завбільшки 200 бар у гідроциліндрах підвіски; по-друге, при активній роботі підвіски відбувається розсіювання потужності коливань автомобіля у вигляді тепла, і ця енергія витрачається у навколишнє середовище, а для такої гідравлічної системи рекуперація енергії практично неможлива, до того ж споживання енергії такою системою становить близько 3-5 кВт; по-третє, смуга частот коливань підвіски має значення приблизно від 1 до 5 Гц, тобто при коливаннях від 10 Гц і вище підвіска стане зайво жорсткою й мови про комфортну їзду вже йти не буде, і підвіска почне працювати в пасивному режимі.

Система компанії Citroen – Hydractive 3 [4]. Це гідропневматична активна підвіска. У даній системі використовуються сферичні ємкості, що містять азот і гідравлічну рідину, розділені гумовою мембраною. За допомогою блоку управління автоматично змінюється жорсткість підвіски залежно від стилю водіння водія, а крім того, є можливість вибирати величину кліренсу підвіски в діапазоні 13 мм. Величина кліренсу може змінюватися як в автоматичному режимі, так і в ручному.

Проте, недоліки такого типу підвіски очевидні. Складна гідропневматична система обумовлює запізнення реакції підвіски на зміну типа дорожнього покриття. Крім того, така система пред'являє значні вимоги до герметичності системи і в разі її порушення автомобіль рухатися не здатний. І, нарешті, як і будь-яка інша гідравлічна система, Hydractive 3 споживає значну потужність.

Найбільш ефективними є напівактивні і активні підвіски з можливістю рекуперації енергії в бортову мережу, що дозволяє, окрім забезпечення плавності ходу, підвищувати енергоефективність транспортного засобу. Таких систем декілька.

Недавно розроблена в MIT і профінансована компанією Levant Power розробка – гідравлічний амортизатор [5] підключений до гідравлічного двигуна, який є приводом електрогенератора.

Під дією коливань поршень у робочому циліндрі здійснює вертикальну поступальну ходу в обох напрямках. Рідина перепускними трубками поступає до

гідродвигуна, який перетворює поступальний рух поршня в обертальний рух якоря електрогенератора. У перепускних трубках встановлено електромагнітні клапани, які перенаправляють рух рідини в гідродвигуні залежно від напрямку поступальної ходи поршня. Таким чином енергія вертикальних коливань рекуперується у бортову мережу транспортного засобу. Керуючи навантаженням на генераторі, стає можливим керувати коефіцієнтом жорсткості амортизатора.

Але й у цього амортизатора є недоліки: підвищені вимоги до герметичності пристрою; витрати енергії на подолання гідравлічного опору системи; смуга частот коливань обмежена верхньою межею 7 Гц.

Враховавши недоліки гідравлічних активних підвісок, компанія Bose створила електромагнітну підвіску.

Її основою стали потужні лінійні електричні двигуни, використання яких дозволило розширити смугу частот коливання підвіски та компенсувати дорожні нерівності для будь-якого типу покриття незалежно від швидкості. Ця система контролює і керує кожним колесом автомобіля, створюючи необхідні зусилля з потрібною швидкістю. Система дозволяє значно зменшити крен і заноси при повороті автомобіля, зменшити гальмівний шлях і забезпечити задану плавність ходу. Також у цієї системи є можливість рекуперації енергії коливань транспортного засобу, проте, кількість енергії, яку можна рекуперувати, в даній підвісці менше, ніж витрачена на керування. Але, все ж, основним недоліком цієї підвіски є те, що вона не набула комерційного поширення, що в основному обумовлено її великою вартістю.

Ще однією розробкою є активна електромагнітна підвіска на базі трубчастого лінійного електродвигуна. Це рішення було впроваджене компанією SKF на автомобілі BMW 530i.

В основі пристрою лежить трифазний лінійний генератор з елементом пасивного демпфування. Розміри і конструкція цього пристрою дозволяють встановлювати його на автомобіль без внесення змін до конструкції, а повністю електромагнітний пристрій дозволяє ефективно і швидко керувати кожним колесом аналогічно системі компанії Bose. Проте кількість рекуперованої енергії більша, ніж в аналогічній підвісці виробництва Bose, а енерговитрати на керування нижчі. Крім того вартість самого пристрою менша, а установка набагато простіша.

Висновки.

З усіх розглянутих варіантів підвісок за першим критерієм – плавності ходи немає сенсу розглядати пасивну підвіску, а підходять напівактивні та активні підвіски. За другим критерієм – можливістю рекуперувати енергію коливань до бортової мережі підходить електромагнітна підвіска та гідравлічна підвіска з рекуператором, яка представлена амортизатором GenShock виробництва Levant Power. Ці типи підвісок задовольняють обом критеріям вибору. Однак, якщо вибирати одну з цих підвісок для електромобіля, то впевнено можна сказати, що

електромагнітна підвіска максимально підходить для цієї мети.

З недоліків гідравлічної підвіски GenShock можна навести: підвищені вимоги до герметичності пристрою; витрати енергії на подолання гідравлічного опору системи; вузька ширина смуги частот коливань, яка має верхню межу 7 Гц; велика вага, порівняно з електромагнітною підвіскою. Що до електромагнітної підвіски, то вона є найефективнішою для встановлення на електромобілі. Точна керованість; велика швидкість реакції, відмовостійкість та безпосередній процес рекуперації енергії коливань у електричну енергію без введення передатних ланок, закладені у самому принципі дії електромагнітного амортизатора, роблять електромагнітну підвіску найкращим з усіх рішень для підвищення енергоефективності електромобіля.

Список використаних джерел

1. Інформаційна-інтернет база Magneti Marelli. Режим доступу: <http://www.magnetimarelli.com/excellence/technological-excellences/synaptic-damping-control>
2. Офіційний сайт промислової групи BWI. Режим доступу: <http://www.bwigroup.com/en/pshow.php?pid=22>
3. Оглядний сайт технологій компанії Mercedes-Benz. - Режим доступу: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1317350-1-1323801-1-0-0-1317351-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0-0.html>
4. Інтернет-огляд підвісок автомобілів Авто Зин. - Режим доступу: http://www.autozine.org/technical/school/suspension/tech_suspension3.htm
5. Офіційний сайт компанії Levant power. – Режим доступу: <http://www.levantpower.com/technology.html>

Анотація

ВЫБОР ТИПА ПОДВЕСКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Рожков С. П.

Выполнен анализ существующих технических решений для подвесок автомобилей и сделан выбор наиболее подходящего типа подвески для использования в электромобиле.

Abstract

CHOICE OF ELECTROMOBILE SUSPENSION TYPE

S. Rozhkov

It is analysed existing technical solutions for suspension brackets of cars and the choice of the most suitable type of a suspension bracket for use in an electromobile is made.