

УДК 629.113

В.М.Дембіцький, О.П. Сітовський

Луцький національний технічний університет

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС РУХУ АВТОМОБІЛЯ ЗА ІНЕРЦІЄЮ З ВИМКНЕНИМ ЗЧЕПЛЕННЯМ

Проведено аналіз сил, які діють на автомобіль під час його руху за інерцію з вимкненим зчепленням та визначено доцільність застосування рекуперації енергії під час такого руху.

Ключові слова: рекуперація енергії, сили опору, енергія, автомобіль.

Зважаючи на той факт, що сучасний розвиток автомобілебудування все більше та більше спрямовується на створення транспортних засобів із застосування альтернативних та екологічно чистих енергоносіїв, зокрема створення електромобілів та гібридних автомобілів, застосування систем накопичення енергії, досить важливим є питання вивчення, дослідження та моделювання процесів та властивостей зазначених транспортних засобів. На сьогодні однією з важливих характеристик як гібридних так і електричних автомобілів є застосування рекуперації енергії. Рекуперація енергії в основному застосовується під час гальмування транспортного засобу, однак також вона може застосовуватись під час руху автомобіля за інерцією з вимкненим зчепленням.

Мета роботи: Визначення доцільності застосування рекуперації енергії під час руху автомобіля за інерцією з вимкненим зчепленням.

Процес руху автомобіля за інерцію. Під час здійснення дорожнього руху практично усі водії користуються режимом руху автомобіля за інерцією з вимкненим зчепленням. Даний режим руху забезпечує:

- зменшення швидкості руху без використання гальмівної системи;
- зменшення витрати палива;
- більш плавний рух транспортного засобу;
- в певних випадках рух автомобіля (проїзд) без зупинки (наприклад: світлофорів, перехресть і т.п.).

Крім того такий показник, як вибіг автомобіля з певної швидкості, тобто рух транспортного засобу з певної заданої швидкості (зазвичай 50 км/год.) застосовується для визначення технічного стану автомобіля.

Застосування рекуперації енергії під час руху автомобіля за інерцією з вимкненим зчепленням має рід переваг та недоліків. Основною перевагою такого режиму руху є можливість накопичення енергії, навіть за відсутності гальмування, що дозволить підвищити економічність автомобіля. Основним же недоліком являється зменшення шляху вибігу транспортного засобу, оскільки певна частина енергії буде затрачена на обертання електричного двигуна. Також впровадження вказаного елемента призведе дещо до ускладнення самої системи приводу електродвигуна.

Оскільки такий показник як вибіг автомобіля не є нормованим стандартами, то фактично він може змінюватися у досить широких межах. З точки зору водія, то зменшення шляху вибігу теж не призведе до незручностей оскільки, це зменшення одночасно призводить до зменшення витрати палива, за рахунок накопиченої енергії.

Модель руху автомобіля за інерцію. Рух автомобіля за інерцією із вимкненим зчепленням описується рівнянням тягового балансу автомобіля [1]:

$$P_j = P_f + P_w + P_h;$$

де, P_j – сила інерції автомобіля;

P_w – сила опору повітря;

P_h – сила опору підйому;

P_f – сила опору кочення.

Якщо умовно прийняти, що автомобіль рухається по горизонтальній ділянці дороги, то значенням сили опору підйому можна знехтувати. Таким чином на транспортний засіб діятиме лише сила опору кочення та сила опору повітря.

Сила опору повітря визначається за формулою:

$$P_w = B \cdot H \cdot k_w \cdot v^2$$

де $B = \text{const}$ – колія транспортного засобу;

$H = \text{const}$ – максимальна висота транспортного засобу;

$k_w = \text{const}$ – коефіцієнт обтічності транспортного засобу;

v^2 – швидкість руху транспортного засобу.

При цьому не враховується швидкість вітру, під час руху автомобіля, оскільки умовно можна прийняти, що швидкість на напрям руху вітру змінюється, тому сумарна величина дотичних векторів швидкості вітру буде рівна 0.

Силу опору кочення можна визначити використавши наступну залежність:

$$P_f = G_a \cdot f \cdot v$$

де $G_a = \text{const}$ – вага автомобіля;

$f = \text{const}$ – коефіцієнт опору кочення автомобіля.

Нижче на графіках (рис.1) зображено залежність зміни сил опору кочення та опору повітря при зміні швидкості від 60 км/год до 0.

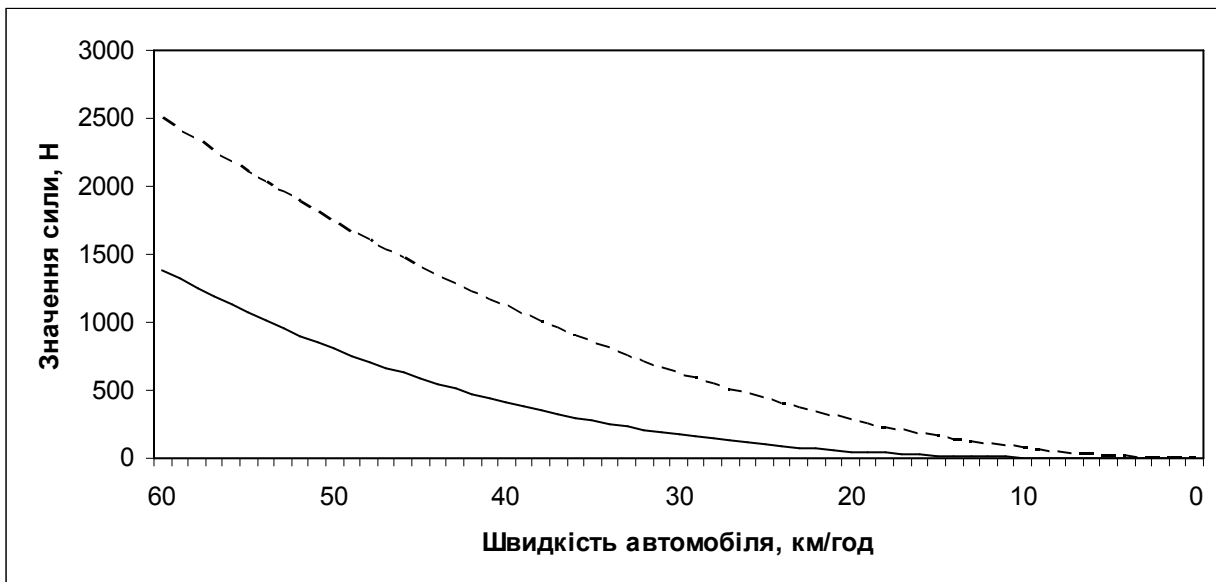


Рис. 1 – Графік зміни сил опору кочення та опору повітря в залежності від зміни швидкості. Умовні позначення:

— - сила опору кочення;

- - - - сила опору повітря.

Примітка: числові значення являються умовними величинами.

Як відомо з метою визначення кількості енергії, необхідної для подолання сил опору кочення та опору повітря, необхідно значення сил помножити на швидкість автомобіля, при цьому характер кривих, зображених на графіку суттєво не зміниться.

Для визначення кінетичної енергії автомобіля, який рухається за інерцією з вимкнутим зчепленням допустимо скористатися залежністю, відомою з курсу фізики:

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Скориставшись вище приведеними залежностями можна побудувати залежність кінетичної енергії автомобіля, який рухається за інерцією з вимкнутим зчепленням від його швидкості руху, яка приведена нижче (рис.2).

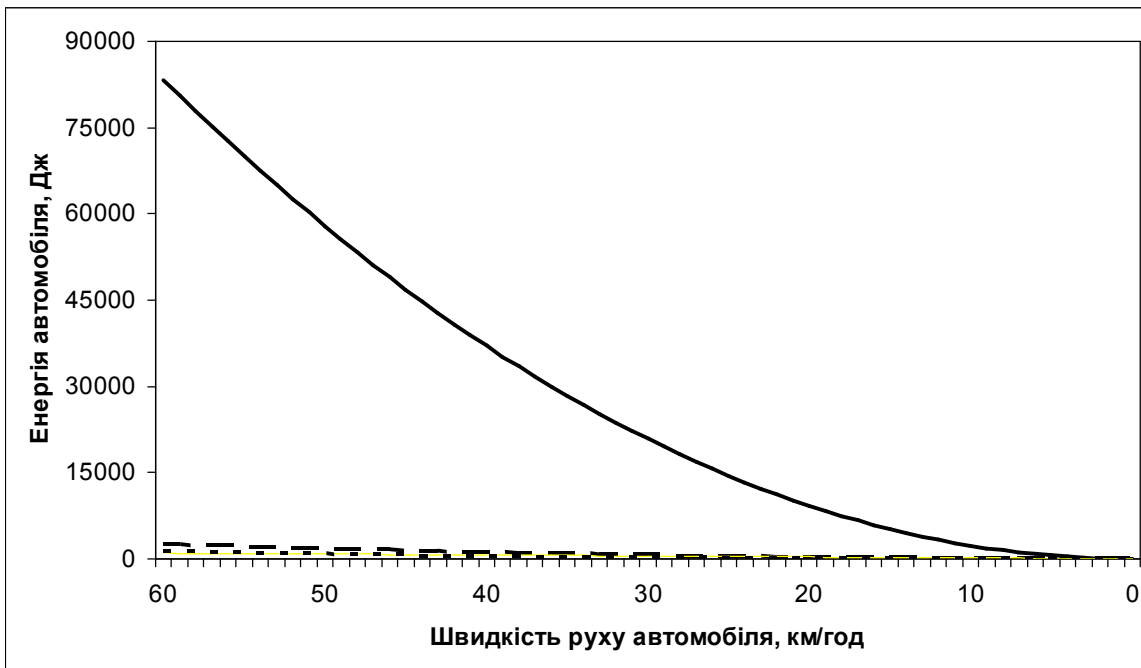


Рис. 2 – Графік зміни енергії транспортного засобу, який рухається за інерцією з вимкнутим зчепленням від його швидкості руху, з врахуванням енергії необхідної для подолання опору кочення та опору повітря в залежності від зміни швидкості.

Умовні позначення: _____ - енергія автомобіля, який рухається за інерцією з вимкнутим зчепленням сила опору кочення; _____ - енергія, необхідна для подолання опору кочення; _____ - енергія, необхідна для подолання сили опору повітря.

Примітка: числові значення являються умовними величинами.

Таким чином, як видно з графіка частина енергії, яка витрачається транспортним засобом на подолання опору кочення та опору повітря є досить незначною. Уся інша енергія спрямовується на подолання внутрішнього тертя та власне за рахунок неї забезпечується величина шляху вибігу автомобіля.

Як уже зазначалося при побудові графіка не враховано сили опору підйому. Однак при русі автомобіля на підйом шлях його вибігу буде меншим, а під час руху транспортного засобу на спуск, зазначений шлях відповідно збільшиться.

Висновки. Таким чином провівши аналіз сил, діючих на автомобіль під час його руху за інерцією з вимкненим зчепленням можна застосовувати рекуперацію енергії, однак при цьому необхідно встановити певні обмеження, а саме:

- обмежити рекуперацію енергії при вказаному режимі руху до швидкості приблизно 15...10 км/год, це зумовлено вирівнюванням величин сил опору та сил, необхідних для забезпечення рекуперації енергії;

- у випадку застосування послідовно-паралельної або паралельної компоновальної схеми автомобіля [2] забезпечити відключення трансмісії двигуна внутрішнього згорання, з тим, щоб до зменшити внутрішні втрати енергії;

- даний аналіз проведений для гібридного автомобіля, у якого в якості джерел накопичення енергії застосовано суперконденсатори, які можуть досить швидко накопичувати енергію, отриману під час рекуперації, при застосуванні інших джерел накопичення енергії необхідно провести додаткові дослідження, пов'язані з можливістю збереження рекуперованої енергії.

1. Теория автомобиля / [Н.В. Диваков, Н.А. Яковлев]. — М. : «Высшая школа», 1962. - 302 с.
2. Разработка и обоснование выбора компоновочной схемы гибридной силовой установки городского автобуса / [Дитковский Р.С., Шевчук В.П.]. – Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия, 2011 г., Материалы III общероссийской студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум».
3. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие для механических специальностей вузов / [В. В. Иванов, В. А. Иларионов, М. М. Морин]. — М. : «Высшая школа», 1970. — 224 с.