

УДК 62

Ісип М.О.¹, Семененко Р.Ю.¹, Гончаров С.²¹ – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна² – Компанія «Delfast», м. Київ, Україна

Розрахунок потужності електродвигуна та ємності акумуляторної батареї електроприводу електровелосипеда.

Вступ. Електровелосипед – це практичний, корисний для здоров'я, екологічний та по-особливому зручний двоколісний транспортний засіб. Він представляє собою звичайний велосипед, який удосконалений деякими електротехнічними пристроями. Перевагами такого транспорту серед інших є гібридність, що означає вдале поєднання електродвигуна з людською силою, відсутність шкідливих викидів, а також величезна різниця у вартості енергії, необхідної для руху. Це, та ще кілька факторів призвели до стрімкого розвитку і поширення електровелосипедів у наш час. Так, спільною ініціативою НТУУ «Київський Політехнічний Інститут ім. І. Сікорського» та українською компанією «Delfast», яка займається виготовленням електровелосипедів, було створено R&D центр для розробки високотехнологічного вантажного електровелосипеда. В даній статті описаний метод розрахунку потужності електродвигуна та ємності акумуляторної батареї вантажного електровелосипеда, що розробляється.

127

Матеріали дослідження. Одним з найголовніших завдань у розробці системи електроприводу вантажного електровелосипеда є забезпечення потрібної дальності поїздки на ньому. В завданні, яке було сформоване членами гуртка відповідальними за вирішення цього питання, було задано, що електровелосипед має проїжджати 100 км з використанням електродвигунної тяги. Тож, постало конкретне завдання – як вибрати потрібний двигун та ємність акумуляторної батареї?

Для того, щоб розрахувати необхідну потужність електродвигуна для вантажного електровелосипеда, що розробляється, треба спочатку зрозуміти деякі фізичні процеси. По-перше, треба врахувати, що для руху

електровелосипеда використовується людська сила в поєднанні з тягою електродвигуна. По-друге, зрозуміло, що такий транспортний засіб не має якогось конкретного порядку руху. Звідси можна зробити висновок, що для розрахунку потужності електроприводу можна використати фізичні залежності (1), (2) і (3), які дозволяють описати рух електровелосипеда з постійною швидкістю на потрібну бажану відстань[1]. Це формули 1, 2 і 3. F_{tr} – це сила тертя, F_c – сила опору повітря, F_t – сила тяги, яка достатня для надання руху електровелосипеду.

$$F_{tr} = \mu \cdot m \cdot g; \quad (1)$$

$$F_c = C_x \cdot S \cdot \rho \cdot \left(\frac{v^2}{2}\right); \quad (2)$$

$$F_t = F_{tr} + F_c, \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт тертя ($\mu = 0,0035$ при взаємодії резини з асфальтом);

m – повна маса електровелосипеда з вантажем і водієм;

g – прискорення вільного падіння ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

C_x – коефіцієнт лобового опору або коефіцієнт обтічності;

S – лобова площа в м^2 ;

ρ – густина повітря ($\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$);

v – середня швидкість руху електровелосипеда (м/с).

Бажана середня швидкість руху електровелосипеда згідно завдання дорівнює 35 км/год або приблизно 9,72 (м/с).

Коефіцієнт обтічності визначається експериментально шляхом обдування моделі в аеродинамічній трубі [2]. Оскільки розрахунок проводиться на етапі розробки, то це число вибрано приблизно, враховуючи значення цього коефіцієнту вже для існуючих велосипедів. Тому, беручи до уваги високу посадку водія, а також візуальні особливості електровелосипеда, було вирішено прийняти це число рівним $C_x = 1,1$.

Площу лобової поверхні знайти також досить складно. Тому прийняли, що це значення буде обраховано за залежністю:

$$S = 0,4 \cdot w \cdot h,$$

де w і h відповідно ширина і висота електровелосипеда в метрах.

Так було визначено, що площа лобової поверхні дорівнює $0,48 \text{ м}^2$.

Потужність P , яка необхідна для подолання гальмуючих сил, знаходиться

за формулою:

$$P = Ft \cdot v$$

Враховуючи середнє значення ККД ($\eta \geq 0,8$) електродвигунів, які використовуються у даній сфері (мотор-колеса), розраховується значення потрібної номінальної потужності електродвигуна за такою залежністю:

$$P_n = \frac{P}{\eta}$$

Отримавши значення номінальної потужності, можна порахувати значення ємності акумуляторної батареї, яка необхідна для подолання заданої відстані 100 км. Для цього використаємо залежність:

$$Q = P_n \cdot \frac{l}{v},$$

де l – задана дальність поїздки електровелосипеду в метрах.

Однак, треба розуміти, що в якості автономного джерела енергії буде використовуватися акумуляторна батарея з літій-іонних елементів живлення. Відомо, що для довгочасної роботи такої батареї, треба обмежити заряджання до 80-90%, а розряджання до 10-20%. Тобто, використовувана ємність дорівнюватиме приблизно 80% від повної:

$$Q = 0.8 \cdot Q_n$$

Для швидкого виконання розрахунків використано програму MATLAB, адже обчислювальні можливості цього середовища досить високі. Окрім цього, в ній можна створити користувацьку функцію, яка буде виконувати всі розрахунки самостійно, достатньо лише змінювати досліджувані параметри. Додатковою перевагою є можливість використання інтерактивного середовища Simulink, в якому за бажанням чи за потребою можна змоделювати та проаналізувати систему досліджуваного електропривода електровелосипеда.

Після підстановки потрібних бажаних та розрахованих раніше параметрів у створену спеціально функцію, командне вікно програми має вигляд, представлений на рис. 1.

З виконаних розрахунків видно, що потужність електроприводу має бути 538 Вт, а ємність акумуляторної батареї 32А*год для того, щоб на даному вантажному електровелосипеді водій міг проїхати з використанням електродвигунної тяги відстань 100 км зі швидкістю 35 км/год.

```

Знаходження потрібних значень потужності електродвигуна
і ємності акумуляторної батареї.
Параметри функції та їх значення:
l = 100 - дальність поїздки в км;
v = 35 - середня швидкість в км/год;
Mvel = 30 - маса електровелосипеда;
Mper = 85 - маса водія;
Mvant = 50 - маса вантажа;
w = 0.8 - ширина електровелосипеда;
h = 1.8 - висота електровелосипеда з водієм.
-----Результат-----
Сила тертя Ftr=6 Н
Сила спротиву повітря Fc=39 Н
Сила тяги Ft=Ftr+Fc=44 Н - сила, необхідна для подолання сил спротиву.

Повна маса m=Mvel+Mper+Mvant=165 кг

Потужність при l=100 км і v=35 км/год дорівнює P=538 Вт.
Ємність при l=100 км і v=35 км/год дорівнює Q=1538 Вт*год
або Q=32 А*год.

```

Рисунок 1 – Фрагмент математичної моделі розрахунку величин потужності електродвигуна та ємності акумуляторної батареї в MATLAB

Висновки. В даній статті розраховано значення потужності електроприводу та ємності акумуляторної батареї, які необхідні для реалізації такої важливої характеристики створюваного вантажного електровелосипеду як дальність поїздки. Це було досягнуто завдяки розумінню елементарних законів динаміки руху, використанню знань з теорії електроприводу простої електромеханічної системи та обчислювальним можливостям програми MATLAB. Наступним кроком розробки електроприводу є вибір відповідного електродвигуна та акумуляторної батареї на ринку, а згодом і перевірка їх на відповідність заданим на початку параметрам.

Список використаних джерел:

1. Попович М. Г. Теорія електропривода: підручник. Київ. Вища школа, 1993. -494 с.
2. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підручник. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008.—318 с.