

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА МАЛОГАБАРИТНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Христонько Х.В., магістрантка, Ковбаса С.М., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Вплив автомобіля з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) на навколишнє середовище є дуже різноманітним. В процесі експлуатації автомобіль викидає в атмосферу багато шкідливих речовин, що призводить до загазованості повітря та до погіршення стану навколишнього середовища. Також використання даних двигунів не є оптимальним, оскільки вони мають такі недоліки, а саме: низький ККД, дороговизна палива, висока вартість обслуговування. Електромобіль повністю безпечний для екології. Він не створює сильного шумового забруднення, на відміну від традиційних авто. Також перевагою є те, що сьогодні електроенергія в Україні дешевша за усі види палива.

Тому на сучасному етапі розвитку автомобілебудування доцільно розробляти автомобілі в яких замість двигуна внутрішнього згорання стоїть електродвигун [1].

Мета роботи. Розрахунок зусиль, що діють на автомобіль Таврія ЗАЗ-110206, а також розрахунок потужності та вибір електричного двигуна для електромобіля на його основі.

Матеріали і результати досліджень. Рух транспортного засобу повністю визначається всіма силами, що діють на нього вздовж напрямку його руху. Рис. 1 показує сили, які діють на транспортний засіб, що рухається вгору по схилу [2].

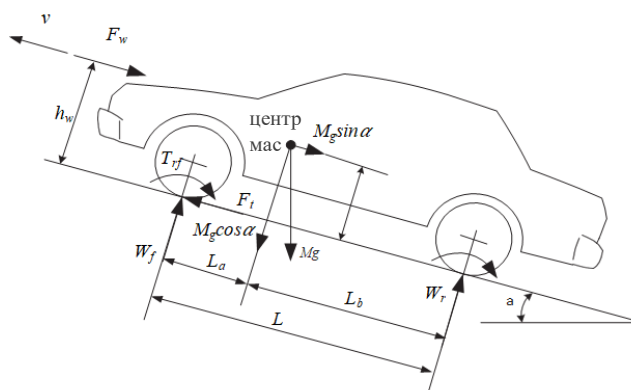


Рисунок 1 – Сили, які діють на транспортний засіб

На рис. 1 позначено: v - швидкість автомобіля, F_w - сила аеродинамічного опору, T_{rf} - момент опору кочення, $Mg \sin \alpha$ - гравітаційна складова сили опору руху, h_w - висота центру застосування сили аеродинамічного опору, F_t - тягове зусилля, α - кут дороги, L - база, W_f - нормальне навантаження на передню вісь.

Основними технічними характеристиками автомобіля Таврія ЗАЗ-110206 для розрахунку зусиль є: повна маса $m = 1127$ кг, радіус колеса $r = 0.1651$ м, передатне число редуктора $i = 1.294$, площа лобової поверхні автомобіля $A_f = 2.51$ м². Першим кроком вибрано траєкторію переміщення автомобіля

(рис. 2), яка відповідає руху у міському циклі. За час тривалістю 1500 с (25 хв) автомобіль долає відстань 16000 м (16 км), максимальна швидкість на деяких ділянках становить 80 км/год (22,2 м/с).

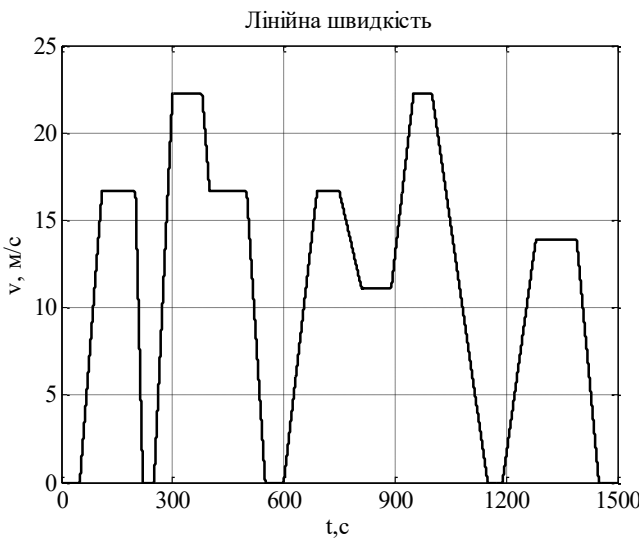


Рисунок 2 – Міський цикл водіння

Для розрахунку сили аеродинамічного опору використовують наступну формулу [2]:

$$F_w = \frac{\rho C_D A_f v^2}{2}, \quad (1)$$

де ρ - щільність повітря (1,29 кг/м³ при нормальних умовах), $C_D=0.4$ - аеродинамічний коефіцієнт опору (вибирається відповідно по типу кузова) [3], A_f - площа лобової поверхні автомобіля, v - швидкість автомобіля, м/с.

Для прикладу нижче наведено розрахунок сили аеродинамічного опору при максимальній швидкості руху 80 км/год або 22,2 м/с.

$$F_w = \frac{\rho C_D A_f v^2}{2} = \frac{1.29 \cdot 0.4 \cdot 2.51 \cdot 22.2^2}{2} = 319.15 \text{ Нм}, \quad (2)$$

При визначенні тягового зусилля F_t , яке має розвивати колесо при русі, було враховано тертя кочення та аеродинамічний опір. Відповідно формула розрахунку тягового зусилля має наступний вигляд:

$$F_t = mgf + \frac{1}{2} \rho C_D A_f v^2 = 1127 \cdot 9.81 \cdot 0.013 + 319.15 = 463.5 \text{ Нм}, \quad (3)$$

де m - маса автомобіля, a - його прискорення, $f=0.013$ - коефіцієнт опору кочення (вибрано при умові, що автомобіль рухався на бетонній або асфальтовій дорозі) [4].

Графіки аеродинамічного та тягового зусилля в відповідності до траєкторії руху автомобіля зображено на рис. 3.

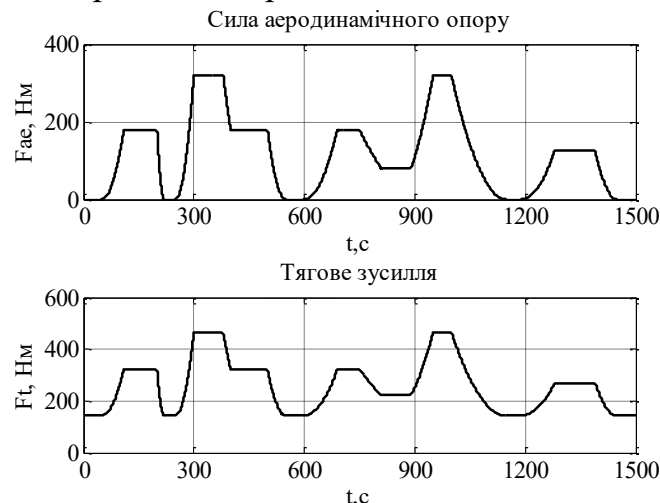


Рисунок 3 – Графік аеродинамічного та тягового зусилля

Момент, який має розвивати електродвигун, визначається за наступним співвідношенням:

$$M_{\partial} = \frac{(F_t + m \cdot a) \cdot r_k}{i}, \quad (4)$$

Еквівалентний момент двигуна визначається за формулою:

$$M_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T M_{\partial}^2(t) dt}, \quad (5)$$

де $T = 1500$ с - час руху автомобіля.

Еквівалентний момент двигуна було розраховано в середовищі MATLAB за допомогою функції «trapz». Розраховане значення еквівалентного моменту двигуна має наступне значення: $M_{ekv} = 14.43$ Нм.

При цьому максимальна швидкість обертання двигуна:

$$\omega_{max} = \frac{v_{max} \cdot i}{r_k} = \frac{22.2 \cdot 1.294}{0.1651} = 173.9 \text{ рад / с} \quad (6)$$

Прийmemo номінальну швидкість двигуна $\omega_{ном} = 150$ рад / с.

Отримавши розраховані значення, знайдемо значення потужності, яку повинен розвивати двигун:

$$P_{dv} = k_z \cdot M_{ekv} \cdot \omega_{ном} = 1.2 \cdot 14.43 \cdot 150 = 2.59 \text{ кВт} \quad (7)$$

де $k_z = 1.1 \div 1.3$ - коефіцієнт запасу. Приймаємо $k_z = 1.2$. Із каталогу [5] електродвигунів виберемо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором моделі 4A100S4У3 потужністю 3 кВт.

Висновок. Проведено розрахунок двох основних зусиль, які діють на транспортний засіб, а також розраховано значення потужності, яку повинен розвивати двигун для забезпечення відпрацювання заданої траєкторії швидкості транспортного засобу. В результаті вибрано двигун моделі 4A100S4У3 потужністю 3 кВт.

Перелік посилань

1. Смирнов О.П. Экологически чистый транспорт – будущее наших городов/ О.П. Смирнов, С.И Клименко, О.Г. Гелашвили // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології», 17-19 листопада 2015 р., ХНАДУ, Харків – С. 29–30.
2. J. Y. Wong, Theory of Ground Vehicles, John Wiley & Sons, New York, 1978.
3. J. Lu, H. Hammoud, T. Clark, O. Hofmann, M. Lakehal-Ayat, S. Farmer, J. Shomsky, and R. Schaefer, A System for Autonomous Braking of a Vehicle Following Collision. No. 2017-01581. SAE Technical Paper, 2017.
4. X.-T. Nguyen, V.-D. Tran, and N.-D. Hoang, An investigation on the dynamic response of cable stayed bridge with consideration of three-axle vehicle braking effects. Journal of Computational Engineering 2017, 2017: 4584657:1–4584657:13.
5. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А90 А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е.А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с., ил.