

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕКВІВАЛЕНТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ВІД ПРОФІЛЮ ДОРОГИ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Запропоновано результати дослідження та моделювання впливу профілю дороги на момент та потужність електродвигуна тролейбуса, що дозволить точніше обрати тяговий двигун.

Ключові слова: еквівалентний момент двигуна, потужність двигуна, профіль дороги, тролейбус.

Abstract

The results of research and modeling of the impact of the road on the moment and power of the electric motor of the trolleybus are offered, which will allow to turn the traction engine more precisely.

Keywords: equivalent engine torque, engine power, road profile, trolleybus.

Вступ

На сьогоднішній день тролейбуси стали невід'ємною частиною міського електротранспорту та функціонують більш ніж в 50 містах України.

Сучасний тролейбус є складним комплексом електричних, пневматичних, електронних і механічних компонентів, які необхідні для забезпечення надійної роботи даного виду міського електротранспорту [1].

Показники якості тягових електромеханічних систем є визначальними в ефективності використання тролейбусного транспорту. Також актуальним питанням сьогодні є відновлення наявного рухомого складу з установкою сучасного економічного електрообладнання [2].

Для отримання більш точних результатів моделювання потрібно враховувати якомога більше факторів, для транспортних засобів це аеродинамічний опір, сила тертя, сила тяжіння та зокрема профіль дороги. В випадку руху транспорту під гору теоретично необхідно прикласти більше зусилля щоб подолати ще і силу тяжіння. В деяких випадках це матиме вагомий вплив на вибір двигуна, наприклад якщо тролейбус буде їздити переважно по гірській місцевості. Це все потрібно враховувати, адже це полегшить вибір двигуна та дозволить в майбутньому не перевантажувати наявний двигун.

Метою роботи є порівняльний аналіз еквівалентного моменту двигуна тролейбуса в різних значеннях профілю дороги.

Результати дослідження

Для дослідження системи маємо наступні параметри ТЗ: повна маса спорядженого тролейбуса $m=18000$ кг; радіус коліс $R=0.5$ м; передатне відношення диференціала $i=10.265$;

Максимальна швидкість завантаженого тролейбуса на горизонтальній прямій ділянці шляху та номінальний напрузі контактної мережі – не менше ніж 55 км/год, час розгону завантаженого тролейбуса на горизонтальній ділянці шляху до швидкості 50 км/год – не більше ніж 22 секунди із максимальним пришвидшенням не більше ніж 1 м/с^2 .

Коефіцієнт тертя кочення коліс по асфальту $f_r=0.012$, Щільність повітряного потоку $\xi=1.225$ (кг/м^3), аеродинамічний коефіцієнт $C_d = 0.7$ Фронтальна площа $A_f = 8.8$ (м^2). Кут з'їзду та виїзду обираємо максимальний для тролейбуса, а саме 7%.

Згідно цих вимог будемо графік швидкості руху тролейбуса (рис.1.), лінійного прискорення, швидкості обертання двигуна та навантажувальна діаграма двигуна які наведено на рис.2. Даний дослід виконано при умові руху тролейбуса по прямій дорозі без спусків та підйомів.

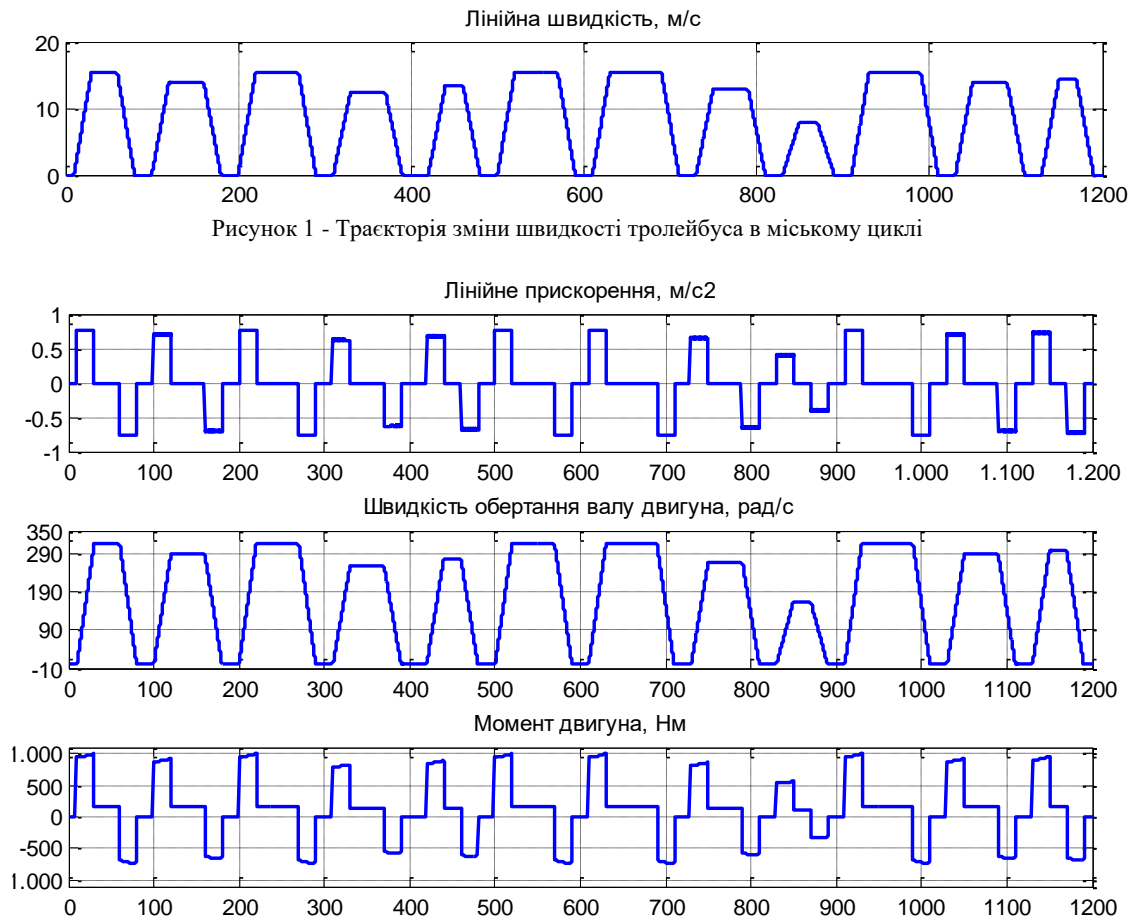


Рисунок 1 - Траєкторія зміни швидкості тролейбуса в міському циклі

Рисунок 2 – Траєкторії лінійного прискорення, швидкості обертання та моменту двигуна

Визначення значення еквівалентного моменту двигуна [3] відбувається шляхом чисельного інтегрування навантажувальної діаграми. Отримаємо:

$$M_e = \sqrt{\frac{1}{T_y} \int_0^{T_y} M^2(t) dt} = 500 \text{ (Н}\cdot\text{м)} \quad (1)$$

Потужність двигуна, що буде задовольняти даний цикл, розраховується за формулою:

$$P_{\text{дв}} = k_3 \cdot M_e \cdot \omega_n = 1.3 \cdot 500 \cdot 314 = 204 \text{ (кВт)} \quad (2)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу. Приймаємо рівним $k_3 = 1.3$, ω_n – номінальна швидкість обертання валу двигуна.

Тепер виконаємо дослідження при умові, що тролейбус буде рухатись під гору з ухилом 7% увесь маршрут. Всі інші умови такі ж як і у попередньому досліді. Момент двигуна зображено на рис.3.

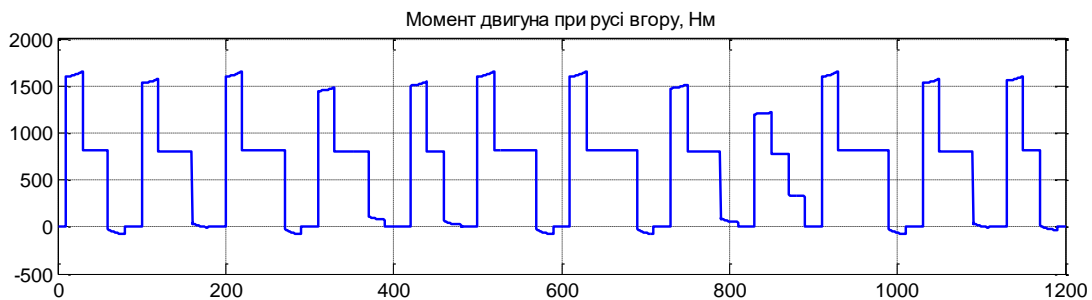


Рисунок 3 – Графік моменту двигуна тролейбуса при русі вгору

Визначення значення еквівалентного моменту двигуна:

$$M_e = \sqrt{\frac{1}{T_y} \int_0^{T_y} M^2(t) dt} = 857 \text{ (Н}\cdot\text{м)} \quad (3)$$

Потужність двигуна, що буде задовольняти даний цикл:

$$P_{\text{дв}} = k_3 \cdot M_e \cdot \omega_n = 1.3 \cdot 857 \cdot 314 = 349.8 \text{ (кВт)} \quad (4)$$

Тепер виконаємо дослідження при умові, що першу половину маршруту тролейбус буде рухатись під гору, а 2 половину з гори. Кут поступово буде підніматись в першій половині маршруту, та опускатись в другій половині маршруту. Всі інші умови такі ж як і у попередньому досліді. Момент двигуна зображено на рис.4.

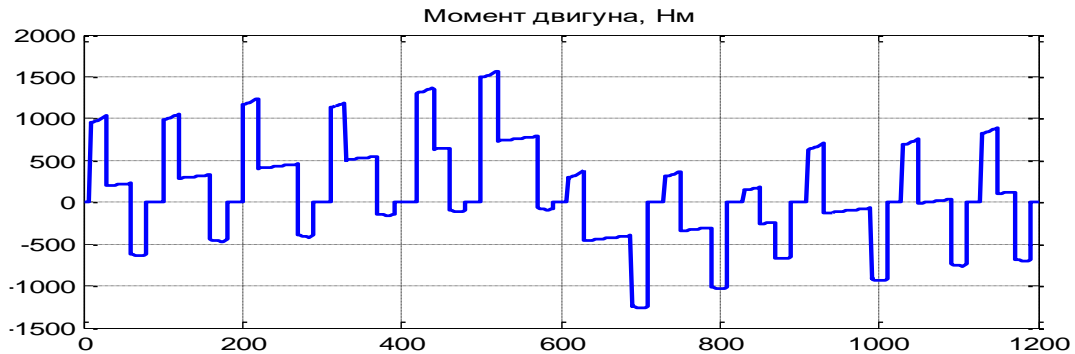


Рисунок 4 – Графік моменту двигуна тролейбусу при русі вгору та згори

Визначення значення еквівалентного моменту двигуна:

$$M_e = \sqrt{\frac{1}{T_y} \int_0^{T_y} M^2(t) dt} = 585 \text{ (Н}\cdot\text{м)} \quad (5)$$

Потужність двигуна, що буде задовольняти даний цикл:

$$P_{\text{дв}} = k_3 \cdot M_e \cdot \omega_n = 1.3 \cdot 585 \cdot 314 = 238.8 \text{ (кВт)} \quad (6)$$

Порівняємо отриманні дані в результаті дослідження впливу профілю дороги на момент та потужність двигуна (табл.1).

Таблиця 1 – Порівняння результатів дослідження

Профіль дороги	Еквівалентний момент, Нм	Середня потужність, кВт
Рівна дорога	500	204
Під гору і згори	585	238.8
Під гору	857	349.8

Висновки

Представлено результати моделювання руху тролейбусу в різних варіантах профілю дороги. З результатів видно, що профіль дороги суттєво впливає на вибір двигуна, адже для подолання сили тяжіння потрібно прикласти більший момент, і відповідно необхідний двигун більшої потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс. Режим доступу: http://eprints.kname.edu.ua/13758/1/263_266_Черны_М.pdf
2. Ларин О.Н. Организация пассажирских перевозок: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
3. Теорія електропривода: Підручник / М. Г. Попович. – К.: Вища шк., 1993. – 494 с.

Гуцул Олег Олександрович — студент групи ЕП-01мн, факультет електроенерготехніки та автоматики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, e-mail: olegguthul@gmail.com

Науковий керівник: **Ковбаса Сергій Миколайович** — д-р техн. наук, доцент, завідувач кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ.

Hutsul Oleh O. – Department of Electrical Engineering and Automation, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, e-mail: olegguthul@gmail.com

Scientific adviser: **Kovbasa Serhiy M.** – Dr. Sc. (Eng.), Docent, Head of the Chair of Automation of Electromechanical Systems and Electric Drive, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv.