

# РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОБУСУ НА ОСНОВІ ТИПОВОГО МАРШРУТНОГО ЦИКЛУ

Єрмоєнко Є.І., магістрант, Ковбаса С.М., к.т.н., доц.

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

**Вступ.** На даний час існує стійка тенденція розвитку електричного транспорту. Це зумовлено прагненням розвинутих країн покращити екологічну обстановку за рахунок усунення надмірних викидів вуглекислого газу в повітря, які створює традиційний транспорт з двигунами внутрішнього згорання. Додатковим стимулюючим фактором є суттєве зменшення собівартості пасажирських перевезень, що є привабливим для транспортних підприємств. Разом з тим, вартість повністю електричного автобуса на сьогодні є дуже високою, в основному внаслідок дорогих акумуляторних батарей (АКБ). Тому вірний розрахунок потужності АКБ є важливим не тільки з технічної точки зору, але й визначає економічні показники транспортного засобу, зокрема термін його окупності.

**Мета.** Розрахувати потужність акумуляторної батареї для 12-метрового повністю електричного автобуса, що працює в міській місцевості.

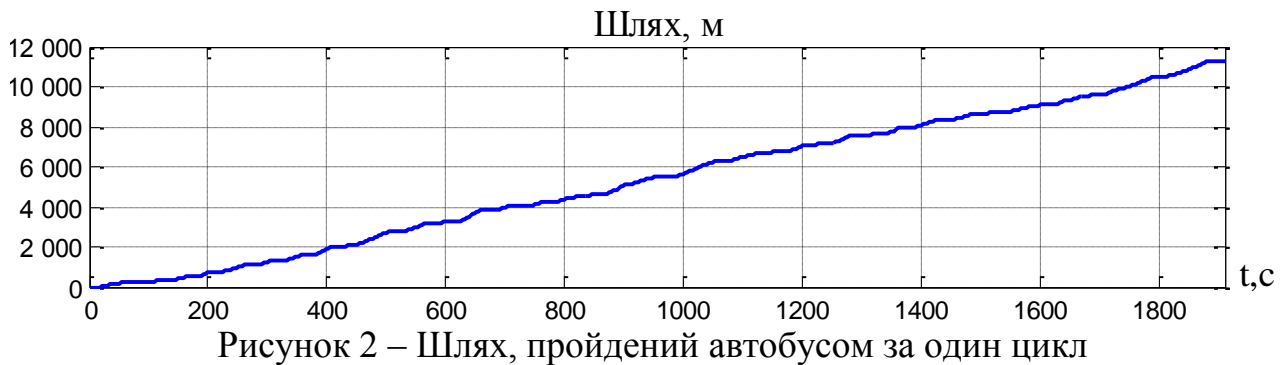
**Матеріали і результати досліджень.** Для розрахунку потужності акумуляторної батареї розглянемо типовий 12 метровий автобус, виробництва корпорації «Богдан» [1], основні параметри якого наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Максимальна маса автобуса $m$ , кг	18500
Коефіцієнт тертя кочення коліс по асфальту $f_r$	0.012
Щільність повітряного потоку $\zeta$	1.225
Аеродинамічний коефіцієнт $C_w$	0.8
Фронтальна площа $A_f$ , м <sup>2</sup>	7.77

Розрахунок ведеться на основі експериментально знятого графіку швидкості транспорту по міському маршрутному циклу [2]. Графіки швидкості по маршруту та шляху, який він проходить при цьому, зображені на рисунках 1, 2.

Середньостатистичний міський автобус за зміну долає відстань 300 км, тому для розрахунку повної потужності батареї будемо вважати, що цикл, зображений на рис. 1 повториться 27 разів.



Енергія, що витрачається при русі автобуса, складається з втрат при перетворенні електричної енергії в кінетичну і навпаки, а також втрат на тертя та аеродинамічний опір. Звідси необхідна енергія акумуляторної батареї розраховуватиметься наступним чином

$$W_{\text{акум.бат}} = W_{\text{тертя}} + W_{\text{ел}} \quad (1)$$

де  $W_{\text{тертя}}$  – енергія втрат, зумовлена силами тертя та аеродинамічним опором;  $W_{\text{ел}}$  – втрати в електричному обладнанні та трансмісії. Скориставшись формулою для розрахунку потужності [3], запишемо

$$W_{\text{тертя}} = \frac{1}{T} \int_0^T \left( mgf_r + \frac{1}{2} \xi C_w A_f V^2 \right) \cdot V dt, \quad (2)$$

де  $T = 1909$  с — кінцевий час маршрутного циклу;  $g = 9.81$  – прискорення вільного падіння.

При перетворенні електричної енергії батареї в кінетичну енергію її шлях пролягає через перетворювач, електричний двигун та редуктор. Прийемо, що ККД інвертора  $\eta_{\text{інв}} = 0,97$ ; ККД двигуна  $\eta_{\text{дв}} = 0,93$ ; ККД редуктора  $\eta_{\text{ред}} = 0,98$ . Отже, сумарний ККД становить  $\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{інв}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 0,97 \cdot 0,93 \cdot 0,98 = 0,88$ . Тоді енергія, що втрачається при перетворенні з електричної в кінетичну математично запишеться так

$$W_{\text{ел}} = (1 - \eta_{\Sigma}) \cdot \frac{1}{T} \int_0^T m \frac{dV}{dt} \cdot V dt \quad (3)$$

Підставивши відомі коефіцієнти та розрахувавши інтеграли (2) та (3), знайдемо необхідний запас енергії акумуляторної батареї на 300 км шляху.

$$W_{300} = \frac{W_{\text{аккумулятор}} \cdot 300}{S} = 1135,8 \text{ МДж} \quad (4)$$

де  $W_{\text{аккумулятор}} = 41,6 \text{ МДж}$  — для маршрутного циклу в  $S = 11,12 \text{ км}$

Отже заряд, необхідний для подолання маршруту в 300 км для даного автобуса, при умові, що постійна напруга акумуляторної батареї  $U_{dc} = 540 \text{ В}$ , становить

$$Ih = \frac{W_{300}}{3600 \cdot U_{dc}} = \frac{1135,8 \cdot 10^6}{3600 \cdot 540} = 584,28 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (5)$$

Виберемо для практичної реалізації елемент типу L135F72, параметри якої наведені в [4]. Для досягнення необхідних параметрів акумуляторної батареї необхідно з'єднати 169 елементів послідовно та 8 гілок по 169 елементів паралельно. Загальна кількість елементів становитиме  $169 \cdot 8 = 1352$ , при цьому загальна маса та об'єм становитимуть 2596 кг та  $1,14 \text{ м}^3$  відповідно, а орієнтована ціна — 120000 \$.

**Висновки.** Представлено методику розрахунку ємності акумуляторної батареї електробусу, яка дозволяє розраховувати потужність акумуляторної батареї на основі міського маршрутного циклу автобуса із заданими параметрами. На прикладі повноцінного дванадцятиметрового автобуса «Богдан» показано, що для забезпечення пробігу в 300 км необхідно встановити батарею потужністю 576 А·год, вартість якої складе близько 120000 \$.

#### Перелік посилань

1. C. N. Patil, K.S. Shashishekar, A. K. Balasubramanian, and S. V. Subbaramaiah, "Aerodynamic Study and Drag Coefficient Optimization of Passenger Vehicle", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 1, Issue 7, September-2012.
2. M. Eshani, Y. Gao, and A. Emadi, *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*, CRC Press, 2009.
3. *Design and Control of the Induction Motor Propulsion of an Electric Vehicle*. B. Tabbache, A. Kheloui and M.E.H. Benbouzid, 2010.