

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЄМНОСТІ ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ДЛЯ ГІБРИДНОГО АВТОБУСА МАЛОГО КЛАСУ

Для переобладнання в гібридний варіант нами обраний автобус малого класу Богдан А069.21. Для подальшого розрахунку параметрів гібридної силової установки приймемо наступне: повна маса автобусу з пасажирами складає 6700 кг; протяжність маршруту досягає 5 км; пункти заряду на кінцевих зупинках; час стоянки на кінцевих зупинках складає приблизно 0,5 год; рух автобусу по маршруту буде проходити переважно у режимі «тільки електрика»; максимальна швидкість у режимі «тільки електрика» складає 40 км/год.

Розрахунок енергоемності тягової акумуляторної батареї проводиться тому, що вартість літій-іонних акумуляторних батарей є визначальною серед усіх компонентів. Але кількість застосованих акумуляторних батарей визначає дальність пробігу автобуса на електричній тязі без підзарядки.

Проведемо розрахунок дальності пробігу гібридного автобуса малого класу Богдан А069.21 в режимі «тільки електрика» в залежності від умов руху та кількості використаних акумуляторів LFP090АНА 3.2V/90Ah у блоку тягових акумуляторних батарей.

Для цього проведемо розрахунок питомої енергоемності E_n акумулятора TS-LFP90АНА, який застосовується для живлення тягового електропривода гібридного концепту ЗАЗ Ланос Пікап, Вт·год/кг

$$E_n = \frac{U_{el} \cdot I \cdot t}{m_{TAB}}, \quad (1)$$

де E_n – питома енергоемність акумулятора, Вт·год/кг;

U_{el} – середня напруга на елементі, В;

I – розрядний струм, А;

t – час розряду, год;

m_{TAB} – маса акумуляторної батареї, кг.

Ємність акумулятора, А·год

$$C = I \cdot t. \quad (2)$$

Формула (1) при цьому приймає вигляд (3)

$$E_n = \frac{U_{el} \cdot C}{m_{TAB}}. \quad (3)$$

Якщо розрядний струм прийняти 9 А, то розряд буде продовжуватися 10 год. За проведенням розрахунком питома енергоемність акумулятора TS-LFP90АНА дорівнює 90 Вт·год/кг.

Споживання електричної енергії гібридним транспортним засобом, рух якого відбувається у режимі «тільки електрика», залежить від умов руху. У таблиці 1 наведені залежності питомого споживання енергії від умов руху транспортного засобу в режимі «тільки електрика».

Таблиця 1 – Залежність питомого споживання енергії від умов руху транспортного засобу в режимі «тільки електрика»

Питоме споживання енергії K_E , Вт·год/кг·км	Умови руху
від 0,10 до 0,15	Легкі умови. Рух з усталеною швидкістю від 20 км/год до 50 км/год
від 0,15 до 0,20	Середні умови, нормальний міський рух. Рух з усталеною швидкістю від 50 км/год до 80 км/год
від 0,20 до 0,25	Складні умови. Більше 10 зупинок протягом 1 км. Рух з усталеною швидкістю більше 80 км/год

Таким чином, пробіг гібридного автобуса в режимі «тільки електрика» може відрізнятись у 2,4 рази в залежності від режиму руху, маси автомобіля, вантажу та пасажирів, швидкості автомобіля, дорожніх умов, стилю водіння та складності руху: інтенсивності та кількості циклів гальмування-зупинка-розгін, динамічності зрушення з міста, інтенсивності натискання на електрону педаль акселератора та педаль гальмування, стану покриття, наявності підйомів або спусків, тощо.

Прийmemo, що рух автобуса по маршруту має складні умови ($K_E = 0,2$ Вт·год/кг·км), тому що протягом 1 км на маршруті може бути декілька світлофорів та зупинок.

Розрахунок пробігу гібридного автобуса S_e в режимі «тільки електрика» проведемо за формулою, км

$$S_e = \frac{E_n \cdot n \cdot m_{TAB} \cdot k}{K_E \cdot (m_{ABT} + n \cdot m_{TAB})}, \quad (4)$$

де n – кількість акумуляторних батарей, шт.;

K_E – питома споживання енергії автобуса, Вт·год/(кг·км). Приймемо $K_E = 0,2$ Вт·год/кг·км;

m_{ABT} – споряджена маса автобуса, кг. Приймемо згідно технічним характеристиками автобуса $m_{ABT} = 6700$ кг;

k – коефіцієнт використання ємності акумуляторів, що враховує, яку частину енергії, можна реально використовувати при заряді/розряді, k може приймати значення від 0,5 (для свинцево-кислотних акумуляторів) до 0,95 (для

літій-іоних). Для літій-залізо-фосфатних акумуляторів типа LFP090АНА 3.2V/90Ah приймемо $k=0,9$.

Результати розрахунку пробігу гібридного автобуса у режимі «тільки електрика» в залежності від кількості використаних акумуляторних батарей у гібридній силовій установці зведені до таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку пробігу у режимі «тільки електрика» в залежності від кількості використаних акумуляторних батарей

Кількість акумуляторів, шт.	Енергоємність батарей, кВт·год	Пробіг гібридного автобуса при складних умовах руху, км
20	5,76	3,6
30	8,64	5,5
40	11,52	7,1
50	14,4	8,9
60	17,28	10,6
70	20,16	12,3
80	23,04	14,0
90	25,92	15,7
100	28,8	17,4

Результати розрахунку дальності пробігу S_e гібридного автобуса спорядженою масою 6700 кг на електричній тязі в залежності від умов руху та кількості використаних акумуляторних батарей у блоку живлення показують, що для подолання 5 км у складних умовах руху достатньо застосовувати 30 акумуляторів типа LFP090АНА 3.2V/90Ah. Для подальшого руху можна підключити ДВЗ.

Проведемо розрахунок струму заряду акумуляторів

$$I_3 = \frac{P_3}{n \cdot U_3 \cdot t}, \quad (5)$$

де P_3 – питома енергоємність блоку акумуляторів, Вт·год/кг;

n – кількість використаних акумуляторів, шт.;

U_3 – середня зарядна напруга на елементі, В. Приймемо 4,2 В;

I_3 - зарядний струм, А;

t – час заряду, год.;

Якщо стоянка триває 0,5 год, то струм заряду дорівнює 82 А, що не перевищує 1·С (90 А) акумуляторів типа LFP090АНА 3.2V/90Ah. Тому за час, що дорівнює 0,5 год, може повністю зарядитися тягова акумуляторна батарея, енергії якої буде достатньо для подолання дистанції у 5 км у тяжких умовах руху.