

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ У ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ

¹ Вінницький технічний коледж;

² Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця.

Анотація

В роботі розглядаються порівняльні характеристики параметрів електромобілів та ефективності використання високовольтних сонячних батарей, що можуть бути встановлені на електротранспорті з метою зарядки тягових акумуляторів. Також в роботі наводяться розрахунки ефективності застосування перетворювачів напруг, сонячних батарей, акумуляторних систем.

Ключові слова: електромобіль, високовольтна батарея, сонячна батарея, перетворювачі напруги, ефективність електротранспорту.

Abstract

The paper considers the comparative characteristics of electric vehicles and the efficiency of the use of high-voltage solar panels, which can be installed on Electrosport in order to charge the traction batteries. Also in the work are the calculations of the effectiveness of the application of voltage converters, solar panels, accumulator systems.

Keywords: electric vehicle, high-voltage battery, solar battery, voltage converter, efficiency of electric transport.

Вступ

Електричний транспорт є єдиним видом транспорту, що володіє здатністю часткового відновлення витраченої на тягу енергії шляхом її рекуперації. При раціональних режимах руху транспортних засобів рекуперація в різних системах електротранспорту дозволяє на 30 ... 40% зменшити енергоємність перевізного процесу, проте сучасні технології дозволяють застосовувати відновлювальні джерела енергії, що дозволить під час руху та стоянки отримувати додатково 5 ... 10% [1] заряду батарей. У зв'язку з цим розвиток методів і принципів, що підвищують ефективність використання енергії в системі не автономного електротранспорту є актуальним напрямком наукових досліджень.

Результати дослідження

Одним із засобів електронної мобільності є те, наскільки досконало її можна поєднувати з відновлюваною енергією. Електричними транспортними засоби можна керувати, а зарядні станції можуть живитись електроенергією від систем зарядних станцій. В ідеалі електромобілі заряджаються сонячною енергією безпосередньо від сонячної батареї встановленої на даху. Електричні транспортні засоби помітно ефективніші, ніж звичайні автомобілі з двигунами внутрішнього згорання. Проводяться дослідження для електромобілів в яких використовується перетворення сонячної енергії в електричну. Інфраструктурні ситуації та висока вартість електромобілів робить його менш можливим на теперішній час використання порівняно з іншими автомобілями, хоча електромобілі стрімко завойовують авторинок. Основні переваги, це економія витрат на один кілометр, мінімальні затрати на обслуговування та суттєве збільшення вартості нафтопродуктів, зростання наслідків глобального потепління.

У дослідженні S.Kozlovskiy, Y.Popovskiy [2] проводиться детальний аналіз сучасного ринку електромобільного транспорту різних років випусків, максимальної дальності поїздки, ємності тягових батарей та багато іншого які відображено у таб. 1.

Car	Graduation year	Total miles	Price	Battery status in %	Costs for 100 km. Usd	Maximum distance at one gas station, km.	Time for gas station, hr	Economy. 10 ball scale	Average rating of the past car according to the previous 3 parameters 0-10	sold electric cars, the year
Nissan Leaf-1	2011	98000	10500	75	19	120	6	9	4	45
Nissan Leaf-2	2013	94535	13800	83	25	140	3 or 0,3	10	3	50
Tesla model x	2016	8 678	95000	100	75	450	42 or 4	10	5	3
Smart Fortwo electric drive C451	2014	34 567	13200	93	20	130	6 or 1	9	4	1
Nissan E-NV200	2014	41 587	22500	96	25	160	3 or 0,3	10	5	2
Tesla Model S	2012	8 600	35000	100	45	350	10 or 1	10	6	3
Nissan Leaf SV	2015	16 000	18400	96	25	173	3 or 0,3	10	5	23
Toyota Rav 4 EV	2013	113 000	27700	81	35	220	8	9	4	2
Ford focus electric	2014	41 000	17500	95	25	120	3	9	5	1
Fiat 500e	2014	69 000	13800	89	25	145	3	8	5	5
Renault Zoe	2012	241 000	12500	91	25	130	3	7	4	2
Tesla Model 3	2018	5 000	75000	100	80	440	1	9	6	2
Volkswagen e-Golf	2014	34 000	23500	93	30	160	4	9	5	2
BMW i3	2014	37 000	27800	94	30	150	3	9	6	2
Renault Kangoo	2014	64 000	13200	89	20	140	3	9	5	1
Mitsubishi I miEV	2012	18 000	9500	85	15	125	6	9	5	2
Mitsubishi Outlander PHEV	2015	117 000	26600	81	10	52	3	9	4	2
Renault Fluence	2011	88 000	11600	37	15	67	2	7	5	2
Renault twizy	2014	67 000	7500	88	15	100	6	8	5	2
Kia Soul EV	2014	44 000	19800	97	28	120	3	8	5	2
Hyundai Ioniq	2018	65 000	36 500	100	30	140	3	8	5	1
Chevrolet Bolt	2017	22 000	39 000	92	55	350	3	8	5	1
BMW i8	2018	15 000	67 000	95	10	40	1	8	6	2
Mercedes B-class electric drive	2014	76 000	22 000	87	25	145	3	7	6	2
Volkswagen e-UP	2013	36 000	12 700	94	15	120	1	8	5	2
Citroen C-Zero	2012	12 000	9600	81	30	110	3	8	5	1
Audi E-tron	2017	9 700	49 900	99	25	190	3	8	5	2
Opel Ampera-E	2013	241 000	18 600	89	15	60	3	8	4	2
Citroen E-Mehari	2018	5 790	35 500	90	35	160	3	7	-	3

Таб. 1. Характеристики сучасного ринку електромобілів [2]

Відповідно поля «Maximum distance at one gas station, km.» таб. 1. наводяться дані автомобілей різних років де спостерігається середня дальність поїздки 150 км. на одному заряді. У порівнянні з автомобілями на двигунах внутрішнього згорання де середня дальність поїздки складає 370 км. є у два з половиною рази меншою.

Розробники електромобілів намагаються знайти ефективні рішення для збільшення дистанцій на одному заряді. Удосконалюють мінімізацію електроенергії у двигуні на оди км. за рахунок вибору ефективного електричного двигуна. Впроваджують безступеневі трансмісії щоб зменшити механічні втрати та звести їх до мінімуму. Потужність двигуна в таких системах залежить від акумуляторні батареї. Ефективність роботи електродвигунів набагато вища, ніж з внутрішнім згоранням (макс. 96%).

Одним із варіантів покращення дальності поїздки є впровадження високовольтних систем сонячних батареї у електротранспорт. Фотоелектричні панелі (сонячні батареї) перетворюють сонячну енергію в електричну та передаються до контролера двигуна, а залишки до електричної тягової батареї. На сьогоднішній день ефективність сонячних елементів становить 17-19%, що відповідає 200 Вт./кв.м. Враховуючи площу даху, капоту, багажника електромобіля в середньому можна розмістити сонячних елементів на потужність близько 350 Вт./год.

Для розрахунку витрат електропотужності на км. наведемо розрахунок. На електромобіль діють три сили: F_t -сила тяги двигуна; $F_{тр}$ -сила тертя кочення; F_c -сила опору повітря. Щоб автомобіль міг рухатись повинна виконуватися умова: $F_t > F_{тр} + F_c$.

Знайдемо чому дорівнюють ці сили

$$F_{тр} = \mu * m * g \quad (1)$$

Де, μ - коефіцієнт тертя кочення гума / асфальт (середньо $\mu = 0,02$)

m - маса автомобіля (кг)

g - прискорення падіння ($9,8 \text{ м / с}^2$)

$$F_c = C_x * S * \rho * v^2 / 2 \quad (2)$$

C_x - коефіцієнт опору повітря, для кожного авто він свій можна знайти в гуглі.

S - лобова площа авто (м^2), знаходиться так само як C_x

ρ - щільність повітря ($1,29 \text{ кг / м}^3$ при нормальних умовах)

v - швидкість авто, м / с

Якщо підставимо в першу формулу то отримаємо

$$F_{\text{т}} = \mu * m * g + C_x * S * \rho * v^2 / 2 \quad (3)$$

Ми знайшли силу яка потрібна автомобілю щоб зрушити, але як же знайти потужність двигуна. Є проста формула для обчислення потужності:

$$P = F * v \quad (4)$$

Необхідна потужність залежить від швидкості автомобіля. Підставимо сюди нашу формулу і отримаємо:

$$P_{\text{дв}} = (\mu * m * g + C_x * S * \rho * v^2 / 2) * v \quad (4)$$

Тепер ми можемо підібрати двигун обчисливши потужність

Наприклад візьмемо авто VW Golf і обчислимо яка потужність потрібна для розгону до $40, 60$ і 90 км / год :

$$C_x = 0,34$$

$$S = 2,1 \text{ м}^2$$

$$m = 1300 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,02$$

$$g = 9,8 \text{ м / с}^2$$

$$\rho = 1,29 \text{ кг / м}^3$$

Знайдемо потужність для 40 км / год ($11,11 \text{ м / с}$)

$$P_{\text{дв}} = (0,02 * 1300 * 9,8 + 0,34 * 2,1 * 1,29 * 11,11^2 / 2) * 11,11 = 3462 \text{ Вт} \approx 3,5 \text{ кВт}$$

Для 60 км / год ($16,66 \text{ м / с}$)

$$P_{\text{дв}} = (0,02 * 1300 * 9,8 + 0,34 * 2,1 * 1,29 * 16,66^2 / 2) * 16,66 = 6374 \text{ Вт} \approx 6,4 \text{ кВт}$$

Для 90 км / ч (25 м / с)

$$P_{\text{дв}} = (0,02 * 1300 * 9,8 + 0,34 * 2,1 * 1,29 * 25^2 / 2) * 25 = 13565 \text{ Вт} \approx 13,6 \text{ кВт}$$

Для розуміння ефективності впровадження високовольтних сонячних систем наведемо графік рис.1. Зі збільшенням швидкості потужність зростає непропорційно, якщо ваша швидкість не перевищить 60 км / год , то витрати становитимуть в середньому 7 кВт (з урахуванням його ККД).

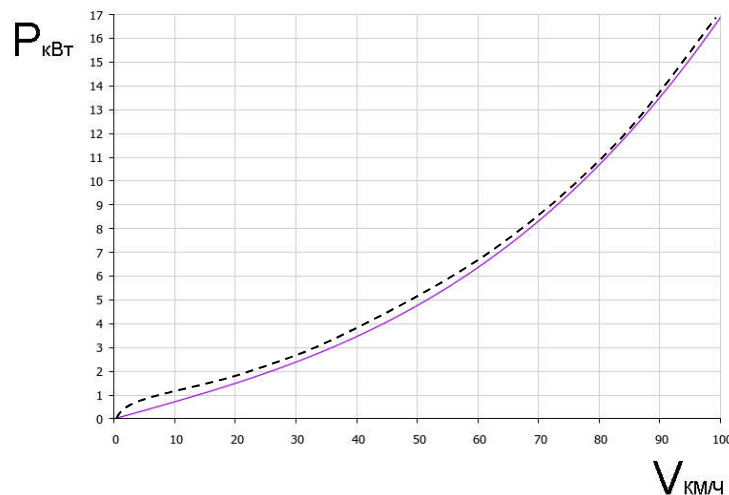


Рис.1. Відповідність швидкості електромобіля до витраченої потужності

Отже встановивши високовольтну сонячну батарею потужністю 350 Вт/г. робочою напругою 450 вольт, енергію якої без втрат ми можемо передати до контролера двигуна та батареї.

На рис.1. пунктирною лінією показано приріст потужності електродвигуна на різних швидкостях при умові сонячного дня.

Другим важливим фактором застосування високовольтних сонячних батарей є заряд тягової батареї під час стоянки електромобіля. Наприклад для електромобіля Nissan leaf з батареєю потужність 24 кВт/г. при умові 10 годинного сонячного дня буде складати:

$$t_3 = p_{ба} / (P_{сб} * T_{сд}) \quad (5)$$
$$t_3 = 24 / (0,35 * 10) = 6,8 \text{ днів}$$

або 3,5 кВт/ день або в середньому 20 км. по місту.

Де, t_3 -час зарядки електромобіля від сонячної батареї

$P_{сб}$ -потужність сонячної батареї

$T_{сд}$ -середня довжина сонячного дня

$p_{ба}$ -потужність батареї електромобіля

Високовольтні батареї для електромобілів побудовані складаються 175 елементів, що мають термін придатності більше 25 років.

Висновки

В своїх дослідженнях ми визначили ефективність впровадження високовольтних сонячних батарей у електротранспорті та навели розрахунки впровадження сонячних батарей середньої потужності. Такі рішення є ефективними, які збільшують ресурс тягових батарей та зменшують час зарядки електромобіля.

Використання сонячної енергетики в електротранспорті дозволяє заощаджувати природні ресурси в період дня, коли піки навантаження на електромережі країни.

Важливим фактором є те, що зарядка акумуляторів малими токами відновлює параметри внутрішнього опору тягових батарей, що для автомобіля є надзвичайно важливим фактором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сопов, В. И. Способы повышения эффективности использования энергии электрического торможения подвижного состава [Электронный ресурс] / В. И. Сопов // Онлайн Электрик: Электроэнергетика. Новые технологии. — 2012. — Режим доступа: \www/URL: <http://www.online-electric.ru/articles.php?id=43>
2. Kozlovskyi.S., Shaulska.L, Butyrskyi.A., Burkina N.,Popovskyi.Y. The marketing strategy for making optimal managerial decisions by means of smart analytics. Scopus. 2019p.
3. M. Takeno, A. Chiba, N. Hoshi, S. Ogasawara, M. Takemoto and MA. Rahman, "Test Results and Torque Improvement of the 50-kW Switched Reluctance Motor Designed for Hybrid Electric Vehicles", IEEE T Ind Appl, Vol. 48, No. 2, pp. 1327-1334, 2012.
4. MS. Cengiz, MS. Mamiş, "Endüstriyel Tesislerde Verimlilik ve Güneş Enerjisi Kullanımı", VI. Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, Sakarya, pp. 21-25, 4-6 Haziran 2015.
5. Cengiz MS, Mamiş MS, (2015). "Solution Offers For Efficiency and Savings in Industrial Plants", Bitlis Eren University Journal of Science Technology, Vol. 5, No. 1, pp. 24-28, July 2015.
6. XD. Xue, KWE. Cheng, JK Lin, Z. Zhang, KF. Luk, TW. Ng, and NC. Cheung, "Optimal Control Method of Motoring Operation for SRM Drives in Electric Vehicles" IEEE T Veh Technol, Vol. 59, No. 3, pp 1191- 1204, 2010.
7. Y. Suita, S. Tadakuma, "Driving Performances of Solar Energy Powered Vehicle with Novel Maximum Power Tracking Control for a Solar Car Rally" IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2006, pp. 1218-1223, 15-17 December 2006.

Микола Олександрович Костюк — завідувач лабораторій, викладач, e-mail: mykola.KostiuK@vtc.vn.ua; Вінницький технічний коледж
Юрій Миколайович Костюк — викладач 1 категорії спеціальних дисциплін. Вінницький технічний коледж
Тарас Юрійович Поповський — студент, фізико-технічний факультет, e-mail: tarkoukr@gmail.com Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця.

M. Kostyuk¹
Y. Kostyuk¹
T. Popovsky²

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF HIGH-VOLTAGE SOLAR SYSTEMS IN ELECTRIC TRANSPORT

¹ Vinnitsa Technical College;

² Vasyi Stus Donetsk National University, Vinnitsa.

Abstract

The paper considers the comparative characteristics of electric vehicles and the efficiency of the use of high-voltage solar panels, which can be installed on Electrosport in order to charge the traction batteries. Also in the work are the calculations of the effectiveness of the application of voltage converters, solar panels, accumulator systems.

Keywords: electric vehicle, high-voltage battery, solar battery, voltage converter, efficiency of electric transport.

Mykola Kostyuk — from The laboratory, teacher, e-mail: mykola.KostiuK@vtc.vn.ua ; Vinnitsa Technical College
Yuriy Kostyuk — is a teacher of 1 category of special disciplines.
Taras Popovsky — student, physical-Technical faculty, e-mail: tarkoukr@gmail.com Donetsk nationalmezhnyi University, Vinnytsya.

М. О. Костюк¹
Ю. Н. Костюк¹
Т. Ю. Поповский²

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЕКТРОТРАНСПОРТЕ

¹ Винницкий технический колледж;

² Донецкий национальный университет имени Василя Стуса, Винница.

Аннотация

В работе рассматриваются сравнительные характеристики параметров электромобилей и эффективности использования высоковольтных солнечных батарей, которые могут быть установлены на электротранспорт с целью зарядки тяговых аккумуляторов. Также в работе приводятся расчеты эффективности применения преобразователей напряжения, солнечных батарей, аккумуляторных систем

Ключевые слова: электромобиль, высоковольтная батарея, солнечная батарея, преобразователи напряжения, эффективность электротранспорта.

Николай Александрович Костюк - заведующий лабораторий, преподаватель, e-mail: mykola.KostiuK@vtc.vn.ua

Винницкий технический колледж

Юрий Николаевич Костюк — преподаватель 1 категории специальных дисциплин.

Винницкий технический колледж

Тарас Юрьевич Поповский - студент, физико-технический факультет, e-mail: tarkoukr@gmail.com

Донецкий национальный университет имени Василя Стуса, Винница.