

УДК 621.3.011.72

В.І.Будько, канд.техн.наук (Національний технічний університет України "КПІ", Київ)

Дослідження режимів паралельної роботи тягових джерел живлення екомобіля

В роботі проведено дослідження та аналіз режимів роботи тягових джерел живлення екомобіля, а саме: дизельного двигуна, що працює на біодизелі, та електроприводу, що працює від акумуляторних батарей, які заряджаються від електрогенератора та від фотоелектричної батареї, встановленої на даху транспортного засобу. Показано ефективність зарядження акумуляторних батарей від фотоелектричної зарядної станції під час простою транспортного засобу, що дозволяє збільшити пробіг екомобіля на електричній тязі.

Ключові слова: акумуляторна батарея, фотоелектрична станція, електромобіль, інтенсивність сонячної радіації, міжзарядний пробіг, стаціонарний заряд.

В работе проведены исследования и анализ режимов работы тяговых источников питания экомобиля, а именно: дизельного двигателя, работающего на биодизеле, и электропривода, работающего от аккумуляторных батарей, которые заряжаются от электрогенератора и от фотоэлектрической батареи, установленной на крыше транспортного средства. Показана эффективность зарядки аккумуляторных батарей от фотоэлектрической зарядной станции во время простоя транспортного средства, что позволяет увеличить пробег экомобиля на электрической тяге.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, фотоэлектрическая станция, электромобиль, интенсивность солнечной радиации, межзарядный пробег, стационарный заряд.

В рамках виконаних наукових робіт із розроблення гібридної системи живлення співробітниками кафедри відновлюваних джерел енергії НТУУ "КПІ" разом з науковцями Інституту відновлюваної енергетики НАН України та Інституту електродинаміки НАН України створено дослідний зразок екомобіля (ЕМ) на базі автомобіля "Соболь-Э" [1]. Разом з цим була розроблена методика випробувань дослідного зразка. Згідно з розробленою методикою були проведені випробування джерела живлення – "акумуляторна батарея (АБ) – фотобатарея (ФБ) – дизельний двигун" при паралельному включенні в різних режимах роботи екомобіля:

- при русі у стандартному міському циклі (SAE j 227);
- при русі з постійною швидкістю різної величини;
- при русі в режимі розвезення (доставлення з тривалими зупинками).

Формалізований підхід до проведення дослідницьких задач для автономного електротранспорту, де найважливішим фактором, що визначає його ефективність, є баланс енергії, витраченої та

отриманої бортовим джерелом, може бути побудований, як відмічено вище, на стандартних середньостатистичних європейських міських їздових циклах SAE j 227, швидкісно-часова діаграма яких наведена на рис. 1, а відповідні характеристичним циклам A – D параметри руху зведено у табл. 1, де V_i – максимальна швидкість, км/год; τ_a – час розгону, с; τ_{cr} – тривалість руху з $V = \text{const}$, с; τ_{co} – тривалість руху накатом, с; τ_b – час гальмування, с; τ_{int} – тривалість стоянки, с; T – загальний час циклу, с; a_i – прискорення у зоні 0 – 1, м/с²; $V_{срi}$ – середня швидкість розгону, м/с.

Таблиця 1. Параметри руху екомобіля

| Параметр | A | B | C | D |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| V_i , км/год | 16 ± 1,5 | 32 ± 1,5 | 48 ± 1,5 | 72 ± 1,5 |
| τ_a , с | 4 ± 1 | 19 ± 1 | 18 ± 2 | 28 ± 2 |
| τ_{cr} , с | 0 | 19 ± 1 | 20 ± 1 | 50 ± 2 |
| τ_{co} , с | 2 ± 1 | 4 ± 1 | 8 ± 1 | 10 ± 1 |
| τ_b , с | 3 ± 1 | 5 ± 1 | 9 ± 1 | 9 ± 1 |
| τ_{int} , с | 30 ± 2 | 25 ± 2 | 25 ± 2 | 25 ± 2 |
| T , с | 39 ± 2 | 72 ± 2 | 80 ± 2 | 122 ± 2 |
| a_i , км/год ² | 1,11 | 0,47 | 0,74 | 0,71 |
| $V_{срi}$, км/год | 2,22 | 4,44 | 6,67 | 10,0 |

Цикл *A* характерний для дрібної розвозки типу обслуговування поштових скриньок. Цикл *B* максимально відповідає перевезенням виробів і товарів до магазинів, торговельних пунктів та організацій. Основний міський цикл руху – *C*, який відповідає централізованим перевезенням або руху в транспортних потоках при наявності світлофорів. Цикл *D* характерний для приміських режимів руху. Таким чином, цикли *A-D* задають найбільш типові режими руху транспортних засобів в умовах міста, а їх швидкісні та часові показники підібрані коректно і цілком відповідають реальній динаміці міського руху. Крім того, формальна фіксація режимних їздових параметрів, з одного боку, дозволяє вирішувати аналітичні задачі, а з другого – без ускладнень провести їздовий експеримент і оцінити схожість теоретичних та практичних результатів.

Як бачимо з діаграми (рис. 1), у кожному з циклів виконується розгін (0–1), рух із постійною швидкістю (1–2), вільний пробіг або накат (2–3), а також гальмування, включаючи й рекуперативне, яке може бути виконане після вільного пробігу по траєкторії (3–5), або минаючи останній по траєкторії (2–5) чи (2–4).

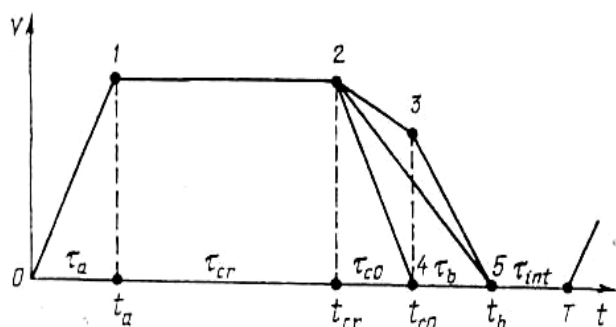


Рис. 1. Діаграма швидкості стандартного циклу SAE j 227.

В таблиці 2 представлені результати випробувань ЕМ, проведені три рази для кожного стандартного циклу, де наведено усереднені показники по циклу.

В таблиці прийняті наступні позначення:

V_{AB} – напруга тягової акумуляторної батареї, номінальне значення – 120 В, ємність – 100 А·год;

$I_{AB, \text{спож}}$ – струм АБ – середній струм споживання від АБ при різних режимах руху екомобіля, А;

$I_{AB, \text{заряд}}$ – загальний струм зарядження АБ, А;

$I_{Г}$ – струм зарядження від генератора, А;

$I_{ФБ}$ – струм зарядження від фотобатареї, А.

Таблиця 2. Результати випробувань екомобіля

| № | Цикл SAE j 227 | $V_{AB},$ В | $I_{AB,}$ спож, А | $I_{AB,}$ заряд, А | $I_{Г},$ А | $I_{ФБ},$ А |
|---|----------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | A | 130 | 70 | 4 | 0 | 4 |
| 2 | A | 130 | 68 | 4 | 0 | 4 |
| 3 | A | 128 | 72 | 4 | 0 | 4 |
| 1 | B | 134 | 91 | 7 | 3 | 4 |
| 2 | B | 133 | 91 | 8 | 4 | 4 |
| 3 | B | 130 | 94 | 7 | 3 | 4 |
| 1 | C | 133 | 102 | 10 | 6 | 4 |
| 2 | C | 130 | 104 | 10 | 7 | 3 |
| 3 | C | 127 | 107 | 10 | 6 | 4 |
| 1 | D | 132 | 121 | 10 | 10 | 0 |
| 2 | D | 134 | 120 | 10 | 10 | 0 |
| 3 | D | 128 | 124 | 10 | 10 | 0 |

Аналіз результатів випробувань показує, що на різних ділянках циклу руху можлива робота (зарядження АБ) від двох джерел енергії (електрогенератора і фотобатареї) як спільна, так і роздільна, залежно від швидкості руху машини, тобто від швидкості обертання валу двигуна внутрішнього згоряння (в даному випадку, без урахування рівня сонячної радіації). Так, для циклів *A* і *B*, де швидкості обертання генератора відносно невеликі, зарядження АБ здійснюється тільки від ФБ. В циклі *C* відбувається зарядження від генератора і ФБ одночасно, а в циклі *D* – тільки від генератора, оскільки на великій швидкості обертання його напруга завжди вище напруги ФБ. При цьому слід зазначити, що АБ, яка встановлена на екомобіль "Соболь-Э", має ємність 100 А·год, тому струм зарядження обмежений величиною 10 А. Номінальна напруга АБ – 120 В.

При русі ЕМ з постійною швидкістю необхідно зазначити наступне:

- при швидкості до 32-35 км/год зарядження АБ здійснюється тільки від ФБ;
- спільне зарядження від двох джерел здійснюється в діапазоні швидкостей 35-40 км/год з різним ступенем від кожного окремо;
- якщо швидкість ЕМ перевищує 40 км/год, то зарядження АБ здійснюється тільки від генератора.

При русі ЕМ, наприклад, у режимі розвезення товарів з тривалими зупинками (що часто має місце на практиці при завантаженні і розвантаженні товарів) зарядження АБ в досить великій

мірі здійснюється тільки від ФБ, що дозволяє економити органічне паливо.

На графіках (рис. 2) показані зони роботи двох джерел екомобіля залежно від швидкості руху машини. Як видно, зона спільної роботи електрогенератора і фотобатарей невелика, однак для кожної швидкісної ділянки робота окремого джерела досить суттєва.

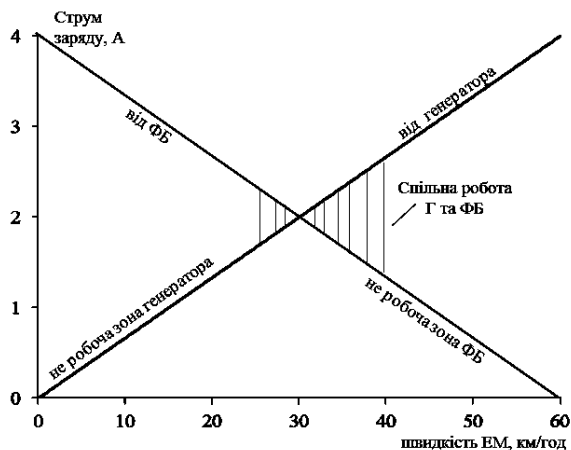


Рис. 2. Зведена залежність роботи двох тягових джерел живлення екомобіля.

Під час проведення випробувань оцінювався також час зарядження від ФБ при різних ступенях заряду АБ. Графіки зарядження показані на рис. 3. Такий режим найбільш імовірний на практиці при стоянці екомобіля з ФБ на борту, при цьому можливе зарядження і від мережі змінної напруги, однак, від ФБ воно більш доцільне (використовується місцеве екологічно чисте і безкоштовне джерело енергії Сонця).

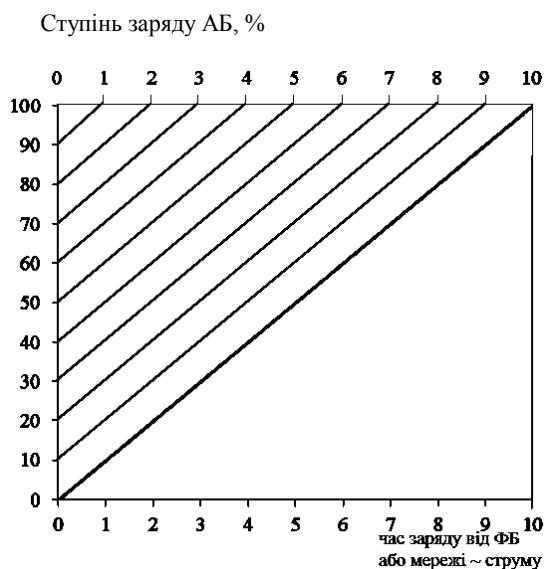


Рис. 3. Залежності заряду тягових АБ екомобіля від фотоелектричної батареї.

В роботі проведено аналіз залежності площі ФБ від величини енергії, спожитої від основного джерела живлення (тягової акумуляторної батареї), за умови її зарядження тільки від ФБ.

Природно, що споживання енергії від АБ значною мірою залежить від маси машини за умови руху з постійною швидкістю.

У роботі [2] показані витрати енергії на кілометр шляху для різних значень маси екомобіля (теоретична і експериментальна графічні залежності), рис. 4.

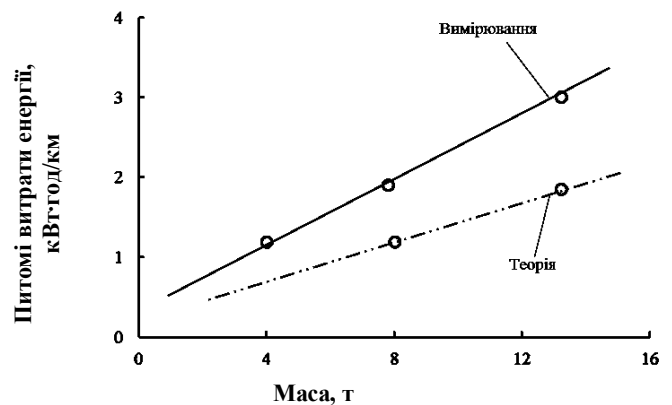


Рис. 4. Залежність питомої витрати енергії від маси екомобіля.

На рис. 5 та рис. 6 показані значення потужності ФБ, необхідної для зарядження тягової АБ екомобілів з різною масою (рис. 5) і час зарядження АБ залежно від величини її енергоємності (маси екомобіля) та потужності ФБ (рис. 6).

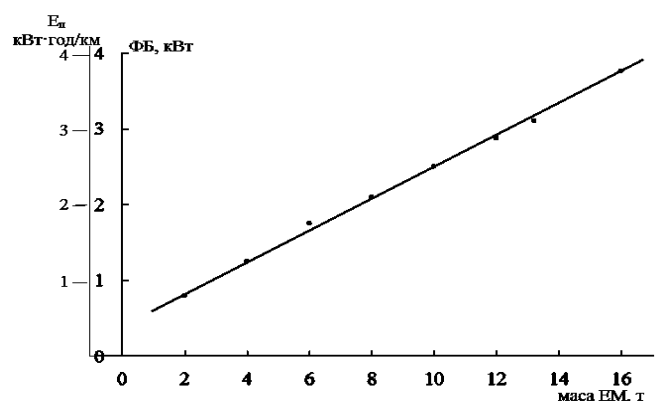


Рис. 5. Залежність витрати енергії АБ на пробіг 1 км від маси екомобіля.

З графіків на рис. 6 видно, що час зарядження АБ нелінійно зменшується зі збільшенням потужності ФБ і, природно, збільшується по мірі зростання маси ЕМ.

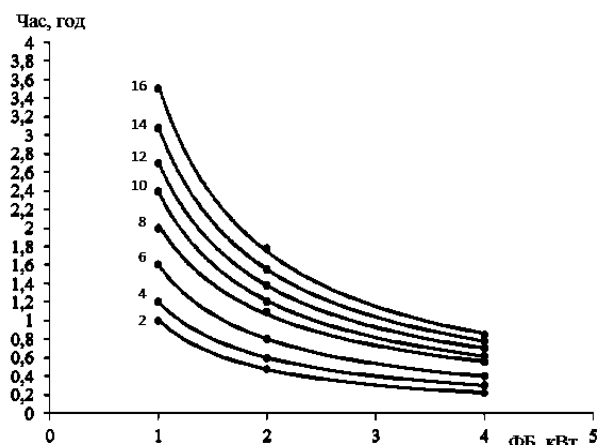


Рис. 6. Залежність тривалості зарядження тягової АБ від потужності фотоелектричної батареї.

Таким чином, можна зробити наступні **висновки**:

1. Як показали випробування і аналіз отриманих даних, у різних режимах роботи екомобіля можливе надходження електричної енергії в тягову АБ як від сумісної роботи ФБ та генератора,

так і окремо від кожного джерела.

2. Зважаючи на те, що потужність ФБ залежить від її площі, очевидно, що не завжди є можливість зарядити АБ лише від фотобатареї, що пояснюється габаритними обмеженнями транспортного засобу.

3. Режим експлуатації екомобіля з частими і тривалими зупинками дозволяє отримати достатню кількість енергії від ФБ для зарядження АБ.

4. Найбільш раціональним є зарядження тягової АБ екомобіля в стаціонарних умовах.

1. Шидловський А.К., Павлов В.Б., Попов А.В., Кудря С.О., Головки В.М., Яндульський О.С., Будицько В.І. "Електромобіль з комбінованою енергоустановкою" – Матеріали ІХ міжнародної конференції "Відновлювана енергетика ХХІ століття", – АР Крим, 2008. – С. 30.

2. Bolger John G. The significance of inductive roadway power systems to dual mode transit. – Hybrid Dual Mode and Track Syst. Elec. Veh. Dev. Group // 4-th Int.Conf., London, Sept. 1981. – P. 167–171.

МІЖНАРОДНИЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ БІЗНЕС-ФОРУМ З ПИТАНЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

VIII МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА - 2015

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ

10-13
листопада



МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР

Україна, Київ, Броварський пр-т, 15

М "Лівобережна"

+38 044 201-11-66, 206-87-86

e-mail: energo@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua, www.tech-expo.com.ua

ОРГАНІЗАТОР:

Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України

СПІВОРГАНІЗАТОР:

Міжнародний виставковий центр

ГАЛУЗЕВИЙ ПАРТНЕР:

Українська Вітроенергетична Асоціація

Технічний партнер: Rent Media