

**В. В. Горенюк**  
**Б. І. Мокін**  
**О. Б. Мокін**

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З МЕТОЮ ОЦІНЮВАННЯ АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Здійснено комп'ютерне моделювання руху електромобіля з асинхронним електроприводом з використанням пакету прикладних програм MATLAB з метою оцінювання адекватності синтезованих авторами моделей для задач оптимізації за критерієм мінімуму електричних витрат. Показано, що результати моделювання підтверджують адекватність цих математичних моделей.

**Ключові слова:** електромобіль, асинхронний електропривод, математична модель, оптимізація, комп'ютерне моделювання, ППП MATLAB, адекватність.

### Abstract

Computer simulation of motion of the electric car with a traction induction motor using the MATLAB was performed to assess the adequacy of the models synthesized by the authors for optimization problems according to the criterion of minimum electrical losses. It is shown that the simulation results confirm the adequacy of these mathematical models.

**Key words:** electric car, traction induction motor, mathematical model, optimization, computer modeling, MATLAB, adequacy.

### Вихідні передумови

В роботі [1] нами отримано систему двох рівнянь -

$$\begin{cases} 2a\sqrt{i^2+1}(1-2\alpha i) - \frac{(a^2+b^2)}{b} \left( C_1 e^{(f_1\tau+2f_2\int v d\tau)} - \frac{C_2}{f_1+2f_2v} \right) = 0, \\ \frac{dv}{d\tau} = \frac{(a^2+b^2)}{2ab} \ln(i + \sqrt{i^2+1}) - f_0 - f_1v - f_2v^2, \end{cases} \quad (1)$$

на розв'язках яких

$$i = i(C_1, C_2, \tau), \quad v = v(C_1, C_2, \tau) \quad (2)$$

досягатиметься мінімум витрат енергії силової акумуляторної батареї електромобіля в умовах дії обмежень:

$$m \frac{dV}{dt} = F_T - k_0 F_G - k_1 V - k_2 V^2, \quad L_t = \int_0^{t_l} V dt. \quad (3)$$

А в роботі [2] нами здійснено ідентифікацію математичних моделей оптимального руху (2) електромобіля з використанням початкових -

$$\left\{ \begin{aligned} i(0) &= i_n, & v(0) &= 0, & \int_0^0 v(\tau) d\tau &= 0 \end{aligned} \right. \quad (4)$$

та граничних -

$$\left\{ \begin{aligned} i(\tau_l) &= 0, \\ v(\tau_l) &= 0, \\ \int_0^{\tau_l} v(\tau) d\tau &= l_i. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

умов, в результаті якої отримано конкретизовану математичку модель оптимальної швидкості  $v_{k+1}$  електромобіля в момент часу  $\tau_{k+1}$  у вигляді -

$$v_{k+1} \approx v_k + \frac{(a^2 + b^2)}{2ab} (\tau_{k+1} - \tau_k) \ln \left( i_k + \sqrt{i_k^2 + 1} \right) - (f_0 + f_1 v_k + f_2 v_k^2) (\tau_{k+1} - \tau_k), \quad (6)$$

Та конкретизовану математичну модель оптимального струму  $i_k(n)$  тягового електродвигуна електромобіля у вигляді -

$$i_k(n) = i_k(n-1) - \frac{C_3}{n} \{ 2a \sqrt{(i_k(n-1))^2 + 1} (1 - 2\alpha i_k(n-1)) - \left. - \left( \frac{a^2 + b^2}{b} \right) \left( C_1^* e^{(f_1 \tau_k + 2f_2 v_k (\tau_{k+1} - \tau_k))} - \frac{C_2^*}{f_1 + 2f_2 v_k} \right) \right\} \quad (7)$$

Оцінювання адекватності цих моделей оптимального руху електромобіля було здійснено шляхом їх моделювання в середовищі MATLAB з використанням його ППП.

Один із отриманих чотирьох варіантів моделювання представлений графічно на рисунку 1.

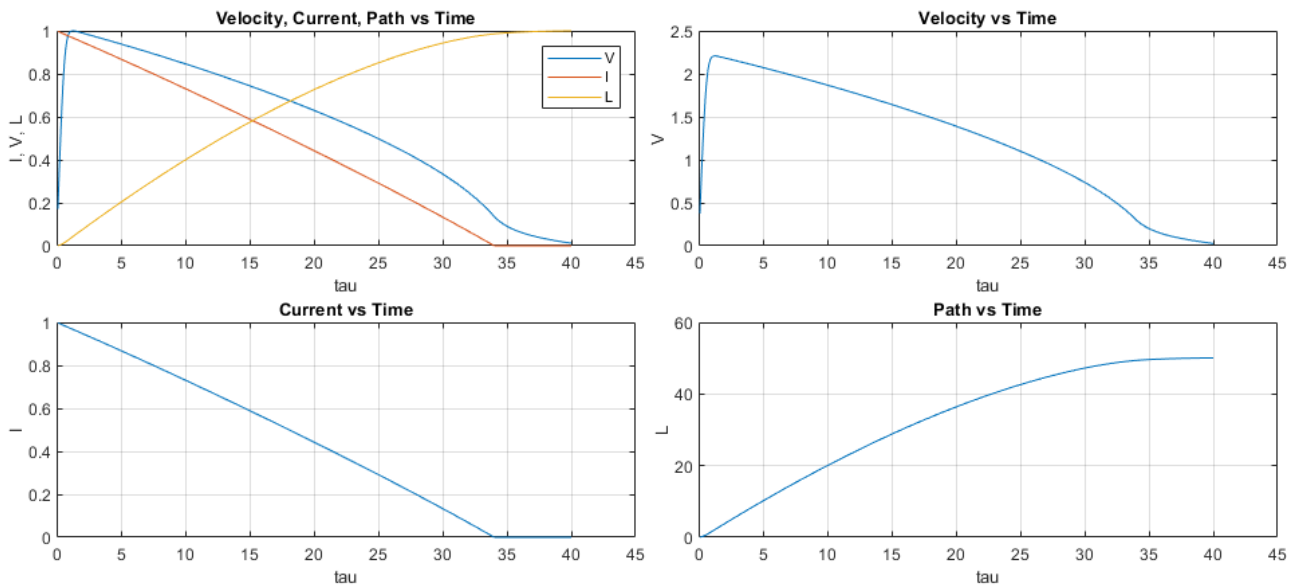


Рисунок 1 – Результати моделювання за першим варіантом

Деталізація структурних схем моделей в ПП MATLAB та аналіз усіх чотирьох варіантів моделювання будуть приведені в основній доповіді.

Результати цього моделювання свідчать про те, що цілком реально досягти такої точності ідентифікації моделей руху електромобіля, реалізуючи закон керування яким з використанням цих моделей можна забезпечити мінімум енергоспоживання його системою електропривода.

## Висновки

В результаті моделювання руху електромобіля з використанням моделей оптимального руху, синтезованих авторами за критерієм мінімуму споживання тяговим електродвигуном електричного заряду силової акумуляторної батареї з врахуванням обмежень, заданих динамікою електромобіля та початковими і граничними умовами, доведено, що в разі, якщо ці моделі будуть використані в законах керування електромобілем, то мінімум споживання тяговим електродвигуном електричного заряду силової акумуляторної батареї забезпечуватиметься, що і служить підтвердженням як оптимальності, так і адекватності моделей руху, синтезованих в попередніх роботах авторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Б.І.Мокін, О.Б.Мокін, В.В.Горенюк. «До питання оптимізації руху електромобіля з асинхронним електроприводом». Вісник Вінницького політехнічного інституту, №3, С.32-38, 2019.

2. Б.І.Мокін, О.Б.Мокін, В.В.Горенюк. «Метод ідентифікації моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом». Вісник Вінницького політехнічного інституту, №1, С.32-38, 2020.

**Борис Іванович Мокін** – академік НАПН України, д-р техн. наук, професор кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, професор кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: borys.mokin@gmail.com;

**Олександр Борисович Мокін** – д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: abmokin@gmail.com;

**Горенюк Вадим Вікторович** – аспірант кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, e-mail: gvv.ghost@gmail.com

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Mokin Borys I.** — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport (EMSAIT), Professor of the Chair of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: borys.mokin@gmail.com;

**Mokin Oleksandr B.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: abmokin@gmail.com;

**Horeniuk Vadym V.** — Post-Graduate Students of the Faculty of Power Engineering, Electric Engineering and Electromechanics, email: gvv.ghost@gmail.com

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ