

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ТЯГОВИМ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод ідентифікації моделей руху горизонтальним відрізком дороги електромобіля з тяговим асинхронним електродвигуном, оптимальних за критерієм мінімуму електричних втрат акумуляторної батареї, на першому етапі реалізації якого визначаються константи, котрі мають місце у цих моделях внаслідок використання двічі операції інтегрування в процесі їх синтезу, на другому етапі реалізації пропонується прямий алгоритм визначення відносної швидкості електромобіля на основі моделі його динаміки, а на третьому етапі синтезується ітераційний алгоритм визначення відносного струму. Визначені умови, які накладаються на ітераційний процес ідентифікації моделі оптимального струму та умови, яким повинен задовольняти процес визначення моментів часу, в які здійснюється процес ідентифікації цієї моделі.

Ключові слова: електромобіль, тяговий асинхронний електродвигун, горизонтальний відрізок дороги, оптимальні моделі, метод ідентифікації, ітераційний процес.

Abstract

The method of motion models identification by horizontal road segment of electric car with traction induction motor, optimal by criterion of minimum of electric losses of the battery is proposed. At the first stage of implementation of which constants are determined which take place in these models as a result of the use of double integration operations in their synthesis process. In the second stage of implementation, we propose a direct algorithm for determining the relative velocity of an electric car based on its dynamics model, and in the third step, an iterative algorithm for determining the relative current is synthesized. The conditions that are imposed on the iterative process of optimal current model identification are determined, and the conditions which must satisfy the process of determining the moments of time at which the process of identification of this model is carried out.

Key words: electric car, traction induction motor, horizontal road segment, optimal models, identification method, iteration process.

Вихідні передумови та постановка задачі

В роботі [1] ми отримали систему двох рівнянь -

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

на розв'язках яких -

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

де i – відносний струм акумуляторної батареї електромобіля, v – його відносна швидкість під час руху горизонтальним відрізком дороги, а C_1, C_2 – константи, досягатиметься мінімум втрат електричної енергії акумуляторної батареї.

У цій же роботі [1] приведені співвідношення, за якими визначаються відносні величини і параметри моделей (1) та процедура синтезу цих моделей.

Тож у даній доповіді ми представляємо результати розв'язання задачі ідентифікації моделей (1) оптимального руху електромобіля та суть методу ідентифікації, на першому етапі реалізації якого визначають вирази для визначення числових значень C_1^*, C_2^* констант C_1, C_2 у вигляді:

$$C_1 = \left(\frac{2ab}{a^2 + b^2} \right) \frac{\sqrt{i_n^2 + 1} (1 - 2\alpha i_n) - 1}{1 - e^{(f_1 \tau_1 + 2f_2 l_1)}} = C_1^*, \quad (3)$$

$$C_2 = \left(\frac{2abf_1}{a^2 + b^2} \right) \left\{ \frac{\sqrt{i_n^2 + 1} (1 - 2\alpha i_n) - 1}{1 - e^{(f_1 \tau_1 + 2f_2 l_1)}} e^{(f_1 \tau_1 + 2f_2 l_1)} - 1 \right\} = C_2^*, \quad (4)$$

в яких i_n – відносне значення пускового струму, a, b, α – параметри електричного кола електромобіля, f_1, f_2, l_1 – параметри, що характеризують динаміку і шлях, пройдений електромобілем, а C_1^*, C_2^* – числа.

На другому етапі реалізації методу ідентифікації моделей (1) отримана система двох рівнянь:

$$\begin{cases} 2a\sqrt{i^2 + 1}(1 - 2\alpha i) - \left(\frac{a^2 + b^2}{b} \right) \left(C_1^* e^{(f_1 \tau + 2f_2 \int v d\tau)} - \frac{C_2^*}{f_1 + 2f_2 v} \right) = 0, \\ \frac{dv}{d\tau} = \frac{(a^2 + b^2)}{2ab} \ln(i + \sqrt{i^2 + 1}) - f_0 - f_1 v - f_2 v^2, \end{cases} \quad (5)$$

розв'язками яких будуть уже функції

$$i = i(\tau), \quad v = v(\tau) \quad (6)$$

на яких досягатиметься мінімум електричних втрат акумуляторної батареї електромобіля в умовах дії динамічних та шляхових обмежень, які і є ідентифікованими моделями оптимального руху електромобіля, але моделями не чисто математичними, а кібернетичними, оскільки для їх розв'язання потрібно застосовувати метод послідовних наближень, який може реалізовуватись лише на комп'ютері за відповідним алгоритмом, і який для нашого випадку на другому етапі ідентифікації має вигляд -

$$v_{k+1} \approx v_k + \frac{(a^2 + b^2)}{2ab} (\tau_{k+1} - \tau_k) \ln(i_k + \sqrt{i_k^2 + 1}) - (f_0 + f_1 v_k + f_2 v_k^2) (\tau_{k+1} - \tau_k), \quad (7)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots; \quad \tau_0 = 0, \quad v_0 = 0, \quad i_0 = i_n,$$

а на третьому етапі – вигляд -

$$i_k(n) = i_k(n-1) - \frac{C_3}{n} \psi_k(i, v, \tau), \quad n = 1, 2, \dots; \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (8)$$

де n – це номер ітерації, C_3 – константа, яку задає особа, що реалізує ітераційний процес, а $\psi_k(i, v, \tau)$ – це ліва частина першого рівняння системи (5), в яку підставили

$$i = i_k(n-1), \quad v = v, \quad d\tau = \tau_{k+1} - \tau_k, \quad \int v d\tau = v_k (\tau_{k+1} - \tau_k), \quad (9)$$

Ітераційний процес (8), який є одним із варіантів, запропонованих в роботі [2], зупинятимемо, коли виконуватиметься умова

$$|i_k(n) - i_k(n-1)| \leq \varepsilon, \quad (10)$$

де ε – прийняте нами числове значення відносної похибки визначення струму в ітераційному процесі, з оглядом на яку ми прийматимемо, що

$$i_k(n) = i_k \quad (11)$$

І саме це значення струму, яке визначається за виразом (11), ми і підставлятимемо у вираз (7) для визначення наступного значення v_{k+1} швидкості.

Цілком очевидно, що чим меншим ми будемо брати часовий відрізок

$$\Delta \tau_k = \tau_{k+1} - \tau_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (12)$$

тим з меншими похибками ми визначатимемо координати i_k, v_k траєкторії оптимального руху електромобіля, але обмеженням в бік зменшення цього відрізка у нас виступатиме часовий відрізок

$$\Delta\tau_n = \tau_n - \tau_0, \quad (13)$$

за який завершується ітераційний процес (8).

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. Я.З. Цыпкин. *Адаптация и обучение в автоматических системах*, Москва: Наука, 1968, 400 с.

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