

Р. М. Модла, О. С. Вітер, В. В. Винниченко
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра комп’ютеризованих систем автоматички

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СЛІДКУЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ ЗА ВИТРАТОЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

<https://doi.org/>

© Модла Р. М., Вітер О. С., Винниченко В. В., 2020

Досліджено енергозберігаючі системи управління силовими агрегатами сучасного електромобіля. Розроблені математичні моделі оптимізації споживання потужності в середовищі MATLAB.

Ключові слова: MATLAB, електромобіль, оптимальна система керування, енергоспоживання

Energy - saving control systems of power units of a modern electric car are investigated. Mathematical models of power consumption optimization in MATLAB environment are developed.

Keywords: MATLAB, electric car, optimal system, energy consumption

1. Вступ

Проблема економії вуглеводнів з певною періодичністю загострюється в світі. Така тенденція приводить до постійного збільшення ціни рідкого палива і в Україні. Паливна криза прогнозується через 40- 50 років. Використовуються різні методи підвищення ефективності роботи двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Запровадження чіп тюнінгу дає змогу збільшити потужність стандартного на 10 %. Використання енергоощадних прошивок дає змогу зменшити витрату палива на 20%.

Поширення електротранспортних засобів (ЕТЗ) дає змогу суттєво знизити викиди парникових газів та підвищити коефіцієнт корисної дії силових приводів. Основним обмеженням сучасних електромобілів є обмежений пробіг електромобіля від одного заряджання, що зумовлено невисокою ємністю силових батарей та їх вартістю. Запровадження електромобілів дасть змогу зменшити рівень парникових газів на третину порівняно з ДВЗ. При цьому енергетична ефективність самого електромобіля у великій мірі залежить від системи керування його силовою частиною.

2. Аналіз літературних джерел

У [1] акцентується, що розвиток транспортної структури є рушійною силою світової економіки. Домінуюча кількість транспортних засобів в сучасному світі приводить до серйозних навантажень на екологічну систему та виснажує світові запаси нафти. Перспективи розвитку транспортної інфраструктури пов’язують з проектами з альтернативними видами палива і особливо електроенергії.

В роботі [2] розглядаються електричні транспортні засоби, які включають: гібридні модулі (Г-ЕТЗ); електромобілі, що працюють на батареях (Б-ЕТЗ). Очевидно Г-ЕТЗ комплектуються силовою установкою з ДВЗ і електричним приводом. Ці установки працюють по чергово в залежності від режиму роботи гібридного автомобіля. Така комплектація дає змогу використовувати батареї

середньої ємності, які може забезпечувати сучасна технологія їх виготовлення. Такі автомобілі є перспективними на перехідний період і широко використовуються передовими країнами.

Останні десять років бурхливо розвиваються транспортні засоби з електротягою. Основні автомобільні світові фірми розробили свої перспективні моделі легкових електромобілів. Така ж тенденція домінує і при виробництві вантажних автомобілів [3].

На сучасному етапі основні зусилля автовиробників направлені на зниження вартості силових електробатарей та розширення заправних станцій для електромобілів. При цьому недостатньо уваги приділяється підвищенню ефективності самих систем управління силовими агрегатами електромобілів [4].

3. Мета роботи

Метою даної роботи є поліпшення енергетичної ефективності сучасних електромобілів за рахунок оптимізації систем управління їх силовими агрегатами.

4. Виклад основного матеріалу

Розглянемо можливість використання слідкуючих систем керування електромобіля для покращення його енергетичних характеристик. Для реалізації використаємо можливість моделювання в середовищі MATLAB для аперіодичної ланки. Для цього прийемо передавальну функцію такого виду

$$W(s) = \frac{5}{4s^2 + 2s + 1} \quad (1)$$

При цьому дослідимо, використання таких систем для поліпшення енергетичних характеристик сучасного електромобіля. Для цього будемо використовувати різні варіанти оптимізації систем управління силовим агрегатом електромобіля. Для цього на вхід системи будемо подавати стрибкоподібний сигнал з різкими фронтами і будемо віслідковувати реакцію системи управління в часових координатах.

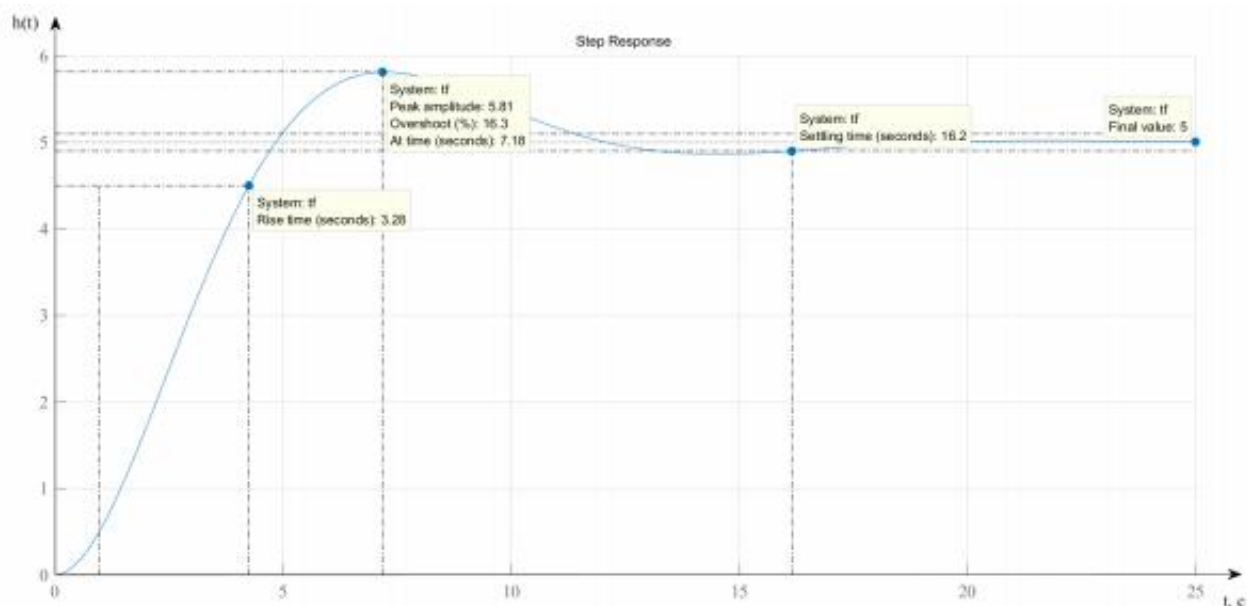


Рис. 1. Реакція системи керування на одиничний скачок вхідного сигналу

Для системи математичного моделювання отримуємо такі характеристики: усталений час – 3.3 с; час закінчення перехідного процесу – 16.2; с; відносьне перерегулювання – 16.3 %; усталене значення вихідної величини – 5,1. Таким чином така аперіодична ланка є стійкою, так як приймає стабільне кінцеве значення за відповідний проміжок часу. Моделювана система керування електромобіля має значний запас стійкості від 14 до 30%. При цьому швидкодія системи характерна невисока. Використовуючи рядок середовища MATLAB перетворимо цю систему у модель, яка описується наступними рівняннями:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -0.5x_1 - 0.5x_2 + 2u, \\ \dot{x}_2(t) = 0.5x_1, \\ y(t) = 1.25x_2. \end{cases} \quad (2)$$

і матриці **A**, **B**, **C**, **D**:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -0.5 & -0.5 \\ 0.5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\mathbf{C} = [0 \quad 1.25],$$

$$\mathbf{D} = 0.$$

Використовуючи отримані рівняння промодельуємо слідкуючу систему силового агрегата електромобіля. На рис. 2 відображено показано основну модель у середовищі MATLAB/Simulink для моделювання системи керування електромобіля.

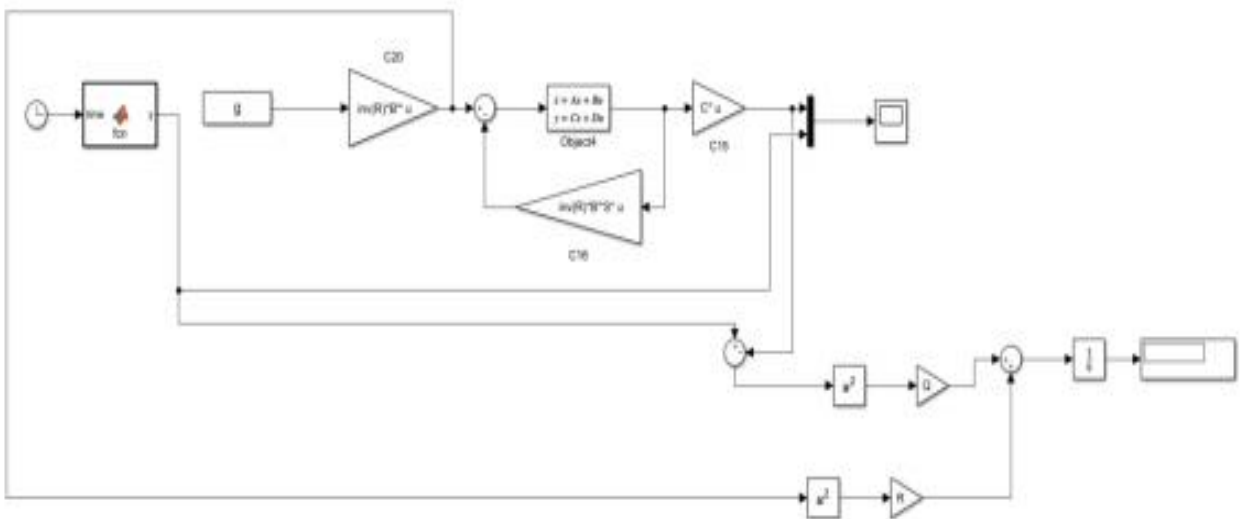


Рис. 2. Модель системи керування електромобіля

Для отримання якісних характеристик системи керування силовою установкою електромобіля скористаємося наступними викладками. Якщо врахувати, що отримані значення вектору **g**(t), тоді матриці **Q** та **r** запишуться у виді :

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} 50 & 0 \\ 0 & 50 \end{bmatrix} \text{ та } \mathbf{r} = 5. \quad (4)$$

В даному випадку допустима похибка відхилення від заданого значення є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля. При цьому часова вибірка для моделювання складає 10 с. Отримані результати моделювання представлені на рис.3.

З рис.3 слідує, що слідкувача система електромобіля слідкувала за вихідним значенням з необхідною похибкою з відповідним критерієм оптимальності виконала поставлену задачу і критерій оптимальності дорівнює:

$$J = 239,7$$

Розглянемо варіант коли допустима похибка не є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля. Отримані графіки в процесі моделювання представлені на рис. 4.

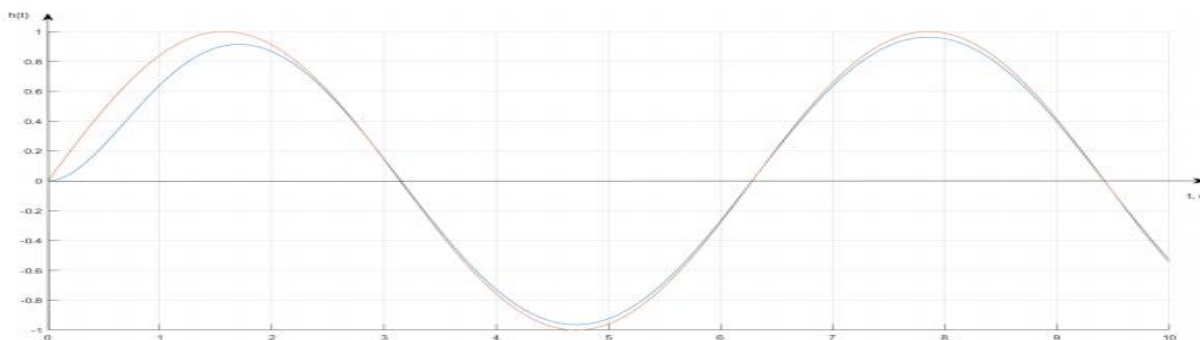


Рис. 3. Відгук системи коли допустима похибка відхилення від заданого значення є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля

Аналізуючи отримані графіки бачимо, що слідкування за відкликом системи здійснюється не досить точно і при цьому отриманий критерій оптимальності склав:

$$J = 195,8.$$

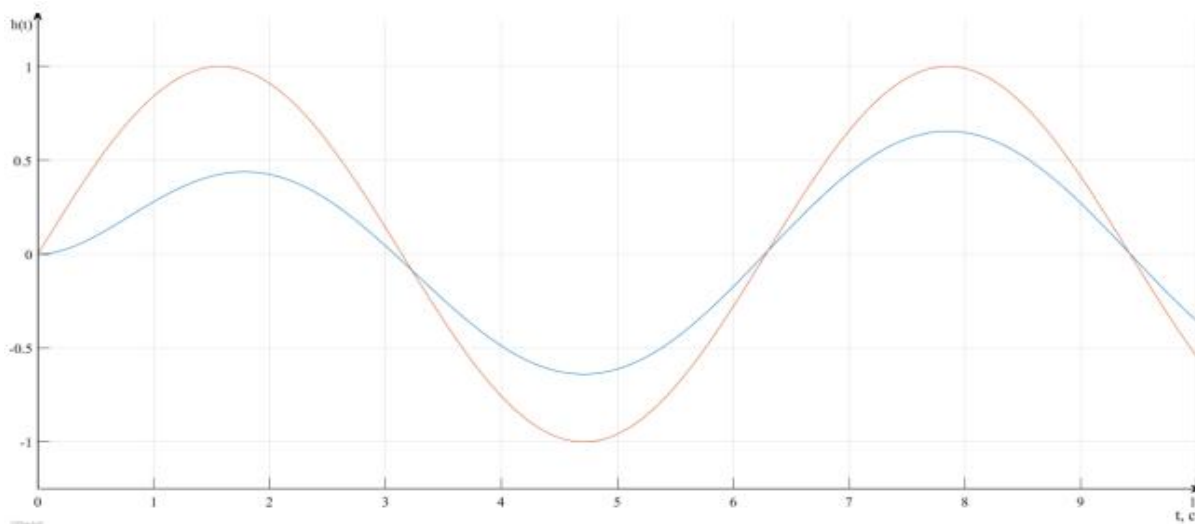


Рис. 4. Відгук системи коли допустима похибка відхилення від заданого значення не є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля

В процесі моделювання відповідних варіантів з лінійною зміною вихідної величини отримані результати представлені на рис. 5. і рис. 6.

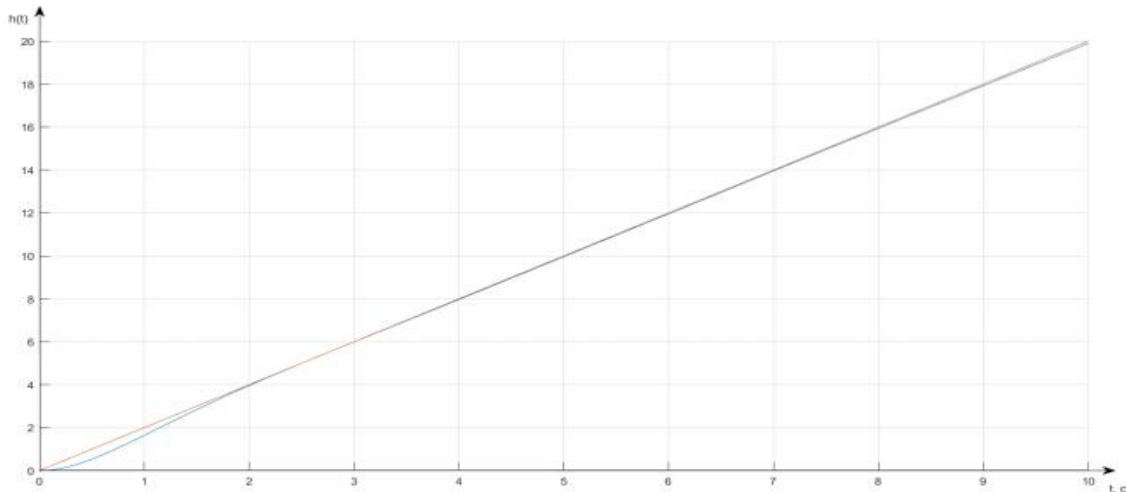


Рис. 5. Відгук системи коли допустима похибка відхилення від заданого значення є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля для лінійного закону зміни

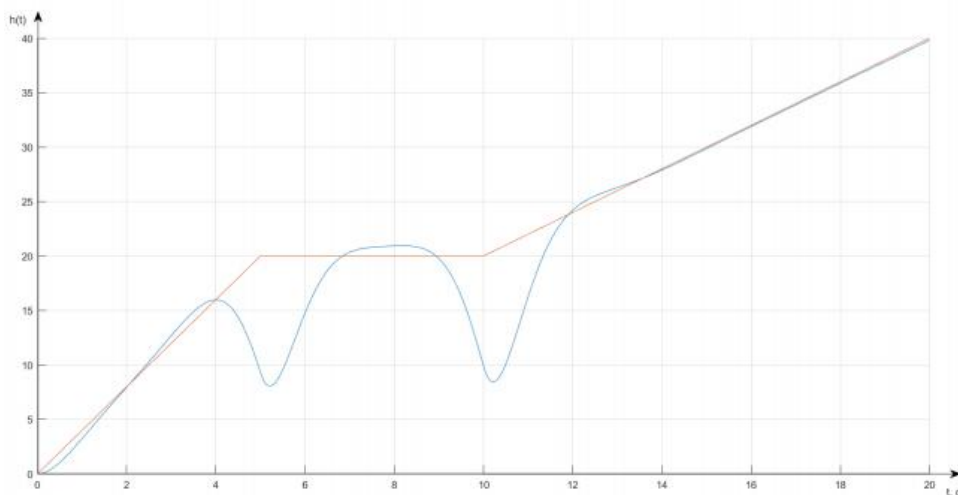


Рис. 6. Відгук системи коли допустима похибка відхилення від заданого значення не є домінуючою над енергетичними показниками електромобіля для лінійного закону зміни

Висновки

Досліджено енергозберігаючі системи управління силовими агрегатами сучасного електромобіля. Встановлено, що для оптимізації силових агрегатів електромобіля за енергетичними показниками слід використовувати слідкуючі системи керування. Розроблені математичні моделі оптимізації споживання потужності електромобіля в середовищі MATLAB.

Список літератури

1. Модла Р. М., Бритковський В. М., Стрепко І.Т., Сорочинський О. М. Оптимізатори палива – альтернатива чіп тюнінгу електронних систем керування двигуном внутрішнього згоряння автомобіля // Збірник наукових праць Комп'ютерні технології друкарства, 2019, № 2 (40), с.53–61.
2. Modla R. M., Brytkovskyi V. M., Pavelchak A. G., Sorochynskiy O. M. Chip-tuning method of electronic control systems of the automotive internal combustion engine // Збірник наукових праць Комп'ютерні технології друкарства, 2017, № 2 (38), с. 91–96.
3. Madhusudhanan A. K. A method to improve an electric vehicle's range: Efficient Cruise Control [Text] / Madhusudhanan A. K. // European Journal of Control – 2019. – p. 83-96. DOI: 10.1016/j.ejcon.2018.12.006.

4. Hongwen H. *Energy optimization of electric vehicle's acceleration process based on reinforcement learning* [Text] / Hongwen H., Jianfei C., Xing C // *Journal of Cleaner Production* – 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119302.

References

1. Modla RM, Britkovsky VM, Strepko IT, Sorochinsky OM *Fuel optimizers - an alternative to chip tuning of electronic control systems of an internal combustion engine of a car* // *Collection of scientific works Computer technologies of printing*, 2019, № 2 (40), pp.53–61.

2. Modla R. M., Brytkovskiy VM, Pavelchak AG, Sorochynskiy OM *Chip-tuning method of electronic control systems of the automotive internal combustion engine* // *Collection of scientific works Computer technologies of printing*, 2017, № 2 (38, p. 91–96.

3. Madhusudhanan A. K. *A method to improve an electric vehicle's range: Efficient Cruise Control* [Text] / Madhusudhanan A. K. // *European Journal of Control* - 2019. - p. 83-96. DOI: 10.1016/j.ejcon.2018.12.006.

4. Hongwen H. *Energy optimization of electric vehicle's acceleration process based on reinforcement learning* [Text] / Hongwen H., Jianfei C., Xing C // *Journal of Cleaner Production* - 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119302.