

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З ЗУПИНКОЮ В НАСЕЛЕНОМУ ПУНКТІ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі показано, якого вигляду набуває функція Лагранжа у випадку, коли в задачі синтезу моделей оптимального руху електромобіля необхідно враховувати появу населеного пункту та зупинку в ньому, і синтезовано математичні моделі оптимального руху електромобіля з зупинкою в межах населеного пункту і з початком руху як в межах цього ж пункту, так і за його межами

Ключові слова: електромобіль, асинхронний електропривод, населений пункт, моделі оптимального руху, критерій мінімуму витрат заряду акумуляторної батареї, зупинка в пункті, врахування обмежень.

В роботах [1]–[3] розв’язано задачу синтезу математичних моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним приводом, який має подолати відстань за заданий час із мінімальними витратами заряду акумулятора. Моделі описують залежності від відносного часу τ відносного струму силової акумуляторної батареї $i(\tau)$ та відносної швидкості руху $v(\tau)$, які мінімізують критерій відносних витрат енергії e_k акумуляторної батареї

$$e_k = \int_0^{\tau_k} (1 - ai) i d\tau, \quad (1)$$

в умовах дії обмежень динаміки електромобіля, визначеної рівнянням

$$\frac{dv}{d\tau} = \ln \left(i + \sqrt{i^2 + 1} \right) \frac{a^2 + b^2}{a^2 + b^2 s_*^2} s_* - f_0 - f_1 v - f_2 v^2, \quad (2)$$

та необхідності подолання відносної відстані l_k за відносний час τ_k , зв’язаної з відотною швидкістю $v(\tau)$ функціоналом

$$l_k = \int_0^{\tau_k} v d\tau, \quad (3)$$

Але оскільки під час подолання електромобілем відстані від стартового пункту до кінцевого на цьому відрізку дороги можуть зустрітись як населені пункти, в яких правила дорожнього руху обмежують швидкість до 60, а то і до 50 кілометрів на годину, яку будемо позначати v_{01} , та дорожні знаки обмеження швидкості до рівня v_{02} , що не враховує функція Лагранжа у вигляді, використаному в роботах [1]–[3], то актуальною задачею є синтез математичних моделей оптимального руху електромобіля горизонтальним відрізком дороги шляхом мінімізації функціоналу (1), але з використанням не лише обмежень (2), (3), а і обмежень, встановлених правилами дорожнього руху для проїзду населеними пунктами та встановлених дорожніми знаками за межами населених пунктів.

В даній роботі задачу розв'язано для випадку, коли електромобіль з асинхронним електроприводом рухається горизонтальним відрізком дороги з врахуванням як обмежень (2),(3), так і за наявності на ньому населеного пункту і зупинкою у цьому пункті та без наявності інших обмежень.

Для цього випадку функція Лагранжа набуває вигляду

$$L(\tau, u, i, v, s_*, \psi, u', i', v', s'_*, \psi') = (1 - \alpha i) i + \\ + \lambda_1 \left(v' - \ln(i + \sqrt{i^2 + 1}) \frac{a^2 + b^2}{a^2 + b^2 s_*^2} s_* + f_0 + f_1 v + f_2 v^2 \right) + \quad (4) \\ + \lambda_2 (\psi' - v) + \lambda_3 (v - v_{01})$$

де ψ' - похідна від інтегралу (3) з відпущеною верхньою границею, а λ_1, λ_2 - невизначені множники Лагранжа.

В роботі показано, як синтезувати систему рівнянь Ейлера-Лагранжа, використовуючи вираз (4), та як шляхом розв'язання отриманої системи рівнянь синтезувати моделі оптимального руху електромобіля горизонтальним відрізком дороги з зупинкою в межах населеного пункту і з початком його руху як в межах цього ж населеного пункту, так і за його межами.

Синтезовані математичні моделі після їх ідентифікації можуть бути використані в програмах навчання штучного інтелекту з цільовим призначенням для керування електричними транспортними засобами з асинхронним електроприводом.

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
3. Б.І. Мокін, О.Б. Мокін, В.В. Горенюк. Системний аналіз оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом. Монографія. Вінниця: ВНТУ. – 2023., 114 с.

Мокін Борис Іванович — академік НАПН України, д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: borys.mokin@gmail.com;

Мокін Олександр Борисович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: abmokin@gmail.com;

Пасєка Богдан Володимирович — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: bogdanpaseka2000@gmail.com.

Mathematical Models Of Optimal Movement Electric Car With Asynchronous Electric Drive A Horizontal Section Of The Road With The Presence Of A Population Point On It And A Stop At This Point

Abstract

This work shows what form the Lagrange function takes in the case when the problem of synthesizing models of optimal motion of an electric vehicle must take into account the appearance of a settlement and a stop in it, and mathematical models of optimal motion of an electric vehicle with a stop within the settlement and with the start of motion both within the same settlement and beyond it are synthesized.

Keywords: electric vehicle, asynchronous electric drive, settlement, optimal movement models, criterion of minimum battery charge costs, stop at the settlement, taking into account restrictions.

Mokin Borys I. — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: borys.mokin@gmail.com;

Mokin Oleksandr B. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: abmokin@gmail.com;

Pasieka Bohdan V. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: bogdanpaseka2000@gmail.com.