

СЕКЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Науковий керівник – д.т.н., проф. А. О. Лозинський

М. Букавин

Науковий керівник – д.т.н., проф. І. З. Щур

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ДИФЕРЕНЦІАЛОМ ЗА МЕТОДОМ МАКРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ (EMR)

Метод математичного моделювання Energetic Macroscopic Representation (EMR) було розроблено у Франції в 2000 р. для дослідження динаміки складних систем різної природи, в тому числі й електромеханічних. Метою EMR є встановлення функціонального опису системи за енергетичними зв'язками між її компонентами відповідно до таких двох принципів: 1) взаємодії; 2) причинності. Принцип взаємодії виглядає як «дія – реакція», тобто кожна дія одного елемента викликає відповідну реакцію іншого. Потужність між з'єднаними елементами передається саме через комбінацію з'єднань «дія – реакція», і визначається вона як їх добуток. Принцип причинності застосовується в елементах з нагромадженням енергії і показує, що входом певної підсистеми є «причина», а «наслідок» є її виходом, і між ними існує інтегральний зв'язок.

Графічна модель EMR будується на 4-х базових видах підсистем: джерела енергії, накопичувачі енергії, перетворювачі енергії, розподільники енергії. Вони мають своє позначення, відповідний колір та зв'язані між собою за принципом взаємодії.

Структура керування в моделі будується за принципом обернених задач динаміки, тобто повинна бути зворотною до основних функцій енергетичної системи. Ця структура розкладається на низку блоків керування. В EMR всі блоки керування зображені синіми паралелограмами.

У цій роботі за принципом EMR в середовищі MatLab/Simulink побудована математична модель електромобіля з електричним диференціалом (рис. 1). Наявність в електромобілі двох окремо керованих своїми двигунами ведучих коліс дає можливість максимально спростити та здешевити механічну трансмісію – крім коробки передач та зчеплення, за такої конфігурації не потрібно також і механічного диференціала, що також знижує масу електромобіля та підвищує його надійність. Функцію механічного диференціала виконує електричний

диференціал – відповідне керування моментами та швидкостями кожного з ведучих коліс. На моделі зеленим кольором позначені джерела енергії, на початку акумуляторна батарея, а в кінці – навколишнє середовище, яке визначає умови руху електромобіля. Акумуляторна батарея зв'язана з елементом розподілу енергії, що розподіляє потужність на два окремо керованих перетворювачі, які, в свою чергу, живлять два незалежних електродвигуни. Вони через редуктори створюють тягове зусилля на лівому та правому колесах. Наступний елемент розподілу енергії формує швидкості обох коліс та сумарне тягове зусилля, завдяки чому отримується лінійна швидкість електромобіля. Система керування використовує швидкість руху електромобіля та кут повороту керма як вхідні параметри та керує швидкістю двох незалежних один від одного ведучих коліс, задаючи двигунам різний обертальний момент окремо для кожного колеса.

Результати моделювання показано на рис. 2.

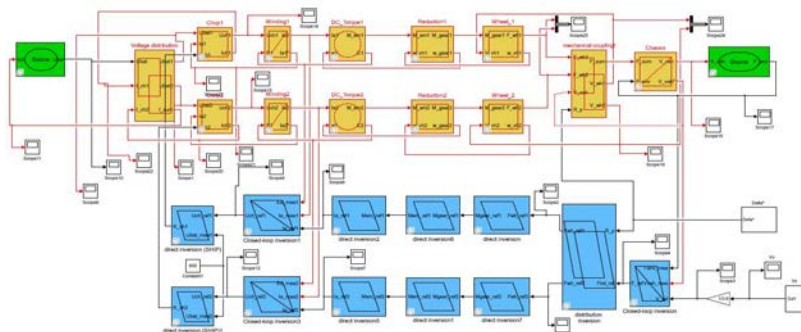


Рис. 1. Математична модель електромобіля з електричним диференціалом за методом EMR, побудована в MatLab/Simulink

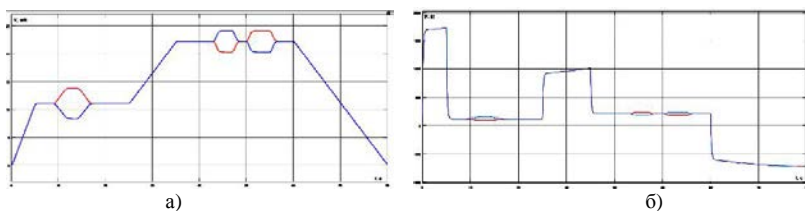


Рис. 2. Часові залежності для лівого та правого коліс:
а – швидкостей, б – тягових зусиль

Література:

1. Lemaire-Semail B., Lhomme W., Bouscayrol A. Energetic Macroscopic Representation. – University Lille1, MEGEVH, 2014.

2. Barbosa R. A. Energetic Macroscopic Representation of a Hybrid Energy Storage System for an Electrical Vehicle. – Coimbra, 2016. – 65 p.
3. Bouscayrol A. Control of hybrid electric vehicles using Energetic Macroscopic representation. – Lille: IEEE-VPPC'13, MEGEVH, 2013.

Є. Щесняк

Науковий керівник – к.т.н., доц. Н. Б. Дьяченко

ТРАНСПОРТНІ ЗАДАЧІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Для оптимального розвитку електроенергетики необхідно використовувати математичний метод, який надасть кінцевий результат з найменшими витратами. Одним з таких математичних методів є транспортна задача [1].

Транспортна задача – це задача про оптимальний план перевезення продукту із пунктів відправлення до пунктів споживання. Транспортні задачі поділяються на певні схеми залежно від кількості пунктів відправлення і пунктів призначення. Оптимальним планом, інакше його називають розв’язання транспортної задачі, є такий розподіл постачання, за якого функція мети буде мати мінімальне значення, тобто:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij} x_{ij}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де m , n – кількість постачальників і споживачів відповідно, C_{ij} – вартість перевезення одиниці продукції з i -го пункту виробництва до j -го пункту споживання, x_{ij} – кількість продукції, що перевозиться.

Розв’язання транспортної задачі завжди починається з перевірки того чи модель задачі є замкнута, для цього сума попиту споживачів має дорівнювати сумі пропозиції постачання, тобто повинна виконуватись умова:

$$\sum_{i=1}^m M_i = \sum_{j=1}^n N_j \quad (2)$$

де M_i – потужність i -го постачальника, N_j – вимоги (попит) на продукцію j -го споживача.

Якщо модель є відкритою, то її роблять замкнутою ввівши додаткового фіктивного виробника або споживача.

Метод потенціалів є найбільш ефективним методом для розв’язання транспортної задачі. Загальний алгоритм знаходження оптимального розв’язку за методом потенціалів однаковий для всіх кроків і складається з 4 етапів: