

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОСАМОКАТА**В.М.Riznyk; V.M. Kochak; V.O. Stupak; D.V. Kozak****IMITATION MODEL OF AN ELECTRIC SCOOTER**

У сучасному світі однією з найважливіших завдань є раціональне використання часу. Тому було розроблено багато електронних пристроїв з метою досягнення цієї цілі. Один з нових, але вже дуже популярних, електричних засобів транспорту є електричний самокат. Це стильний, компактний та легкий у керуванні засіб пересування, який також досягає значної швидкості (до 80 км/год).

З розвитком екологічної усвідомленості електричні самокати отримали додаткову перевагу. Їхні нульові викиди вуглекислого газу та ефективне використання енергії роблять їх екологічно чистим засобом пересування, сприяючи зменшенню транспортних викидів. З кожним роком технології електросамокатів стають все більш вдосконаленими та доступними. Після завершення основних етапів виготовлення експериментального зразка постала необхідність випробувати його роботу за допомогою програмного моделювання [1]. Саме тому, перш ніж проводити подальші вдосконалення, було створено спрощену імітаційну модель електросамоката в середовищі Matlab/Simulink 2024b. На схемі (рис. 1) кожне мотор-колесо живиться від джерела на 36 В, поданого через H-Bridge-контролери та блоки ШІМ, що імітують реальне керування двигунами. Для кожного двигуна встановлено сенсори струму й напруги, а також додано інерцію, яка відповідає масі колеса та ротора. Швидкість обертання вала відстежується за допомогою датчика руху, а результати вимірювань (струм, напруга, швидкість) виводяться на Scope і аналізуються у реальному часі. Така модель дає змогу оцінити перехідні процеси, рівні навантаження та динаміку обертання кожного мотор-колеса окремо, що підтверджує працездатність проєкту та відкриває шлях до подальшого вдосконалення конструкції.

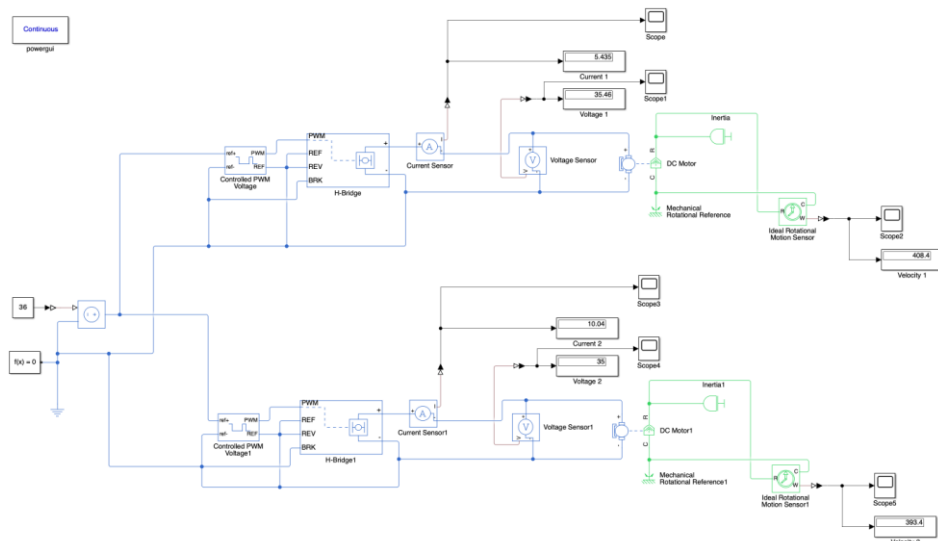


Рис. 1 – Спрощена модель електросамокату в середовищі Matlab/Simulink

Розглянемо основні результати моделювання і почнемо з графіку струму (рис. 2). На перших секундах спостерігається доволі високе його значення, що пояснюється різким запуском двигуна з нерухомого стану і великим пусковим моментом. Далі крива поступово знижується за експоненціальним типом, оскільки вал двигуна набирає обертів, а необхідний момент для підтримання сталої швидкості зменшується. Така закономірність

узгоджується з фізикою процесу: за умови достатнього живлення і невеликого механічного опору струм плавно спадає до нижчих значень, коли двигун переходить у квазівстановлений режим роботи.

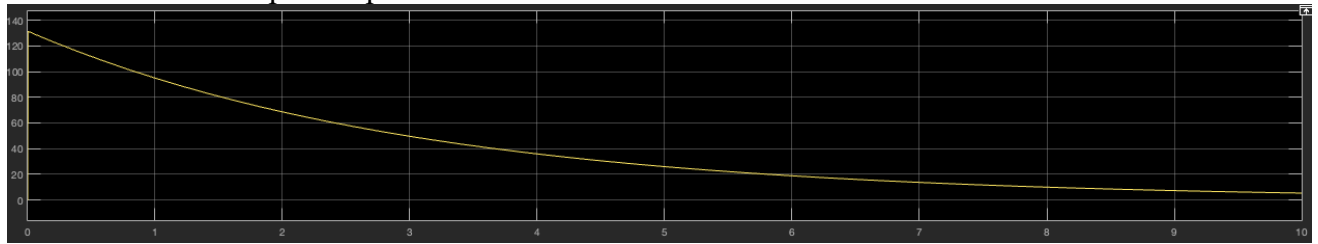


Рис. 2. Динаміка зміни струму, споживаного одним мотор-колесом

Щодо динаміки зміни напруги (рис. 3), то на діаграмі помітно, що на початковому етапі вона є дещо заниженою порівняно з номінальною величиною живлення. Це пов'язано з тим, що при запуску двигуна та високому пусковому струмі з'являються втрати на внутрішньому опорі та транзисторах H-Bridge. Надалі, у міру розгону і зменшення струму, напруга поступово зростає та наближається до встановленого рівня, відображаючи стабілізацію режиму роботи та зниження навантаження на напівпровідникові ключі.

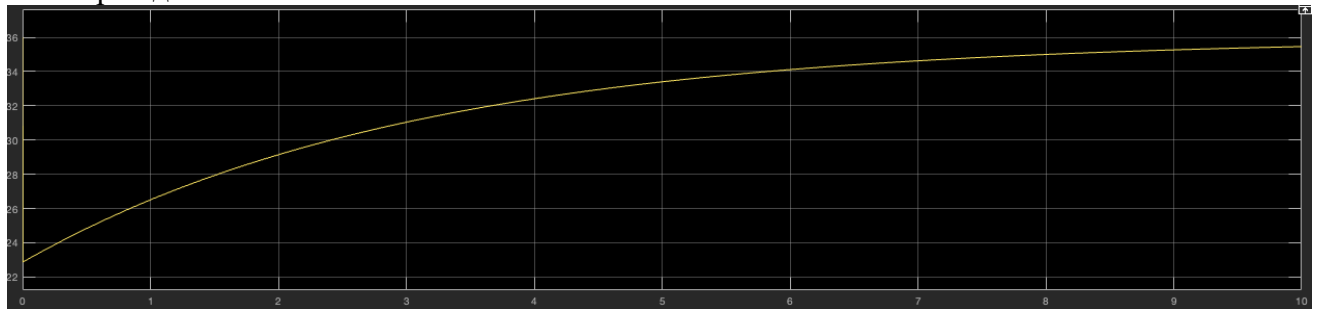


Рис. 3— Динаміка зміни напруги на затискачах одного мотор-колеса

Що стосується швидкості обертання ротора двигуна (рис.4), при розгоні обертальна швидкість починає з нуля і швидко зростає, оскільки у перші секунди мотор споживає підвищений струм, аби подолати інерцію. Потім крива сповільнює темп свого підйому і виходить на сталий рівень, що відповідає рівновазі між прикладеним моментом двигуна та механічними втратами. Така форма кривої свідчить про типову для двигунів перехідну поведінку, коли найактивніше зростання швидкості припадає на початок процесу, а далі система наближається до статичного режиму.

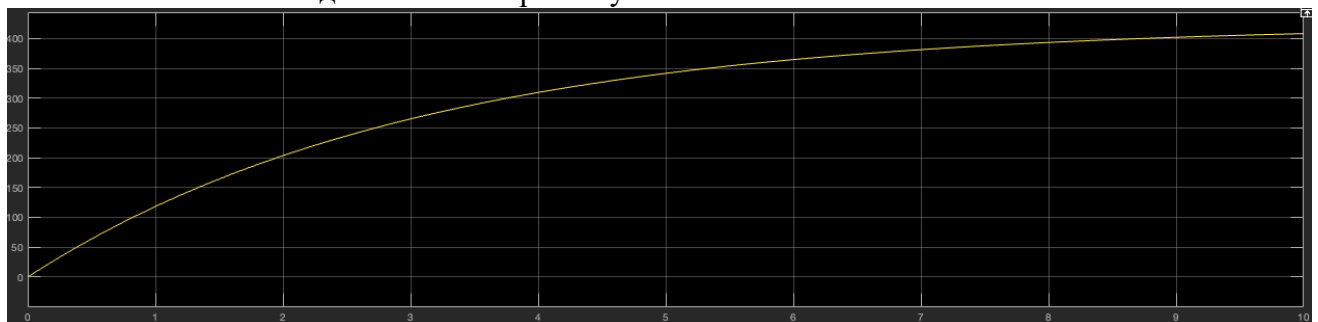


Рис. 4 Динаміка зміни швидкості обертання валу двигуна одного мотор-колеса

Література

1. Yuniarto, Muhammad & Wiratno, Stefanus & Nugraha, Yoga & Sidharta, Indra & Nasrudin, Achmad. (2022). Modeling, Simulation, and Validation of An Electric Scooter Energy Consumption Model: A Case Study of Indonesian Electric Scooter. IEEE Access. 10. 1-1. 10.1109/ACCESS.2022.3171860.