

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА КАР'ЄРНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА З УРАХУВАННЯМ ЗМІН УМОВ ЗЧЕПЛЕННЯ

¹ Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Анотація

Розглянута математична модель дводвигунового електроприводу кар'єрного електровоза з урахуванням зміни умов зчеплення з рейками. Показана можливість вирівнювання навантаження на тягові двигуни постійного струму послідовного збудження шляхом впливу на магнітний потік обмотки збудження.

Ключові слова: Математична модель, дводвигуновий електропривод, боксування, вирівнювання навантаження.

Abstract

The paper considers a mathematical model of a two-engine electric drive of a quarry electric locomotive, which takes into account changes in the conditions of coupling with the rails. The possibility of load balancing on DC traction motors of series excitation by influencing the magnetic flux of the excitation winding was shown.

Keywords: Mathematical model, two-motor electric drive, towing, load balancing.

Вступ

Сучасні досягнення та новітні розробки вчених в галузі управління електроприводами промислових електровозів не дозволяють отримати необхідні результати, так як стан рейкових шляхів, механічного обладнання і тягових електродвигунів у край незадовільний [1-3]. Такі дефекти рейкового полотна як розрив, виїмка, вищербленість відображаються на стані поверхонь колісних пар. Зниження діаметра колеса в окремих випадках становить 10-12 мм, а вищербленості, що з'являються, спричиняють аналогічні пошкодження поверхні рейки, а іноді й зміни геометрії головки рейки. Поява цих дефектів призводить до просковзування, додатково пошкоджуючи рейкове полотно і колеса в місці контакту. Зменшення діаметра колеса зумовлює обертання колісних пар з різною швидкістю, що приводить до безперервного просковзування поверхні колеса по поверхні рейки. При цьому відбувається нерівномірний розподіл навантаження між тяговими двигунами. Двигуни з більшим навантаженням перегріваються і швидко виходять з ладу. Додатково слід враховувати, деяку нерівномірність параметрів двигунів багатодвигунового електроприводу, що спричиняє нерівномірну жорсткість механічних характеристик і нерівномірний розподіл навантаження між двигунами.

Все це зумовлює необхідність проведення ґрунтовних досліджень режимів роботи тягового електропривода електровозів, створення математичних моделей та їх аналізу для розроблення заходів з контролю електричних параметрів тягових двигунів та їх керуванням при зміні умов зчеплення.

Метою роботи є математичне моделювання тягового електроприводу кар'єрного електровозу з урахуванням змін умов зчеплення.

Результати дослідження

На сьогодні дослідниками розроблена велика кількість математичних моделей режимів роботи тягового електроприводу транспортних засобів, що рухаються по рейках [4-6]. Моделі враховують і багатодвигуновість електроприводу, і просковзування, і нерівномірність навантаження. В роботі, на основі відомих, розроблена математична модель механічної частини тягового агрегату і моделі дводвигунового тягового електроприводу яка додатково враховує нерівномірність параметрів якірного кола двигунів. Для такої моделі запропонована система вирівнювання навантаження і проведені дослідження динамічних режимів за наявності параметричної несиметрії ТЕД та зміні умов зчеплення колеса з рейками.

Розроблена математична модель описується системою рівнянь, що враховують механічну частину, відмінність параметрів ТЕД та умови зчеплення:

для першого приводу:

$$L_{я1} \frac{dI_1}{dt} = U_d \gamma_1 - I_1 R_{я1} - k\phi_1(I_1)\omega;$$

$$M_k \frac{dV_{ck1}}{dt} = F_{m1} - F_{цп1};$$

$$F_{цп1} = gP\psi_{p1}10^3;$$

$$F_{m1} = \frac{2i}{D} M_{дв1} = \frac{2i}{D} I_1 k\phi_1(I_1);$$

$$\psi_{p1} = (0.23 - 0.022V_{ck1}).$$

Рівняння руху:

$$M_{np} \frac{dV_n}{dt} = F_{цп1} + F_{цп2} - \sum W; \quad M_{np} = 1050(P + Q); \quad \sum W = g(P + Q)(\omega_n - i),$$

де $L_{я1}, L_{я2}, R_{я1}, R_{я2}$ – індуктивності і активні опори якірних кіл, $F_{m1}, F_{цп1}, F_{m2}, F_{цп2}$ – сила тяги і зчеплення, $\psi_{p2}, V_{ck2}, \psi_{p2}, V_{ck2}$ – коефіцієнт зчеплення і швидкість ковзання відповідно 1-го та 2-го ТЕД.

Математична модель створена у Matlab із застосуванням додатку Simulink на основі елементів SimPowerSystems.

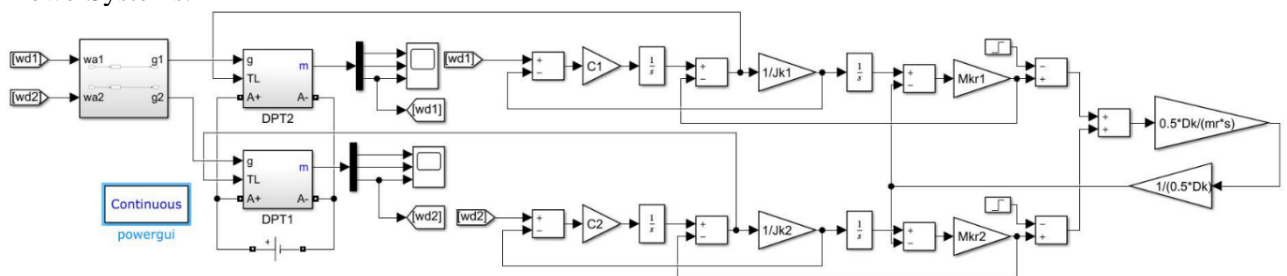


Рисунок 1 – Структурна схема моделі в Matlab

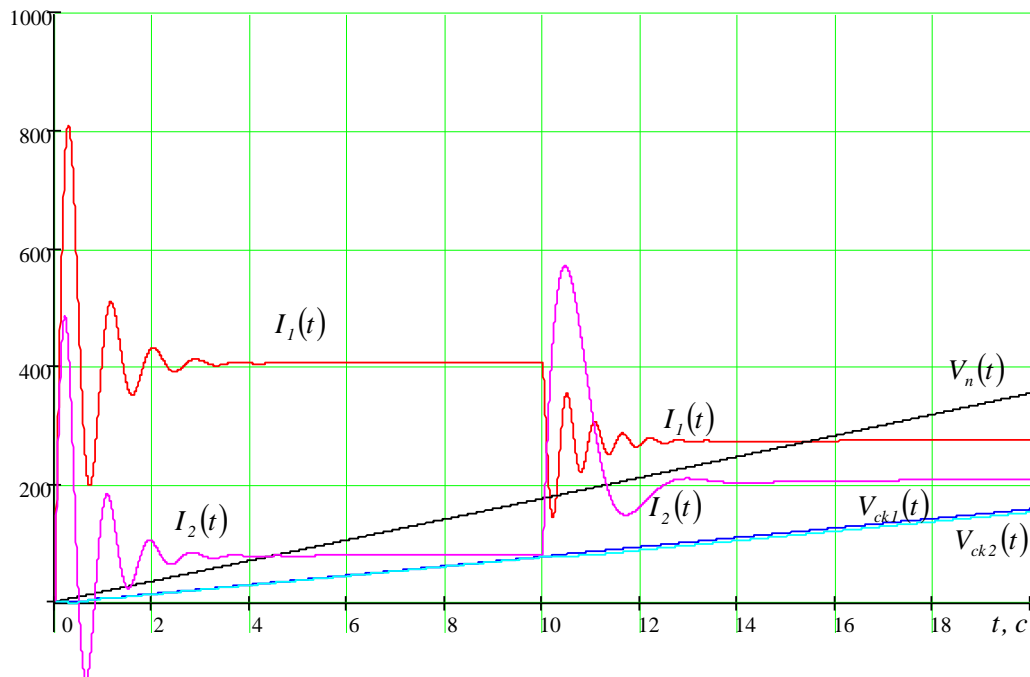


Рисунок 2 – Перехідні процеси пуску з вирівнюванням навантаження

Наведені часові залежності (рис.2) відповідають пуску і руху з вирівнюванням навантаження з різними коефіцієнтами зчеплення колісних пар і відмінністю параметрів ТЕД. За рахунок включення системи вирівнювання

навантаження в момент часу $t=10$ с з дією на магнітні потоки ТЕД нерівномірність навантаження знижується.

Висновки

Аналіз результатів імітаційного моделювання режимів роботи тягового електропривода з урахуванням різниці коефіцієнтів зчеплення колісних пар візка, неузгодженості параметрів обмоток електродвигунів, показав, що стабілізація режиму руху кар'єрного електровоза можлива за рахунок доповнення системи керування і контролю його параметрів блоком вирівнювання навантаження. Установлено, що найбільш ефективним способом вирівнювання навантаження між тяговими двигунами рудникового електровоза є система регулювання магнітного потоку збудження з додатковим сигналом корекції за різницею струмів збудження відповідних двигунів. Ефективність такої системи складає 80 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курган М. Б. Залежність експлуатаційних витрат від рівня швидкості на ділянках, що обмежують рух поїздів / М. Б. Курган, О. С. Маркова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 66-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2006. – С. 211–212.
2. Курган М. Б. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості / М. Б. Курган, О. С. Маркова // [Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 67-ї Міжнародної науково-практ. конф.]. – Д., 2007. – С. 206–207.
3. Курган М. Б. Фактори, що впливають на першочерговість усунення обмежень швидкості руху поїздів, пов'язаних зі станом залізничної колії / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // [Проблеми механіки залізничного транспорту: тези доп. 12-ї Міжнародної наукової конф.]. – Д., 2008. – С. 90.
4. Полуянович Н. К. Математическая модель тягового электропривода с широтно-импульсным управлением для исследования режима пуска / Н. К. Полуянович, Ю. П. Волощенко, И. И. Шушанов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2013. – №. 4 (141).
5. Белоусов Е. В. Тяговый электропривод электротранспортных средств / Е. В. Белоусов, М. А. Григорьев, А. А. Грызлов // Электротехника. – 2017. – №. 4. – С. 2-5.
6. Зарифьян А. А. Усовершенствованная компьютерная модель динамических процессов в электромеханической системе электровоза / А. А. Зарифьян, Л. Н. Сорин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. – 2004. – №. 1. – С. 57-66.

Артеменко Артем Миколайович — старший викладач кафедри систем автоматичного управління і електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Чорний Олексій Петрович — докт. техн. наук, професор, директор Інституту електромеханіки, енергозбереження і систем управління Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Artem Artemenko – Senior lecturer, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine.

Oleksii Chornyi – Doctor of Technical Science, Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine.