

Математична модель тягового електропривода електровоза постійного струму

Кедря М.М. к.т.н., доцент кафедри «Електротехніка та електромеханіка»
Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, Карабут Ю.О. магістр з електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро

На основі електричної схеми електровоза ДЕ-1 будуюмо наступну електричну розрахункову схему електропривода де процес енергоперетворення представлений в приростах, відносно початкового рівноважного стану, основних величин: вхідна координата – приріст вхідної напруги Δu_d , а вихідна – відповідний йому приріст швидкості ΔV .

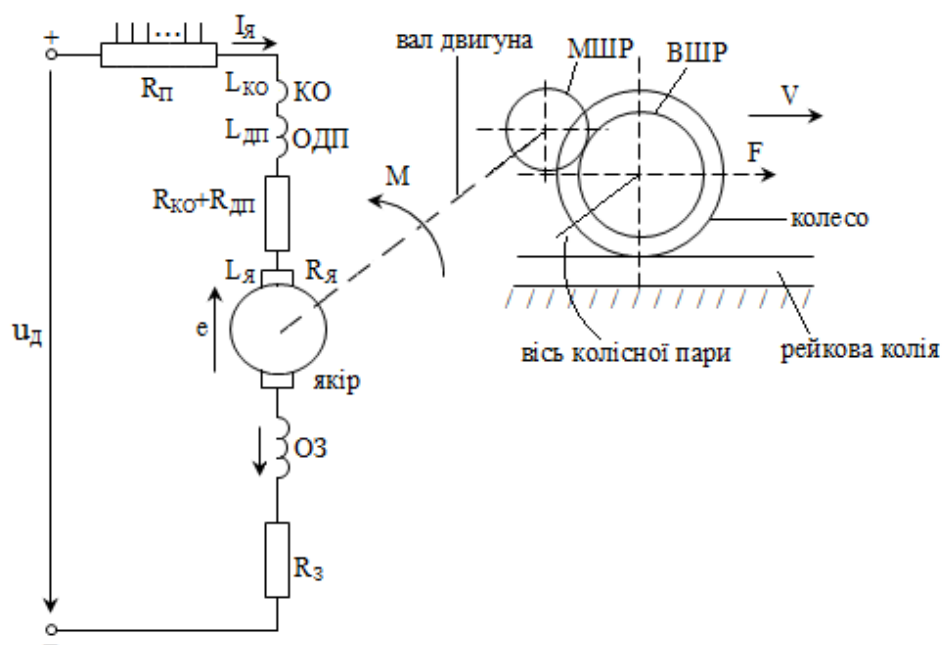


Рис. 1. Еквівалентна розрахункова схема тягового електропривода

При складанні системи диференціальних рівнянь були прийняті наступні припущення:

- 1) характеристики всіх тягових електродвигунів та їх електричні параметри однакові;
- 2) передаточне відношення всіх редукторів однакове;
- 3) діаметри колісних пар по колу кочення однакові;
- 4) впливом вихрових струмів нехтуємо;
- 5) індуктивність двигуна не залежить від струму;
- 6) пробуксовування колісних пар відсутнє;
- 7) двигуни повністю скомпенсовані.

На підставі вищезазначеного отримуємо систему рівнянь в малих відхиленнях:

$$\begin{cases} \Delta i(s) = W_1(s) \Delta U; \\ \Delta \Phi(s) = W_2(s) \Delta i(s); \\ \Delta e(s) = W'_3(s) \Delta V(s) + W''_3(s) \Delta \Phi(s); \\ \Delta F_{\text{кд}}(s) = W_4(s) \Delta M(s); \\ \Delta V(s) = W'_5(s) \Delta F_{\text{кд}}(s) - W''_5(s) \Delta w_i(s). \end{cases} \quad (1)$$

де $\Delta i(s)$ – зображення відхилення струму двигуна;

ΔU – відхилення напруги двигуна;

$\Delta \Phi(s)$ – зображення відхилення магнітного потоку двигуна;

$\Delta e(s)$ – зображення відхилення електрорушійної сили двигуна;

$\Delta V(s)$ – зображення відхилення швидкості електровоза;

$\Delta F_{\text{кд}}(s)$ – зображення відхилення сили тяги електровоза;

$\Delta M(s)$ – зображення відхилення обертового моменту на валу двигуна;

$\Delta w_i(s)$ – зображення відхилення питомого опору руху від ухилів та кривих;

$W_i(s)$ – відповідні передатні функції:

$$W_1(s) = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{L}{R}s + 1} + \frac{1}{R_n};$$

$$W_4(s) = \frac{2\mu\eta_{\text{п}}}{D_{\text{к}}};$$

$$W_2(s) = \frac{\Delta \Phi(s)}{\Delta i(s)};$$

$$W'_5(s) = \frac{\frac{n}{m_{\text{ел}} \cdot g \cdot (1 + \gamma)(a_1 + 2a_2 V)}}{\frac{s}{\xi(a_1 + 2a_2 V)} + 1};$$

$$W'_3(s) = \frac{\Delta e(s)}{\Delta V(s)};$$

$$W''_5(s) = \frac{\frac{1}{a_1 + 2a_2 V}}{\frac{s}{\xi(a_1 + 2a_2 V)} + 1}.$$

$$W''_3(s) = \frac{\Delta e(s)}{\Delta \Phi(s)};$$

Отримані рівняння представляють собою першу форму математичної моделі.

По системі рівнянь (1) побудовано динамічну структурну схему двигуна послідовного збудження, яка є замкнутою, що відображає здатність двигуна до саморегулювання.

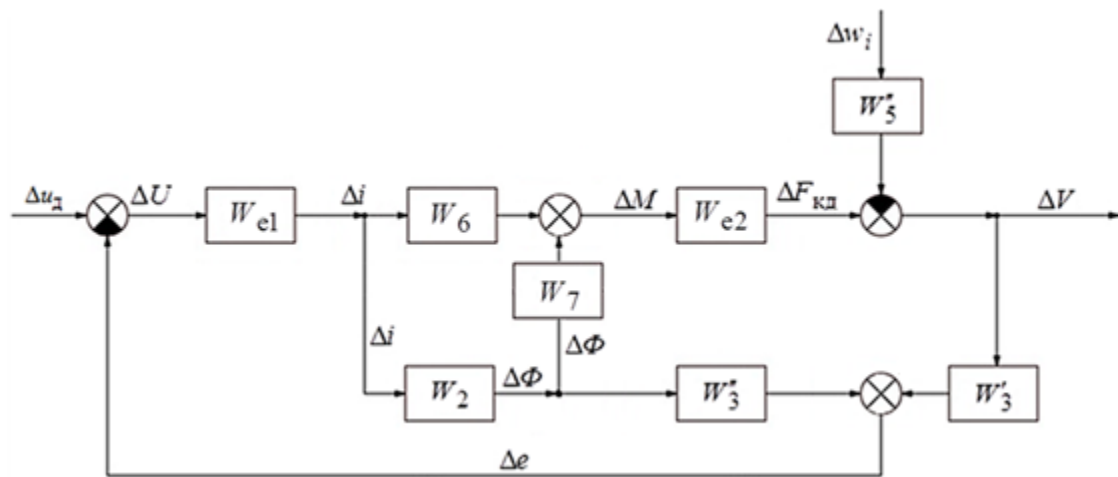


Рис. 2. Структурна схема тягового двигуна

На побудованій структурній схемі прийнято наступні позначення:

$$W_{e1}(s) = W'_1(s) + W''_1(s);$$

$$W_{e2}(s) = W_4(s) \cdot W'_5(s);$$

$$W_6(s) = \Delta\Phi_0;$$

$$W_7(s) = \Delta i_0.$$

Для зручності проведення синтезу, отриману структурну схему представимо у вигляді графу. Проведемо наступні зміни:

$$W'''_5(s) = -W''_5(s);$$

$$W_8(s) = -1.$$

Будуємо граф, керуючись наступними правилами: 1) кожен суматор замінюється вершиною, яка ставиться у відповідності до вихідної змінної цього суматора; 2) кожна ланка замінюється дугою з оператором, рівним оператору цієї ланки; 3) кожній змінній відповідає власна вершина [3].

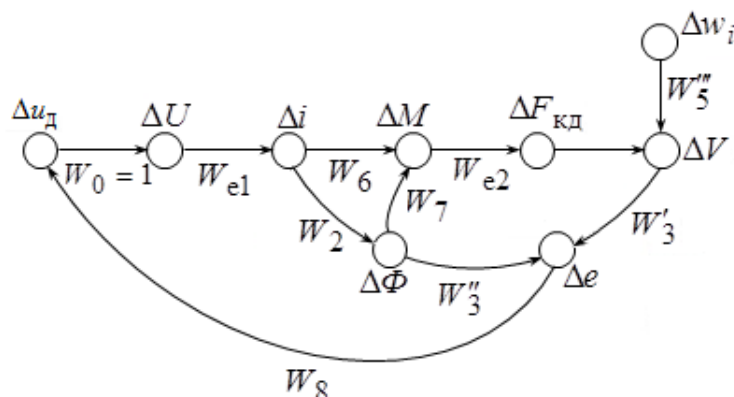


Рис. 3. Граф схеми тягового електропривода

Отримана модель дозволяє дослідити перехідні процеси при русенні електровоза з місця. На рисунках 4 та 5 приведені результати зміни приростів

струму та швидкості за часом електровоза при рівномірному виведенні ступенів пускового резистору кожні 3 та 1 с.

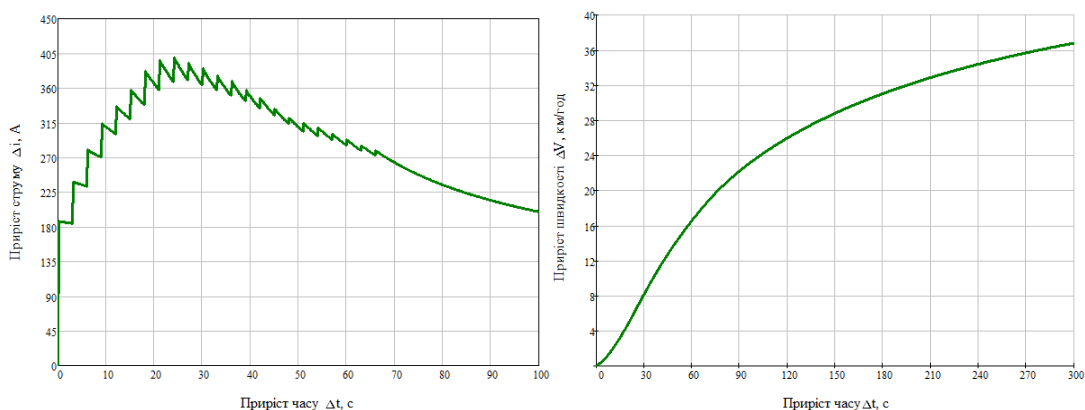


Рис. 4. Графіки зміни приростів струму та швидкості при виведенні ступенів пускового резистора кожні 3 с.

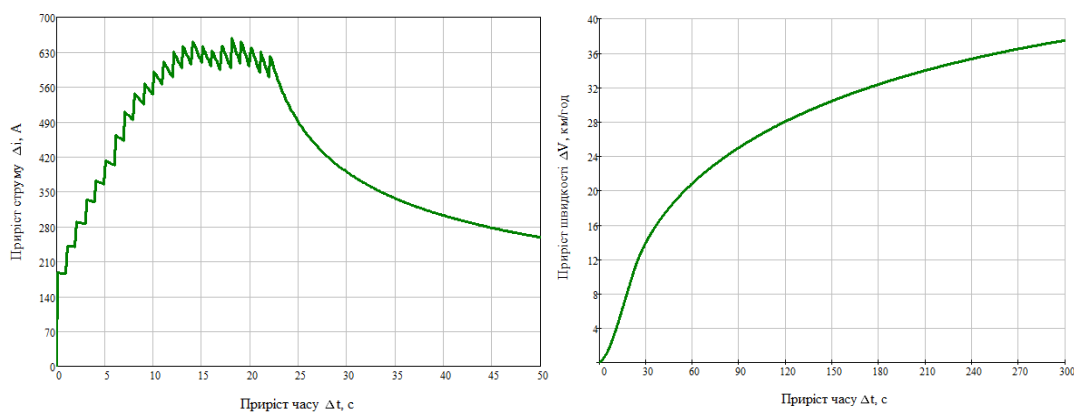


Рис. 5. Графіки зміни приростів струму та швидкості при виведенні ступенів пускового резистора кожену секунду.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Электровоз магистральный ДЭ-1. [Текст] / Техническое описание. ЗТП.000.020-03 ТО. – 1999. – 188 с.
2. Справочное пособие по теории автоматического регулирования и управления [Текст] / Е. А. Санковский, В. Д. Громыко, В. В. Зубарь, В. В. Кругликов и др. – Мн.: Вышэйш. школа, 1973. – 584 с.
3. Теория автоматического управления [Текст]: учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч.1. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др. [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.