

УДК 621.941

Медведєв Б.В., студент  
Серебрянський А.А., студент  
Алексєєв О.М., докт. пед. наук., професор  
Євтухов А.В., канд. техн. наук, доцент  
Сумський державний університет, evtuhov.a@tmvi.sumdu.edu.ua

## ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА ПРИВОДА ОБЕРТАННЯ ЗАГОТОВКИ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Електродвигуни постійного струму (ЕДПС) широко застосовуються в приводах подачі металорізальних верстатів, промислових роботів, маніпуляторах та іншому виробничому обладнанні. В приводі обертання заготовки круглошліфувального верстата 3М151 використовують електродвигун 2ПБ-100М, а побудова та аналіз його імітаційної моделі є актуальним завданням, спрямованим на дослідження та покращання динамічних характеристик обробної системи шліфування загалом.

Відповідно до [1] математична модель ЕДПС складається з системи чотирьох рівнянь:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_o, \quad M_d = K \cdot I, \quad L \frac{dI}{dt} + R \cdot I = U - E, \quad E = K \cdot \omega,$$

де  $J$  – момент інерції якоря, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega$  – кругова частота обертання якоря, рад/с;

$M_d$  – момент, що розвивається двигуном, Н·м;

$M_o$  – момент опору, Н·м;

$U$  – напруга живлення, В;

$E$  – противо-ЕРС, В;

$I$  – струм в ланцюгу якоря, А;

$L$  – індукція в ланцюгу якоря, Гн;

$R$  – опір якорного ланцюга, Ом;

$K = C_k \cdot \Phi$ , де  $C_k$  – коефіцієнт, що залежить від конструктивних особливостей двигуна ( $C_k = pN/2\pi a$ , де  $p$  – кількість полюсів,  $N$  – кількість активних провідників обмотки якоря,  $a$  – кількість пар паралельних гілок обмотки якоря);  $\Phi$  – магнітний потік, Вб.

У посібнику [1] наведені такі характеристики ЕДПС 2ПБ-100М: номінальна потужність  $N_n = 0,85$  кВт; номінальна напруга мережі  $U_n = 220$  В; номінальна частота обертання  $n_n = 2360$  об/хв (247,14 рад/с); максимальна частота обертання  $n_{max} = 4000$  об/хв (418,88 рад/с); ККД  $\eta = 78$  %; опір обмотки якоря  $R_\alpha = 1,99$  Ом (за 15 °С); опір обмотки додаткових полюсів  $R_{on} = 1,22$  Ом; опір обмотки збудження  $R_\beta = 153$  Ом; індуктивність ланцюга якоря  $L = 78$  мГн; момент інерції якоря  $J = 0,011$  кг·м<sup>2</sup>.

З урахуванням зазначених даних обчислимо опір якорного ланцюга за формулою

$$R = 1,2 \cdot (R_\alpha + R_{on}) + R_\beta,$$

де  $R_\beta = 2 / I_{ня}$  – щітковий опір, Ом.

Номінальний струм якорного ланцюга визначають за формулою:  $I_{ня} = \eta \cdot N_n / U_n$ . В результаті маємо:

$$R = 1,2 \cdot (R_\alpha + R_{on}) + \frac{2 \cdot U_n}{\eta \cdot N_n} = 1,2 \cdot (1,99 + 1,22) + \frac{2 \cdot 220}{0,78 \cdot (0,85 \cdot 1000)} = 4,516 \text{ (Ом)}.$$

Величину  $K$  визначимо за відомою [1] електромеханічною характеристикою двигуна

$$\omega = \frac{U - I \cdot R}{K}.$$

В результаті маємо:

$$K = \frac{U_n - I_{ня} \cdot R}{\omega_n} = \frac{220 - 3,01 \cdot 4,516}{247,14} = 0,835 \text{ (В} \cdot \text{с / рад)}.$$

Отже, величини всіх параметрів математичної моделі ЕДПС наявні.

Імітаційну модель ЕДПС побудуємо з використанням пакету математичного аналізу Matlab/Simulink (рис. 1).

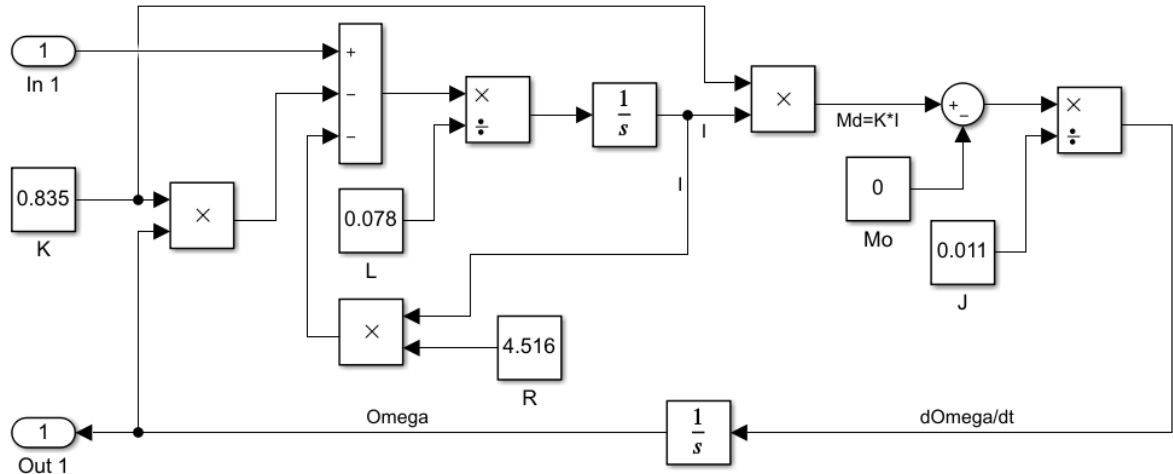


Рис. 1 – Імітаційна модель електродвигуна постійного струму 2ПБ-100М

Модель ЕДПС адаптована для побудови перехідних та частотних характеристик засобами Matlab/Simulink. На рис. 2 наведено перехідну характеристику досліджуваної системи, яка, як відомо, є реакцією системи на вхідний вплив у вигляді одиначної східчастої функції.

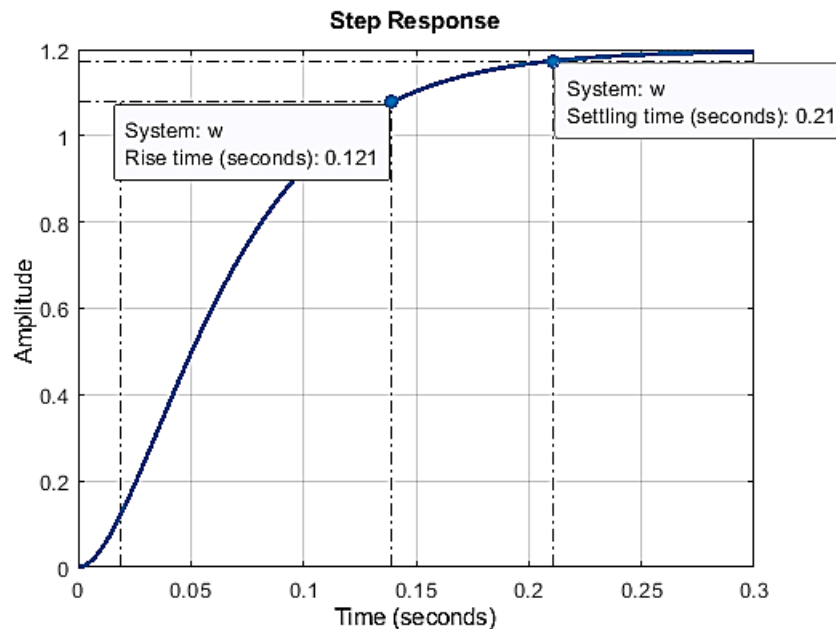


Рис. 2 – Перехідна характеристика моделі електродвигуна постійного струму 2ПБ-100М

Вигляд графічної залежності на рис. 2 загалом відповідає перехідній характеристиці типової аперіодичної ланки 2-го порядку, що підтверджує адекватність спроектованої моделі за якісними ознаками. Водночас час перехідного режиму роботи системи (Setting Time) за даними рис. 2 становить 0,211 с.

Для розрахунку та спостереження кругової частоти обертання двигуна  $\omega$  (рад/с) у функції часу, як вихідного сигналу досліджуваної системи, необхідно замість блоку Out 1

поставити блок Score, а замість блоку In 1, як вхідний сигнал, необхідно задати напругу живлення  $U$  (В).

#### Список посилань

1. Видмиш А. А. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1: навч. посіб. / А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко Л.В. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.

УДК 625.768

Зяць І.А., студент

Довгополов А.Ю., канд. техн. наук, старший викладач  
Сумський державний університет, a.dovhopolov@tmvi.sumdu.edu.ua

### РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ МЕХАНІЗОВАНОГО РОБОТА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ

На сьогоднішній день, роботи та різного роду роботизовані системи стали невід'ємною складовою людського життя. У більшості вдома є робот пилосос, який використовується для прибирання житла. Своєю чергою на виробництві з кожним роком з'являється все більше роботизованих дільниць, на яких роботи використовуються для виготовлення різних деталей, або ж для складання їх чи механізмів в готові машини.

Військова справа не є виключенням, у більшості сучасних та передових армій світу в арсеналі наявна велика кількість бойових роботів. Ці роботи використовуються для нанесення вогневого ураження противнику, або транспортування поранених з поля бою. В умовах ведення бойових дій, роботи широко застосовуються для транспортування вантажів (вони транспортують боєприпаси, їжу та інші необхідні на полі бою речі).

Через повномасштабну війну з Російською федерацією, питання розробки нових роботизованих систем та роботів для потреб Збройних сил України та інших силових структур України набуло досить високого значення. Вартість втраченого на полі бою дорогоцінного обладнання, ніколи не зрівняється із втратою життя українським солдатом, людське життя є безцінним. На основі вищезазначеного та загальновідомого твердження, задача створення вітчизняного робота для транспортування боєприпасів та продуктів харчування на лінію бойового зіткнення є досить актуальною задачею та потребує негайного вирішення.

Першочергове завдання яке потрібно вирішити – це вартість робота, вона повинна бути набагато нижчою за закордонні аналоги, та відповідати вартості сучасного розвідувального квадрокоптера. Не велика вартість робота, дозволяє військовому на полі бою думати про збереження власного життя, а не про те як зберегти неушкодженим коштовне озброєння.

Прототипом для створення військового робота для транспортування, було вирішено взяти модель роботизованого «Таргана» (рис.1), відео різних моделей цієї механічної істоти велика кількість у відкритих електронних ресурсах. Дана модель була використана як прототип, через простоту конструкції, адже для забезпечення руху цього робота необхідні: просте автономне джерело енергії (у вигляді акумулятора) та не складні технологічні механізми поєднання яких через кінематичні зв'язки дозволяє привести в рух цього робота. Створений авторами прототип досить швидко рухається і складається з недорогих компонентів.

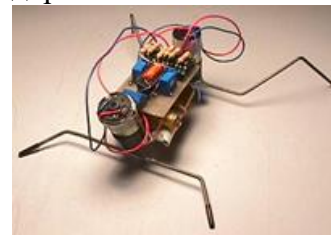
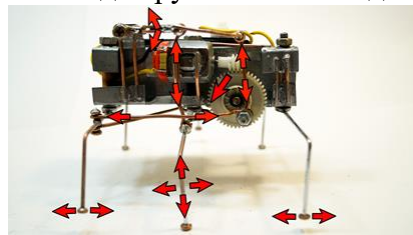
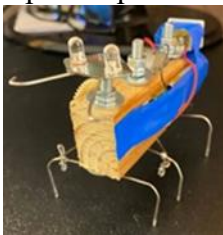


Рис. 1 – Фото моделі «Таргана», прототипу для створення військового робота