

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ БЕЗКОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Пушніцин Д.С., магістрант, Ковбаса С.М., к.т.н., доц.

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Протягом останніх декількох років дуже поширеними в аматорських гуртках та професійних фірмах з авіамоделювання стали мультикоптери та їх основний підвид – квадрокоптери. Квадрокоптери мають великий попит серед любителів, однак також знаходять застосування і в професійній сфері, наприклад, поліції чи армії. Були помічені квадрокоптери, що доставляють листи, цінні речі. Загальновідомим є використання їх для панорамних фото та відео зйомок. Часто їх оснащують камерами, GPS – модулями та іншими електронними пристроями. Як видно, безпілотні літальні апарати стають важливою частиною життя людей. Саме тому, актуальність їх вивчення зростає.

Мета роботи. Дослідження електроприводу квадрокоптера та його основних складових.

Матеріали дослідження. Для дослідження електроприводу розроблено експериментальний стенд (рисунок 1). На рисунку 1: 1 – двигун з пропелером; 2 – гак для кріплення вантажу; 3 – шарнірне з'єднання; 4 – нерухома основа; 5 – рейка; 6 – акселерометр.

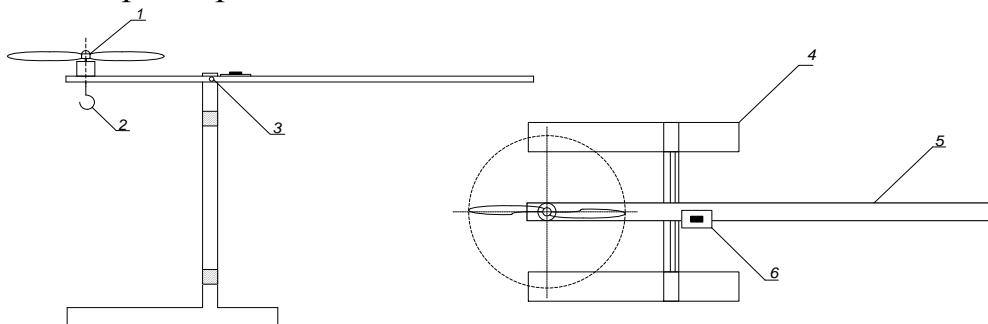


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд об'єкта дослідження

Параметри об'єкта: Маса двигуна з пропелером-72 г, маса рейки -70 г, сумарна маса рухомої частини - 155 г, довжина рейки - 0,77 м довжина короткої та довгої частини рейки відповідно - 0,242 м та 0,528м.

Математична модель системи описується системою рівнянь (1):

$$\ddot{\varphi} = J_{\Sigma}^{-1}(F_{\text{д}}l_{\text{д}} - m_{\Sigma}gl_{\text{М}} \cos(\varphi + \varphi_{\text{цм}}) - v\dot{\varphi} - M_{\text{с}}(\varphi)), F_{\text{д}} = aU^2 + bU + c, U = K_{\text{оп}}(U_{\text{загод}} - 1), \quad (1)$$

де: φ – кутове положення рейки відносно горизонту; J_{Σ} – сумарний момент інерції системи; $F_{\text{д}}$ – тягове зусилля двигуна; $l_{\text{д}}$ – відстань від центра двигуна до осі обертання; m_{Σ} – сумарна маса рухомої частини; g – прискорення вільного падіння; $l_{\text{М}}, \varphi_{\text{цм}}$ – полярні координати центра мас відносно осі обертання; v –

коефіцієнт опору в шарнірі; $M_c(\varphi)$ – момент опору, що діє на двигун і є функцією кутового положення; U – напруга, що подається на двигун; a, b, c – коефіцієнти апроксимації залежності $F_d=f(U)$; $K_{др}$ – коефіцієнт підсилення перетворювача, від якого живиться двигун; $U_{завд}$ – напруга завдання, що подається на вхід перетворювача.

Для перевірки правильності визначення параметрів математичної моделі системи, а також дослідження динамічних процесів в електромеханічній системі, було створено замкнену систему регулювання кутового положення рейки на основі цифрового сигнального процесора з регулятором (2) [3]:

$$U_{завд} = \sqrt{m_{\Sigma} g l_M \cos(\varphi^* + \varphi_{цм}) / a' l_D - k \tilde{\varphi} + X_{\varphi}}, \dot{X}_{\varphi} = -k_i \tilde{\varphi}, \quad (2)$$

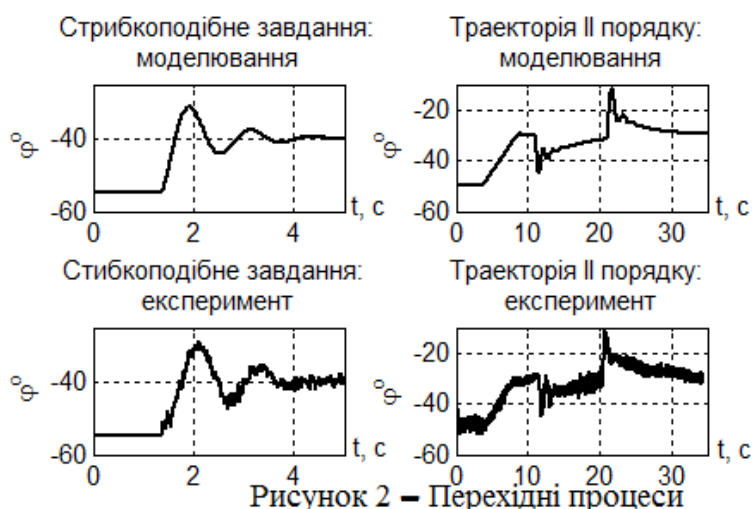


Рисунок 2 – Перехідні процеси

де φ^* – задане кутове положення, $\tilde{\varphi}$ – похибка відпрацювання системою кутового положення, k, k_i – відповідно, пропорційна та інтегральна складові ПІ-регулятора кутового положення. Експериментально підібрані коефіцієнти ПІ-регулятора: $k = 0.1$ $k_i = 0.02$

Перехідні процеси у моделі та реальній

досліджуваній системі наведені на рисунку 2. Дослідження виконані при стрибкоподібній зміні завдання φ^* від -55 до -40 градусів, відпрацюванні зміни заданого положення φ^* по траєкторії другого порядку, а також при накиданні та скиданні постійного навантаження. Аналізуючи графіки на рисунку 2 можна зробити висновок, що розроблений регулятор забезпечує асимптотичне регулювання кутового положення рейки при постійному навантаженні. Результати моделювання співпадають з результатами експерименту.

Висновки. Розроблено стенд, який дозволяє експериментально тестувати електропривод безпілотного літального апарату, що є дуже важливим при проектуванні квадрокоптерів та мультикоптерів, а також при налаштуванні та тестуванні акселерометрів-гіроскопів для орієнтації апарату в просторі. Отримані результати будуть використані в подальшій роботі, зокрема при проектуванні більш складних систем літальних апаратів.

Перелік посилань

1. Беспилотный летательный аппарат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат.
2. Application Note for BLDC Motor control in sensor mode using AT90PWM3/3B [Електронний ресурс] // AVR Microcontrollers. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.atmel.com/Images/doc7658.pdf>
3. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – Київ: «Либідь», 1997. – 545 с.