

Безвесільна О.М., д.т.н., професор

Ткачук А.Г., к.т.н, доцент

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Державний університет «Житомирська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТАБІЛІЗАТОРА ОЗБРОЄННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Сучасні системи стабілізації озброєння вимагають високої точності та швидкодії електроприводів, адже саме вони відповідають за стабільне наведення гармати або оптико-прицільного блока під час руху бойової техніки. Робота таких систем відбувається у складних умовах під впливом вібрацій, механічних ударів, температурних коливань і сильних електромагнітних полів. Унаслідок цього електромеханічні вузли піддаються комплексним динамічним навантаженням, що поступово спричиняє деградацію характеристик, зниження енергоефективності та підвищення ймовірності відмови у критичних ситуаціях [1-2].

Традиційні методи технічного контролю не забезпечують своєчасного виявлення прихованих дефектів, адже базуються переважно на планових оглядах або реагуванні після появи несправності. На відміну від цього, концепція цифрового двійника передбачає створення математичної моделі електропривода, яка відтворює його фізичну поведінку у режимі реального часу та дозволяє аналізувати внутрішні процеси без втручання у роботу реального пристрою.

Таке моделювання відкриває можливості для оцінювання енергоспоживання, прогнозування зносу та розроблення систем технічного обслуговування за станом. Крім того, цифрові двійники сприяють перевірці нових алгоритмів керування і зменшують ризики під час експериментів із бойовими системами.

Розвиток цієї технології особливо важливий для оборонної мехатроніки, де поєднуються електромеханіка, автоматизація, аналітика великих даних та елементи штучного інтелекту. Створення цифрового двійника електропривода стабілізатора озброєння дозволяє підвищити надійність, передбачуваність і довговічність системи загалом, забезпечуючи при цьому ефективніше використання

енергоресурсів і скорочення часу простоїв під час експлуатації військової техніки [1-3].

У середовищі MATLAB/Simulink реалізовано модель електропривода з урахуванням нелінійностей двигуна постійного струму, інерційних характеристик механізму наведення та ПД-регулятора, налаштованого на оптимальні перехідні процеси. Для забезпечення зворотного зв'язку між цифровим двійником і фізичним об'єктом використано сенсорні дані струму, напруги та температури, що надходять від контролера типу STM32 через інтерфейс IoT-модуля MQTT. Система підтримує обмін даними у реальному часі та дозволяє створювати базу сценаріїв для аналізу різних режимів роботи.

Розроблений цифровий двійник дозволяє аналізувати миттєве енергоспоживання та визначати оптимальні режими живлення, виявляти відхилення у характеристиках струму й моменту, прогнозувати стан електропривода за допомогою алгоритмів машинного навчання, а також формувати рекомендації для технічного обслуговування за станом (Condition-Based Maintenance). Застосування цифрового двійника дає змогу знизити ризики відмови системи стабілізації до 30 % та підвищити ефективність енергоспоживання до 12%.

Створення цифрових двійників електроприводів стабілізаторів озброєння є перспективним напрямом розвитку оборонної галузі. Такі системи підвищують надійність та передбачуваність роботи складних електромеханічних комплексів. Подальші дослідження спрямовано на інтеграцію нейронних мереж для автоматичного виявлення відмов і розширення моделі до рівня цифрового двійника всього стабілізатора.

Список використаних джерел:

1. Бойова машина піхоти БМП-2. Загальна будова: навчальний посібник / В.В. Близнюк, В.Б. Добровольський, Д.В. Зайцев – К.: ВД «СКІФ». 2022. – 212 с.
2. Дії механізованого відділення при озброєнні бойової машини піхоти БМП-2: навчальний посібник / Д.В. Зайцев, В.Б. Добровольський, О.С. Дем'янюк, А.П. Наконечний – К.: ВД «СКІФ». 2022. – 120 с.
3. Ткачук А.Г., Безвесільна О.М., Гуменюк А.А., Янчук В.М., Крижанівська І.В. «Дослідження основних напрямів розвитку сучасної системи стабілізації озброєння». Технічна інженерія, 2020, № 2 (86), с. 73-80. DOI: 10.26642/ten-2020-2(86)-73-80.