

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ БОЙОВИХ МАШИН

Постановка проблеми. Одним зі сучасних напрямків розробки електромеханічних систем є створення мобільних систем електроприводу військового призначення з живленням від джерел постійного струму (акумуляторів або бортових генераторів постійного струму) для роботи в польових умовах. Внаслідок тяжких умов експлуатації такі системи є доволі консервативними (наприклад, до цього часу використовують системи електроприводу за схемою "електромашинний підсилювач – двигун постійного струму", через що виникає проблема їх модернізації з використанням сучасної елементної бази. Але сучасні підвищені вимоги до швидкодії, точності наведення та стабілізації, масогабаритних показників, енергоефективності та надійності висувають на порядок денний необхідність удосконалення систем наведення у напрямку поліпшення вказаних позначок.

Аналіз останніх досліджень. Для мобільних систем наведення отримали розповсюдження електроприводи постійного струму зі структурою "керований перетворювач (КП) – двигун (Д) постійного струму". Типовим принципом побудови сучасних електроприводів є використання перетворювачів постійного струму (DC/DC-перетворювачів) за принципом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [1, 2]. Моделі подібних систем доволі відомі як для власне електроприводів такого типу [3, 4], так і для їхньої механічної складової [5, 6]. При проектування таких систем постає задача ідентифікації параметрів електричної та механічної систем з метою створення якомога точніших їх математичних та цифрових моделей, а також пристосування відомих вже математичних і комп'ютерних моделей до конкретного об'єкту – механізму наведення.

Задачею досліджень є розробка моделі електромеханічної системи наведення пакету напрямних реактивної системи залпового вогню БМ-21 чи системи наведення та стабілізації легкоброньованих бойових машин з врахуванням особливостей як електроприводу, так і механічної частини, зокрема параметричних змін керованого об'єкту.

Виклад основного матеріалу. Особливістю об'єкта керування – механізму наведення та стабілізації, є наявність значного реактивного моменту статичного навантаження, що спричинюється силами сухого та незначного в'язкого тертя та наявністю врівноважуючого механізму торсійного типу. Додатково ускладнює задачу нелінійна залежність зусилля торсійного механізму від кута підймання та наявність пружних деформацій, що викликає появу механічних коливань. Електроприводу механізму наведення також властива невелика електромагнітна стала часу і значна електромеханічна стала часу за причини, перш за все, значного моменту інерції, що змінюється при підніманні та опусканні пакету напрямних чи ствола гармати.

За причини значного коефіцієнта моменту пружності $\gamma = 1 + J_2' / J_1$, де J_2' – зведений до валу двигуна момент інерції пакету напрямних та інших рухомих частин механізму наведення; J_1 – момент інерції ротора двигуна, електродвигун досить слабо демпфує механічні коливання. Гасяться вони, в основному, силами сухого тертя в механічній частині приводу. При дослідженні та синтезі сигналу керування схему механічної частини механізму наведення потрібно розглядати з врахуванням дії моменту сухого тертя, моменту демпфування, сумарного зазору у передавальному механізмі та розглядати як двомасову у першому наближенні.

Для побудови імітаційної моделі досліджуваної електромеханічної системи наведення було проведено експериментальні дослідження з реєстрації часових залежностей зміни доступних для вимірювання координат системи, що пов'язано з особливостями конструкції та експлуатації наявного бойового обладнання. На час проведення експериментів доступними для вимірювання були напруги на якорі двигуна U_a та на його компенсаційних обмотках (КО) $U_{КО}$, що у першому наближенні можна приймати як струм якоря двигуна. Це дещо ускладнило задачу ідентифікації параметрів механічної частини системи. Приклад вимірювань обох напруг для режиму піднімання та опускання пакету напрямних при повній напрузі завдання системі керування показано на рис.1.

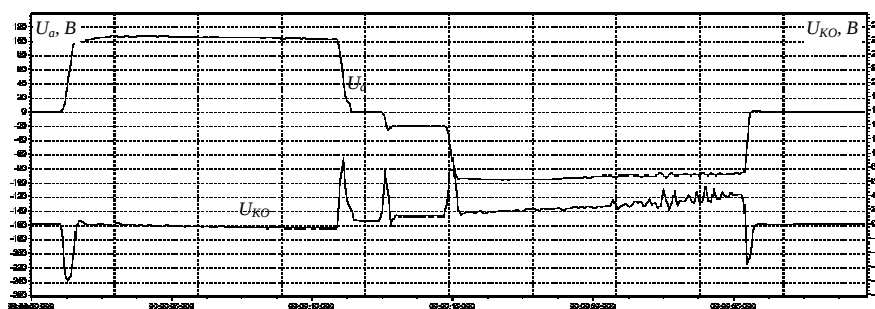


Рис. 1. Експериментальна осцилограма зміни напруг на якорі та компенсаційній обмотці (струму) двигуна

Ідентифікацію параметрів моделі механічної частини планується здійснити на основі експериментальних вимірювань і першого наближення структурної моделі механічної частини, яка показана на рис.2. Прийняті позначення на рисунку: U_a – напруга на якорі двигуна; R_a , T_a – опір та електромагнітна стала часу якорного кола двигуна відповідно; C – стала двигуна; ω_1 – кутова швидкість валу двигуна; ω_2 – зведена до валу двигуна кутова швидкість редуктора; M_1 , M_2 – електромагнітний момент двигуна та зведений до валу двигуна момент редуктора повороту; M_{12} – пружний момент; J_1 – момент інерції ротора двигуна; J_2' – зведений до осі вала двигуна момент інерції пакету напрямних та інших рухомих частин механізму наведення; M_{c1} , M_{c2} – моменти сухого тертя; $M_{торс.}$ – залежний від кута піднімання момент, який створюється торсіонним механізмом; C_{12} – коефіцієнт пружності механічної частини; φ – різниця кутів повороту вала двигуна та редуктора (зведена до осі вала двигуна); φ_{12} – зведений до осі ротора двигуна кут скручування вала; φ_n – зведений до валу двигуна кут наведення.

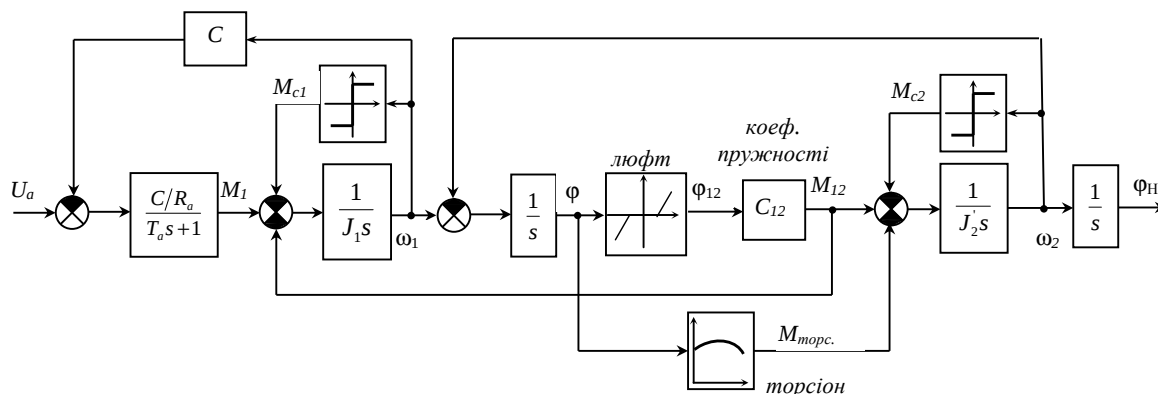


Рис. 2. Структурна модель досліджуваної механічної системи

За результатами ідентифікації за допомогою пакету System Identification Toolbox математичного застосунку MATLAB отримано перші наближення параметрів моделі, зокрема, зміни моменту інерції пакету напрямних, моменту інерції торсіону та коефіцієнта пружності. Порівняння експериментальних даних (наприклад, рис. 1) з отриманими на синтезованій моделі перехідних процесів показало недостатню їх збіжність.

Відзначимо, що на першому етапі досліджень не враховано низку факторів, таких як вплив торсіонного механізму на пружні коливання направляючих, механічна частина приводу прийнята двомасовою, а зміну моменту інерції направляючих не враховано. Вищу точність ідентифікації параметрів в моделі планується отримати на основі ускладнення експерименту та додаткової прямої реєстрації часових залежностей зміни швидкості руху пакету напрямних та кута наведення.

Висновки. Пропонована структурна модель механічної частини електроприводу наведення пакету напрямних реактивної системи залпового вогню БМ-21 враховує такі особливості об'єкту керування, як моменти сухого тертя, наявність люфтів та торсіонної компенсації ваги направляючих, і дає змогу здійснити ідентифікацію параметрів електроприводу за експериментальними даними. Напрямок подальших досліджень буде врахування впливу на пружні коливання направляючих торсіонного механізму змінюваного моменту інерції, а також плануються проведення додаткових експериментів з реєстрації процесів зміни кутового переміщення та швидкості наведення з метою уточнення процесу ідентифікації параметрів механічної частини електроприводу пакету напрямних реактивної системи залпового вогню, а також системи наведення та стабілізації бойових машин.

Література

- Паранчук Я. С. Швидкодія позиційна електромеханічна система керування механізмом наведення з нечітким регулятором/ Я.С. Паранчук, П.М. Євдокімов, В.О. Москалик // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика" науково-виробничого журналу. – Кременчук : КрНУ. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С.541-542.
- Luo, Fang Lin. Advanced DC/DC converters / Fang Lin Luo and Hong Ye. p. cm. — (Power electronics and applications series). — © 2004 by CRC Press LLC.
- Speed Control of a DC Motor Using BJT H-Bridge [Електронний ресурс фірми MathWorks, Inc.]. — [Режим доступу до ресурсу] : <http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/examples/speed-control-of-a-dc-motor-using-bjt-h-bridge.html>.
- Simulate a DC Motor Drive [Електронний ресурс фірми MathWorks, Inc.]. — [Режим доступу до ресурсу] : <http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/ug/simulating-a-dc-motor-drive.html>.
- Smilgevicius A., Rinkeviciene R. Simulation of transients in the mechanical part of electromechanical system // Mathematical Modelling and Analysis. Proceedings of the 10th International Conference MMA2005&CMAM2, Trakai. — 2005. — Pp. 155–162. — [Доступний як електронний ресурс з режимом доступу] : <http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/ug/simulating-a-dc-motor-drive.html>.
- Моделирование электромеханических систем: Підручник / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, Г.Ю. Сисюк, О.В. Садовой. — Кременчук, 2001. — 410 с.