

Використання нейронного регулятора в системі програмного завдання моменту

Л.Ф.Карплюк¹, Б.Л. Карплюк¹, А.Б. Мацигін¹

Анотація – The control system of drive electric drives has been analysed. The conclusion have been drawn from the results of the research. The result may be used during the designing electric drives.

Ключові слова – Кривошипно-шатунний механізм, частотний перетворювач, система регулювання, нейрорегулятор.

I. СУТЬ ПРОБЛЕМИ

Агрегати з кривошипно – шатунними механізмами, як правило, [1] комплектуються маховиками та електроприводами з асинхронними двигунами з фазним ротором з м'якою механічною характеристикою для ефективного обміну кінетичною енергією прямолінійного руху повзуна і обертового руху кривошипу. За необхідності глибокого регулювання швидкості електропривід виконують за системою генератор-двигун постійного струму. Недоліком таких електроприводів є низька енергетична ефективність, велика установлена потужність електричних машин. Поліпшити енергетичні та масо-габаритні показники можна застосовуючи асинхронний частотно-керований електропривід змінного струму [2]. Але жорстка характеристика такого електроприводу спричиняє режими перетворення кінетичної енергії в електричну, пов'язані з періодичною зміною моменту інерції та моменту навантаження в функції кута повороту кривошипу. За відсутності технічних засобів відведення цієї енергії назовні системи, вона накопичується на конденсаторах ланки постійного струму частотного перетворювача. Надлишок електроенергії викликає зростання напруги на конденсаторах, що приводить до спрацювання відповідних захистів і нерідко до аварійних ситуацій, пов'язаних з цим простоїв та витрат на ремонт обладнання. Забезпечення працездатності таких електроприводів є актуальною задачею.

II. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Функціонування таких електромеханічних систем пропонується забезпечувати використанням високодинамічних частотно-керуваних електроприводів з прямим регулюванням моменту- DTC систем керування [3] з програмним завданням сигналу керування [4], причому прогнозований сигнал керування повинен формуватися в функції кута повороту кривошипу. Алгоритм керування повинен забезпечувати таке регулювання швидкості привідного двигуна, при якому кінетична енергія повзуна при гальмуванні повністю перетворювалася в кінетичну енергію маховика, з подальшим поверненням її у зворотному напрямку для

розгону повзуна. Як показали дослідження [4], система з програмним завданням моменту забезпечує відпрацювання заданих траєкторій руху механізмами зі змінними параметрами навантаження. Проте збурення характеристик навантаження в процесі роботи приводять до відхилення заданого моменту від реального моменту навантаження. Похибка, яка при цьому накопичується приводить до порушення роботи електроприводу. Покращити роботу пропонується введенням в систему керування додаткових елементів та ланок: вузлів регульованою відсічки за режимом рекуператії, додаткового від'ємного зворотного зв'язку за моментом для пом'якшення робочого участка механічної характеристики, релейного гістерезисного регулятора напруги ланки постійного струму перетворювача[5]. Як показують останні публікації [6] функції блоку прогнозуючого сигналу все частіше виконують нейронні мережі.

III. МЕТА РОБОТИ

Вдосконалення алгоритмів керування частотно керованим електроприводом механізму зі змінним моментом інерції та навантаження за рахунок введення в систему керування нейронного регулятора.

IV. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для досліджень процесів в системі частотно керованого електроприводу кривошипно шатунного механізму використовувалась стандартна модель DTC середовища Matlab/Simulink [5]. Розроблено програмний алгоритм формування моменту двигуна, який забезпечував задану траєкторію руху при розгоні та гальмуванні, стабілізацію швидкості в режимі усталеної роботи.

У випадку кривошипно-шатунного механізму залежно від кута повороту α шатуна необхідно сформувати таке завдання моменту [4]:

$$M_3 = (J_0 + J_1 \sin^2 \alpha) \frac{d\omega}{dt} + J_1 \frac{\omega^2}{2} \cdot \sin 2\alpha + M_{c0} \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

де M_3 – момент завдання на DTC, J_1 – приведений до двигуна момент інерції маси повзуна, яка рухається зворотно-поступально, J_0 – приведений момент інерції обертових мас.

Робота кривошипно шатунного механізму з системою DTC була досліджена на розробленій моделі. Структурна схема моделі приведена на Рис.1. В моделі використовувалися параметри асинхронного короткозамкненог двигуна: $P_n=75\text{kВт}$, $n_n=1484$ об/хв. та

¹ Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: Slfkarpluk@polynet.lviv.ua

модель DTC із бібліотеки Simulink SimPowerSystems з частотою перемикачів 20 кГц та шириною гістерезисних вікон: для моменту –10 Нм, потоку –0.02 Вб. Запропоновані способи керування частотно керованим електроприводом зі змінним моментом інерції та навантаження, виявились ефективними для прогнозованого статичного навантаження з аналітично визначеним законом його зміни $M_c(\alpha) = f(\alpha)$.

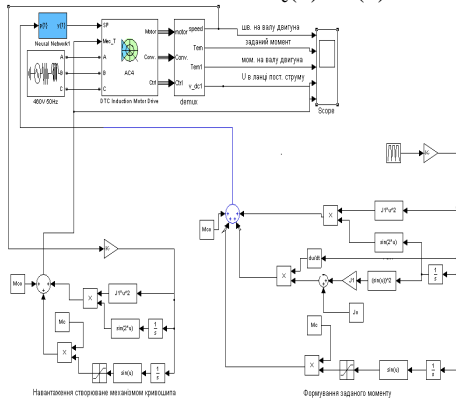


Рис.1 Структурна схема моделі

Програмні засоби керування в проведених дослідженнях відпрацьовували наперед задане значення режимів навантаження. В режимах роботи кривошипно шатунного механізму закон зміни статичного моменту не є детермінованим. Це пов'язано зі зміною тертя між повзуном та станиною, роботою з оброблюваними матеріалами, які мають різні фізичні властивості.

В роботі системи формування заданої траєкторії при зміні статичного моменту спостерігається розбіжність між навантаженням створюваним механізмом та обрахованим завданням моменту. Це приводить до відхилення реальної швидкості від заданого значення, що в свою чергу, збільшує накопичення похибки в циклі роботи. Різниця швидкостей призводить до розбіжності вирахованого сигналу керування по відношенню до створеного механізмом, як по амплітуді так і по фазі.

Для корекції сигналу завдання моменту додатково в структуру системи регулювання вводиться штучна нейронна мережа (нейрорегулятор) Рис.2. За перевищення напруги ланки постійного струму допустимого значення, штучна нейронна мережа корегує сигнал керування.

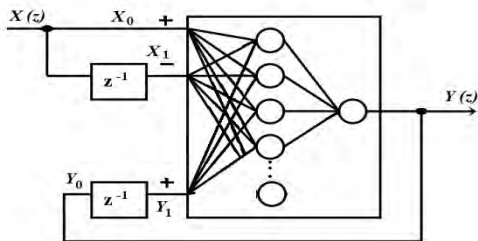


Рис.2 Функціональна схема нейрорегулятора

Нейрорегулятор представляє собою багатшарову нейронну мережу з прямою передачею сигналу і зворотнім поширенням помилки. Функціональна схема регулятора представлена на рис.3. Нейронна мережа має в першому вхідному шарі 5 нейронів, а у вихідному шарі

один нейрон з функціями активації (tansig, pureline) відповідно. Блок формування заданого моменту з введеним нейрорегулятором відпрацьовує сигнал, який відповідає виразу (1)

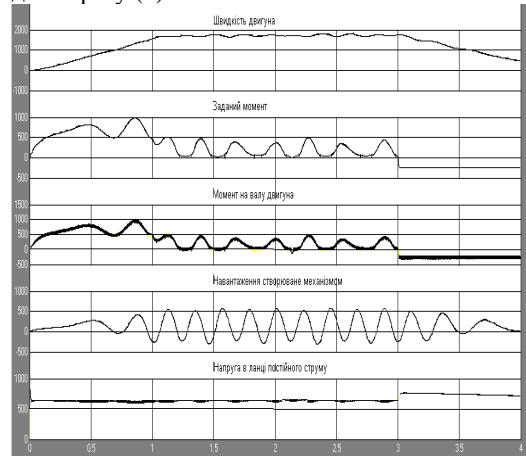


Рис.3 Динамічні процеси в системі електроприводу з програмним завданням моменту

В формуванні моменту відображається зміна моменту статичного, та моменту інерції відносно кута повороту.

V. ВИСНОВКИ

Отримані результати моделювання процесів в системі електроприводу приведені на Рис.3, дозволяють зробити висновок: система з нейрорегулятором у прямому каналі керування дозволяє стабілізувати напругу ланки постійного струму, а отже й обмежувати режими рекуперативної, при чому функціонування електроприводу забезпечується і за відхилення характеру зміни навантаження.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Л.Б. Гейлер. Электропривод в тяжелом машиностроении//Москва, МАШГИЗ,-1958,-С.44-50.
- [2] Piotr Huryń. Serwonapedy B&R Acopos // Napedy i sterowanie. –2004. –№718(63/64). –р.18-20.
- [3] James N. Nash. Direct Torque Control, Induction Motor Vector Control Without an Encoder // IEEE Transactions on industry applications. Vol. 33, № 2 March/April 1997
- [4] Б.Л.Карплюк, Л.Ф.Карплюк, Б.Я.Панченко. Частотно-керований електропривод для навантаження з кривошипно-шатунним механізмом// Вісн. нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Електроенергетичні та електромеханічні системи». -2006.-№563. –С.38-41.
- [5] Карплюк Б.Л., Карплюк Л.Ф., Лозинський А.О. Обмеження перенапруг на ланці постійного струму частотно-керovanого електропривода зі змінним моментом інерції та навантаження Вісн. нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Електроенергетичні та електромеханічні системи». -2007.-№587. –С.22-27.
- [6] Fi-Jon Chang, Jin-Ming Liang, Yen-Chang Chen. Flood Forecasting Using Radial Basis Function Neural Networks //IEEE Trans. On System, Man and Cybernetics –part C: Applications And Reviews. -2001.-Vol.35, No4, -P.530-535.