

УДК 681.5

## **СТЕНД ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК**

**А. М. Фоменко**, доцент

**Д. Ю. Шарейко**, кандидат технічних наук, доцент

**І. С. Білюк**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова*

*Розглянуто конструкцію стенда для фізичного моделювання робочих процесів у електроприводах верстатів з ЧПК. Обґрунтовано використання фізичного моделювання для дослідження нелінійних систем керування електроприводами. Доведено доцільність використання стенду фізичного моделювання нелінійних процесів у підготовці фахівців з налагодження верстатів з ЧПК.*

**Ключові слова:** *фізичне моделювання, система керування, електропривод, верстат з ЧПК.*

**Постановка проблеми.** Як показує аналіз конструктивних особливостей сучасних комплектних електроприводів [1, 2], у складі їх систем керування застосовуються лінійні регулятори. Але відомо, що застосування нелінійних регуляторів дозволяє поліпшити всі показники якості регулювання у широкому діапазоні [3, 4]. Одним з шляхів розв'язку нелінійних задач при дослідженні систем керування електроприводами є фізичне моделювання.

Актуальним питанням є також і те, що постійне оновлення верстатного парку викликає додаткові вимоги до рівня підготовки обслуговуючого персоналу. Якісна підготовка сучасних спеціалістів-електромеханіків неможлива без вивчення ними процесів, що відбуваються в електроприводах верстатів з ЧПК при зміні параметрів налагодження системи керування на програмному рівні. Розв'язання цієї задачі неможливе без фізичного моделювання робочих процесів.

---

© Фоменко А. М., Шарейко Д. Ю., Білюк І. С., 2014

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [5] було запропоновано стенд для фізичного моделювання нелінійних процесів у електроприводах верстатів. Але дослідження взаємодії елементів у нелінійних електроприводах при фізичному моделюванні реальних промислових об'єктів та вивчення особливостей їх роботи при зміні параметрів налагодження регуляторів раніше не розглядалося [1, 2, 4].

**Метою статті** є опис основних елементів та принципу роботи стенду фізичного моделювання робочих процесів у електроприводах верстатів з ЧПК.

**Викладення основного матеріалу.** Для фізичного моделювання робочих процесів у електроприводах верстатів з ЧПК та їх налагодження розроблено «Стенд фізичного моделювання нелінійних процесів» [5]. Він побудований на основі механічно зв'язаних між собою асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором та двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Функціонально стенд складається з двох частин: електропривод змінного струму з асинхронним двигуном, що виконує роль виконавчого двигуна та електропривод постійного струму, що реалізує навантаження на виконавчий двигун. Головним керуючим елементом стенду є промисловий програмований логічний контролер (ПЛК) **Tecomat Foxtrot CP-1005** [6], що здійснює керування швидкістю обертів валу асинхронного двигуна **Transtecno MS7124** та моментом навантаження двигуна постійного струму **П12М72ОМ5**.

Реальний сигнал завдання за швидкістю з ПЛК відпрацьовується перетворювачем частоти **Lenze ESMD 751L4TXA** [7], який шляхом зміни частоти та величини своєї вихідної напруги керує асинхронним двигуном. Сигнал завдання за моментом навантаження поступає на привод постійного струму **Lenze Speed Controller 532**, що змінює величину вихідної постійної напруги, яка подається на обмотку збудження двигуна постійного струму. Обмотка якоря двигуна замкнута накоротко, отже створюваний момент навантаження є пропорційним струму збудження. Таким чином, двигун працює в генераторному режимі та створює протидіючий момент на-

вантаження на виконавчий двигун. Структурну схему стенда наведено на рис. 1.

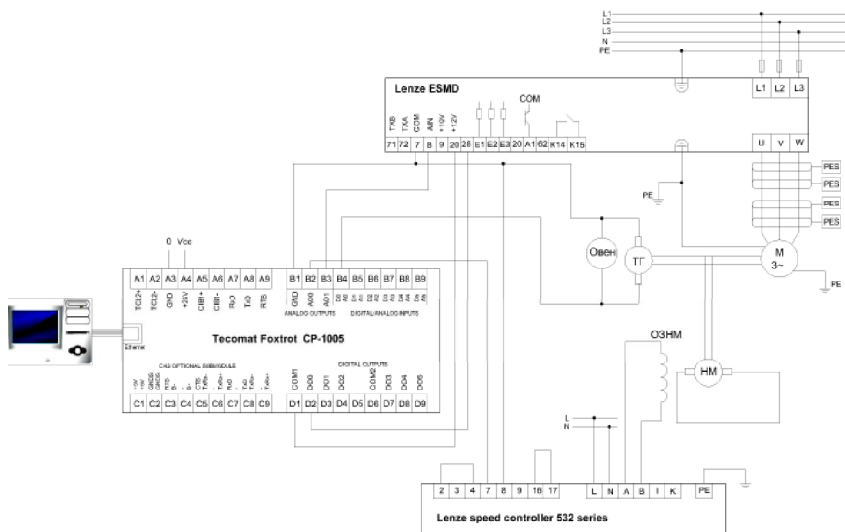


Рис. 1. Структурна схема стенда

Така побудова системи навантаження є повністю безпечною для двигуна з точки зору перевантажень та дозволяє, на відміну від традиційних методів введення додаткового опору в коло якоря, керувати процесом навантаження програмно за допомогою прикладеної напруги.

Система має головний зворотній зв'язок за швидкістю за рахунок використання тахогенератора, що підключено до входів ПЛК. Отже, реалізація принципу керування, побудова регуляторів системи, створення задаючого впливу, створення навантаження та відстеження реальних параметрів електроприводу здійснюються програмно, що дозволяє в повністю автономному режимі проводити дослідження без втручання в електромеханічну систему стенда.

Таким чином, завдяки застосуванню схеми, представленої на рис. 1, стає можливим моделювання процесів у реальних

промислових об'єктах, що керуються комплектними електроприводами. Перевагами такого стенду є можливість за допомогою програми в ПЛК проводити фізичну реалізацію довільного навантаження на об'єкт моделювання та в автоматичному режимі аналізувати параметри технологічного процесу.

Головний контролер має зв'язок з персональним комп'ютером через інтерфейс **Ethernet**, що дозволяє в інтерактивному режимі стежити та керувати його роботою в реальному часі.

Приводна електромеханічна частина стенду, що складається з асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, двигуна постійного струму з незалежним збудженням та тахогенератора, змонтована на спеціальну захищену раму. У відкритому стані вона наведена на рис. 2. Зовнішній вигляд робочого місця оператора стенду можна бачити на рис. 3.

Для роботи з даним обладнанням використовується спеціалізоване програмне забезпечення для програмування ПЛК пакету **Mosaic**, а також візуалізаційне середовище (пакет **Scada Reliance 3** [8]).



Рис. 2. Приводна електромеханічна частина стенду

На основі розробленого інтерфейсу візуалізації за допомогою **Reliance 3** реалізована можливість зручного керування роботою установки та відстеження графіків перехідних процесів за швидкістю. Процес розгону та зупинки між різними заданими швидкостями можна бачити на рис. 4, де зображено роботу інтерфейсу **Reliance 3** при роботі стенда. Крива 1 це сигнал завдання, що надходить з ЧПК, крива 2 – відпрацювання сигналу виконавчим механізмом верстата. Порівнюючи ці криві з реальними характеристиками електроприводів верстатів [1] можна побачити їх ідентичність.

Для гнучкої настройки параметрів, редагування програми роботи та відстеження всіх змінних системи у режимі реального часу застосовується потужний інструментарій програмування середовища **Mosaic**. На рис. 6. представлено робоче вікно програми з декларуванням змінних на програмній мові **ST**. Даний пакет дозволяє повністю контролювати роботу головного контролера стенду, оперативно вносити зміни в алгоритм його роботи та проводити безупинне налагодження робочої програми в режимі реального часу.



Рис. 3. Робоче місце оператора стенду

Окрім того, застосування вбудованої бібліотеки *PID\_Maker* суттєво спрощує процес побудови топології регуляторів, адже дозволяє проводити зручну інтерфейсну настройку всіх додаткових змінних процесу та реалізовувати алгоритм автопідбору параметрів при пробних запусках, що на реальних об'єктах є невід'ємною частиною процедури настройки складних структур з ПД-регуляторами [3, 4].

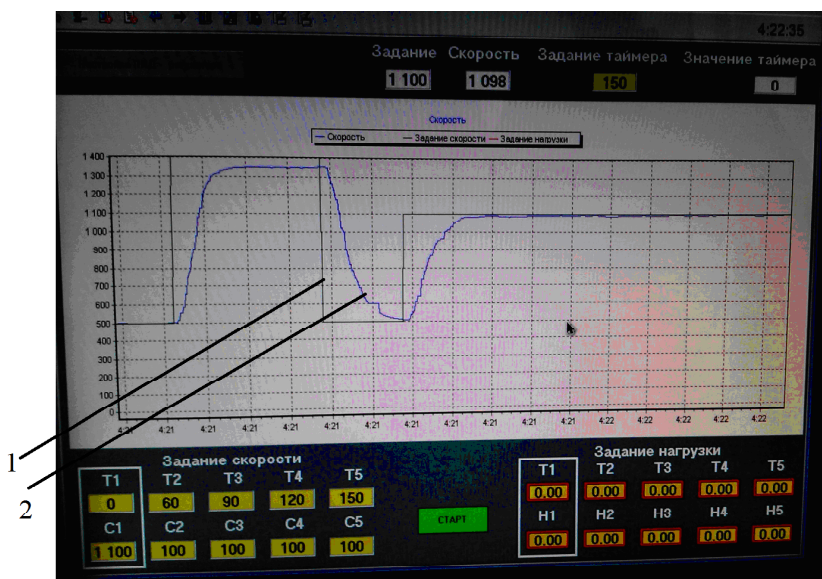


Рис. 4. Робочий процес візуалізації в Reliance 3

**Висновки. 1.** Розглянутий стенд може бути застосований у навчальному процесі при підготовці фахівців з налагодження верстатів з ЧПК. Він розроблений, виготовлений та використовується авторами у навчальному процесі на кафедрі автоматики Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова. **2.** За допомогою розроблених керуючих програм можна легко змінювати закон регулювання, враховуючі нелінійності.

Список використаних джерел:

1. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М. П. Белов — М. : Академия, 2007. — 576 с.
2. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепик — К. : Либідь, 2005. — 680 с.
3. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук — К. : Либідь, 2007. — 656 с.
4. Вплив закону регулювання на діапазон керування / Д. Ю. Шарейко, І. Ю. Гріднев // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2012. — №4 (68), Т. 1. — С. 245-253.
5. Пат. 65775 Україна, МПК G05B 23/02 (2006.01) Стенд фізичного моделювання нелінійних процесів / Шарейко Д. Ю., Фоменко А. М., Степанов С. А., Гріднев І. Ю., Серб А. І., заявник та патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова. — № 201107799, заявл. 21.06.2011 ; опубл. 12.12.2011, бюл. № 23 .
6. Программируемые контролеры Tecomat Foxtrot [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.tecomat.com/>.
7. Приводная техника в Украине Lenze [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.lenze.org.ua/>.
8. Reliance SCADA/HMI system [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.reliance-scada.com/>.

*А. Н. Фоменко, Д. Ю. Шарейко, И. С. Билук. **Стенд физического моделирования рабочих процессов в электроприводах станков с ЧПУ.***

*Рассмотрена конструкция стенда для физического моделирования рабочих процессов в электроприводах станков с ЧПУ. Обосновано использование физического моделирования для исследования нелинейных систем управления электроприводами. Доказана целесообразность использования стенда физического моделирования нелинейных процессов при подготовке специалистов по наладке станков с ЧПУ.*

*A. Fomenko, D. Shareiko, I. Bilyuk. **The bench for physical modeling of the work processes in the electric drives of the machining workstations with numerical program control.***

*The article considers the construction of the test bench for physical modeling of the work processes in the electric drives of the machining workstations with numerical program control. The use of physical modeling is justified for the research of the nonlinear control systems of the electric drives. The expediency of using the test bench of physical modelling of the nonlinear processes is proved when training the specialists in setting the machining workstations with numerical program control.*