

УДК 621.867

Суботін О. В., Бородай Р. А.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕРСТАТА ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЙОГО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Основні завдання, що стоять перед вітчизняним верстатобудуванням, зводяться до підвищення продуктивності, точності обробки для досягнення найкращих техніко-економічних показників і підвищення конкурентоспроможності, надійності металорізальних верстатів. Вирішення цих завдань досягається за рахунок застосування передових технологій обробки, сучасних систем управління, раціонального використання ресурсів [1].

В даний час в промисловості використовують застаріле обладнання, що пов'язано з рядом причин економічного характеру. Підвищення продуктивності і якості обробки на застарілому обладнанні стало можливим завдяки модернізації його вузлів з метою наближення його характеристик до паспортних значень.

В якості комплексного показника надійності (враховує безвідмовність і ремонтпридатність) повинен використовуватися коефіцієнт готовності, що визначає ймовірність працездатності системи в будь-який довільно обраний момент часу відповідно до режиму роботи об'єкта управління. Коефіцієнт готовності для системи в цілому повинен скласти 0,995 для автоматичного режиму (з урахуванням надійності датчиків та 0,998 – для ручного режиму). Тому ефективними засобами підвищення надійності є: вибір елементів з найменшою вірогідністю відмови; розробка сучасної системи діагностики та захисту від аварій.

Найбільш складними завданнями проектування є завдання забезпечення необхідної точності, яка залежить практично від усіх компонентів системи управління.

Також дуже важливо підвищення продуктивності. Завдання підвищення продуктивності стала актуальною з появою нових інструментальних матеріалів, що вимагає від приводу головного руху верстата реалізації нових, високошвидкісних режимів обробки металу.

Застарілі системи знижують продуктивність, вимагають періодичного кваліфікованого ремонту і технічного обслуговування. Крім того, виникає проблема інтеграції верстатів з ЧПК в сучасні автоматизовані системи управління виробництвом.

Підвищення продуктивності верстатів досягається удосконаленням режимів різання, застосуванням нової прогресивної технології із зменшенням неробочого для інструменту часу, модернізацією верстатного електрообладнання.

Наприклад, модернізація системи керування електроприводом механізму головного руху горизонтально-розточувального верстата (оброблювального центру) СВФК 130 повинна та здатна забезпечити всі необхідні вимоги якості, надійності і бути рентабельною за рахунок підвищення продуктивності верстата. Існуюча система і верстат в цілому на сьогоднішній день не відповідають жодному з перерахованих вимог.

Найбільш складними завданнями проектування є завдання забезпечення необхідної точності, яка залежить практично від усіх компонентів системи управління.

Таким чином, модернізація системи управління верстата за рахунок розробки модуля керування приводу головного руху є актуальною задачею.

Для модернізації використовується програмований контролер SIMATIC S7-300 виробництва фірми SIEMENS [2]. Обрана система ЧПК SINUMERIK 840D у комбінації з лінійкою приводів SIMODRIVE 611 digital утворює повну цифрову систему, яка підходить для складних завдань обробки і характеризується максимальною динамікою і точністю.

У зв'язку з тим, що горизонтально-розточувальний верстат СВФК-130 є високотехнологічним устаткуванням, здатним працювати з шістьма осями, то доцільно вибрати модуль NCU 573.5, який є флагманом SINUMERIK 840D і має підвищену продуктивність.

Для програмування і конфігурування контролерів SIMATIC S7-300 можуть використовуватися пакети STEP 7 або STEP 7 Lite (для автономних систем управління). Також, для програмування контролерів S7-300 може використовуватися весь набір програмного забезпечення Runtime та широкий спектр інструментальних засобів проектування.

Панель оператора вибрано SINUMERIK OP 015A з кольоровим дисплеєм TFT 15" (XGA) з інтегрованою мишею. Також передбачається ручний пульт управління типу В-MPI.

В якості плати управління обрано універсальну, що може застосовуватися в якості приводу подачі або приводу головного руху. Вона використовується разом з ЧПК SINUMERIK 840D в комбінації з асинхронними двигунами для приводів головного руху. Обрано плату управління High-Performance в одноосьовому виконанні з цифровим інтерфейсом заданого значення 6SN11 18-0DK23-0AA1.

Для зовнішнього живлення модулів PLC вибираємо стабілізоване джерело живлення SITOP 20A (6EP1436-3BA00), а для живлення входів/виходів SITOP 10A (6EP1437-3BA00). При роботі з високочутливими споживачами застосування блоків живлення з відповідними характеристиками забезпечує безпеку, збільшення терміну служби і економічність.

Для управління приводом вибираємо перетворювач SIMODRIVE 611. Він складається з наступних модулів: модуля живлення-рекуперації; цифрових плат управління SIMODRIVE 611 і SINUMERIK 840D.

На рис. 1 наведена конфігурація модернізованої системи управління верстатом.

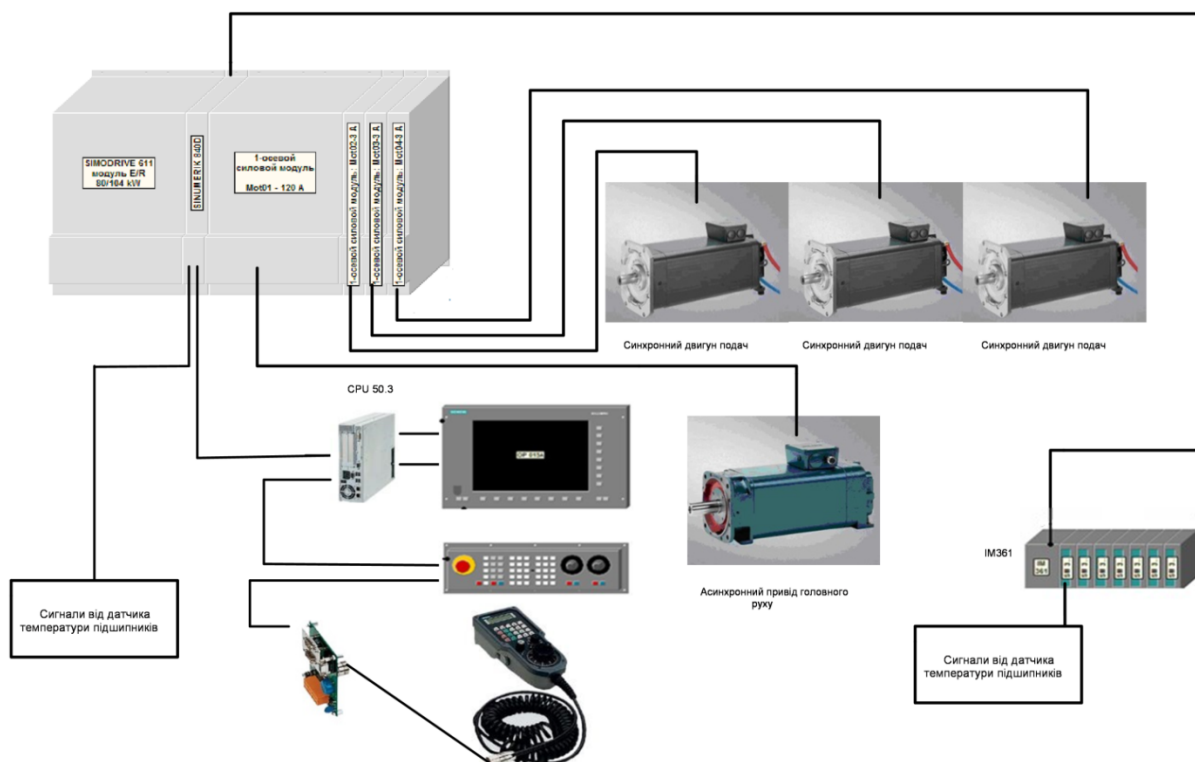


Рис. 1. Конфігурація системи управління верстата

Для перевірки якості роботи електроприводу і оцінки перехідних процесів складено його модель в середовищі MATLAB. Схема структурної моделі частотного електроприводу з векторним керуванням показана на рис. 2 [3].

Модель в своєму складі має блок векторної системи управління Vector Control зі схемою визначення вихідної частоти інвертора, також розроблено м-файл, в якому записані параметри електричного двигуна. Статичне навантаження та наброс і скидання навантаження на валу двигуна формується програмними блоками відповідно Nagruzka та Friction.

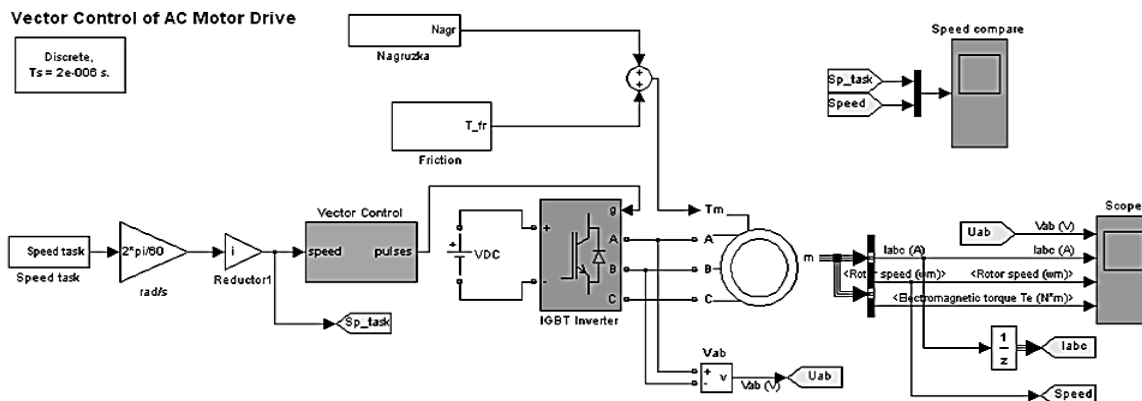


Рис. 2. Модель приводу з векторним керуванням

Графіки перехідних процесів в електроприводі наведені на рис. 3.

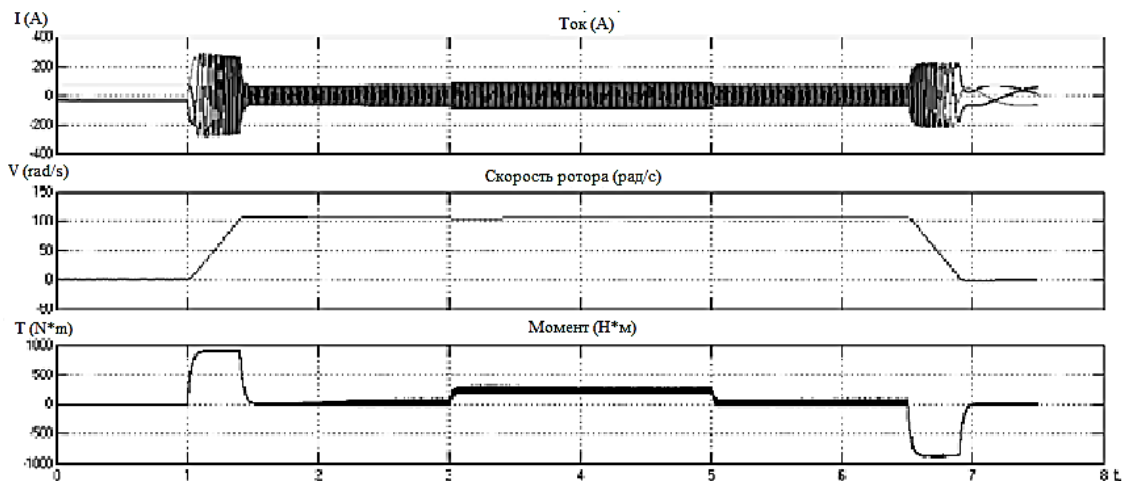


Рис. 3. Графіки перехідних процесів побудованої моделі

Графік перехідного процесу Speed Motor compare, на якому порівнюються номінальна частота обертання ротора двигуна з фактичною, показаний на рис. 4.

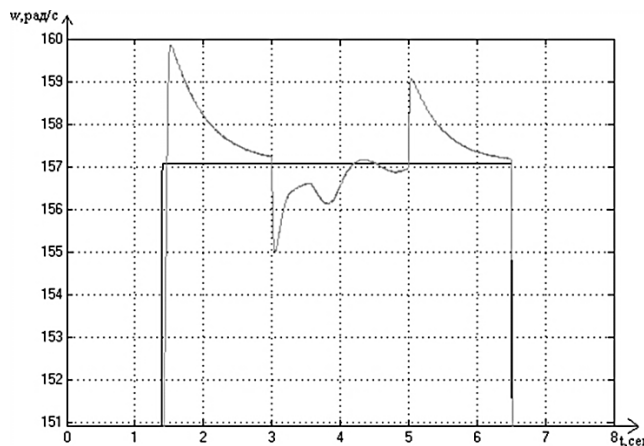


Рис. 4. Перехідний процес частоти обертання ротора

На рис. 3 наведені графіки перехідних процесів струму $I(t)$, швидкості $\omega(t)$ і моменту $M(t)$ електроприводу при пуску, набросі навантаження від M_0 до $M_{ном}$, скиданні навантаження з $M_{ном}$ до M_0 при номінальному сигналі завдання, гальмуванні.

Аналіз графіків перехідних процесів дає можливість зробити наступні висновки: пускові струми не перевищують двохкратних від номінальних струмів; динамічна помилка регулювання швидкості (перерегулювання) при набросі й скиданні номінального навантаження не перевищує заданої (5 %); час пуску становить 0,4 с, що відповідає встановленому прискоренню при пуску.

Таким чином, показники якості регулювання частотним електроприводом задовольняють вимогам технологічного процесу.

З рис. 4 маємо, що максимальна амплітуда фактичної частоти обертання ротора двигуна $\omega_{\text{макс}} = 159,5$ рад/с, а номінальна частота обертання $\omega_{\text{ном}} = 157,1$ рад/с.

Визначаємо перерегулювання:

$$\sigma = \frac{\omega_{\text{макс}} \cdot \omega_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{159,5 \cdot 157,1}{157,1} \cdot 100\% = 1,52\%,$$

де σ – перерегулювання;

$\omega_{\text{ном}}$, $\omega_{\text{макс}}$ – відповідно номінальна та максимальна (фактична) частота обертання ротора двигуна, рад/с.

Отримане значення перерегулювання має малу величину і становить $\sigma = 1,52$ %, що відповідає вимогам управління системою, оскільки не виходить за межі 5 %. На підставі цього робиться висновок про доцільність застосування саме векторної системи управління [4].

Програмування контролера SIMATIC S7-300 проведене в середовищі Step-7 в редакторі LAD діаграм. Поставлено ряд завдань з контролю основних параметрів приводу головного руху верстата при підготовці до запуску і контроль його роботи: перевірка реалізації наявності помилок; перевірка і робота приводу головного руху; перевірка джерел живлення; перевірка гідравлічних параметрів; перевірка наявності завдання швидкості і зворотного зв'язку; перевірка затискачів; підтримка роботи приводу; дозвіл включення приводу головного руху; контроль швидкості обертання.

ВИСНОВКИ

Проведена модернізація системи управління оброблювального центру СВФК 130 з метою підвищення його продуктивності. При проектуванні використовується програмований контролер SIMATIC S7-300 виробництва фірми SIEMENS.

Проведено конфігурування модернізованої системи управління, а для перевірки якості роботи електроприводу головного руху і оцінки якості перехідних процесів складено його модель в середовищі MATLAB. Аналіз роботи системи керування електроприводом в перехідних режимах доводить адекватність проведених досліджень.

Таким чином, в результаті модернізації можна отримати конкурентоздатну систему управління верстатом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко Г. П. Управление процессом эксплуатации инструмента при обработке деталей на тяжелых верстатах / Г. П. Клименко, О. В. Суботин // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2015. – Вип. № 37. – С. 88–92.
2. Каталог СА01. Редакція 01/01, Версія 11.0.134. © Siemens Номер: E86060-Д4001-А110-В3-7600.
3. Суботин О. В. Исследование методов регулирования момента и скорости в асинхронных электроприводах ленточных конвейеров [Электронный ресурс] / О. В. Суботин, А. И. Яковлева // Вісник ДДМА : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – № 3(24Е). – С. 73–77. Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%963\(24%D0%95\)_2017/article/11.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%963(24%D0%95)_2017/article/11.pdf).
4. Виноградов А. Б. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ / А. Б. Виноградов, А. Н. Сибирицев, И. Ю. Колодин // Силовая электроника. – 2006. – № 3.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2018 р.