

МОДЕЛЮВАННЯ СПОСТЕРІГАЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ СКІПОВОГО ПІДЙОМНИКА

Анотація. В даній роботі розроблена математична модель електропривода для скіпового підйомника доменної печі з навантажувальною діаграмою механізму та спостерігачем при підпорядкованому регулюванні параметрів з можливістю забезпечення плавності руху. Синтезований спостерігач для оцінювання швидкості двигуна та статичного навантаження, який за допомогою виміряного струму якоря та швидкості двигуна оцінює прискорення виконавчого механізму. Система знаходиться під впливом збурення у вигляді діаграми навантаження механізму електропривода.

Ключові слова: електропривод, регулятор струму, датчик швидкості, спостерігач, визначник матриці, швидкодія електропривода, статична помилка.

Постановка проблеми. Сучасний цифровий електропривод є основою для автоматизації багатьох сучасних металургійних процесів.

Питання спостерігачів стану є найбільш доцільним де встановлення датчиків змінних стану електропривода недоцільно у зв'язку з умовами експлуатації електропривода, наприклад при роботі механізмів у вибухово- та пожежонебезпечних приміщеннях, хімічно агресивних та радіоактивних середовищах, а також в умовах вібрації та значних ударних навантажень.

До однієї з основних проблем при реалізації систем автоматизованого керування без датчиків регульованих координат слід віднести підвищену чутливість електропривода до зміни його внутрішніх параметрів у процесі експлуатації, як слідство – спостерігач стану двигуна повинен забезпечувати параметричну робастність електропривода [1].

Значний внесок в розробку, вивчення та вдосконалення електроприводів зі спостерігачами стану внесли такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Л.В. Акімов, В.І. Колотило, В.С. Марков, В.Б. Клепиков Н.А. Задорожній, В.В. Панкратов, А.Б. Виноградов, І.Я. Браславський і ін.

В теперішній час у вказаній області наукових досліджень спостерігається концепція розробок спостерігачів для вирішення вузького класу об'єктно-орієнтованих задач, але не приділялося уваги створенню спостерігача, який зміг би забезпечити відновлення сигналів зворотних зв'язків (наприклад за швидкістю та струмом електропривода для досліджувального механізму) для більшості основних методів керування двигуном постійного струму [2-6]. Вирішення питання створення такого спостерігача для даного електропривода представляє науковий та практичний інтерес, і як слідство дана робота є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило на таких механізмах встановлена двозонна система регулювання швидкості тиристорний перетворювач – двигун (ТП-Д), наприклад на ПрАТ «Дніпровський металургійний завод», ММК ім. Ілліча. Даний механізм задіяний у безперервному завантаженні доменної печі шихтовими матеріалами.

Спроби моделювання електропривода подібних механізмів були опубліковані в роботах [2-3]. Авторами розглянуті двомасові моделі електропривода із використанням різних способів корекції зворотних зв'язків за координатами електропривода без використання можливостей спостерігачів.

Методики синтезу параметрів та структур електромеханічних систем (ЕМС), що використовуються на практиці передбачають мінімізацію реакції електропривода на коливання механічної частини. В дійсності в ЕМС необхідно розглядати взаємодію коливань. Наприклад у роботі [3], синтез параметрів системи автоматичного керування (САК) з мінімізацією реакції електропривода на коливання в механічній частині здійснюється без врахування взаємозв'язку параметрів електричної та механічної підсистем.

З метою покращення якості керування за рахунок збільшення інформації про координати об'єкта керування, які складно виміряти, авто-

рами робіт [4-5] запропоновано використання спостерігачів стану. Для побудови (моделювання) спостерігача необхідно, щоб об'єкт був керованим і спостережуваним (відновлюваним).

Таким чином, одним із пріоритетних напрямів активної компенсації пружних механічних коливань для електропривода є синтез ЕМС із реалізацією демпфуючої дії електропривода та використанням спостерігачів стану.

Мета дослідження. Розробка і дослідження математичної моделі електропривода для скіпового підйомника доменної печі №1 в умовах ПрАТ «Дніпровський металургійний завод» з пружним зв'язком і спостерігачем повного порядку при підпорядкованому регулюванні параметрів.

Викладення основного матеріалу дослідження. В даній роботі розглядається математична модель електропривода для скіпового підйомника з пружним зв'язком і спостерігачем на базі двигуна постійного струму типу П2-450-123-4У3. Живлення двигун П2-450 отримує від комплектного тиристорного електропривода з власним трансформатором типу ТСЗП-630/10У3, 630КВА під'єднаним до 6кВ. Структурна схема електропривода зі спостерігачем наведена на рис.1. Тиристорний перетворювач виконаний за структурною багатоконтурною схемою з послідовною корекцією.

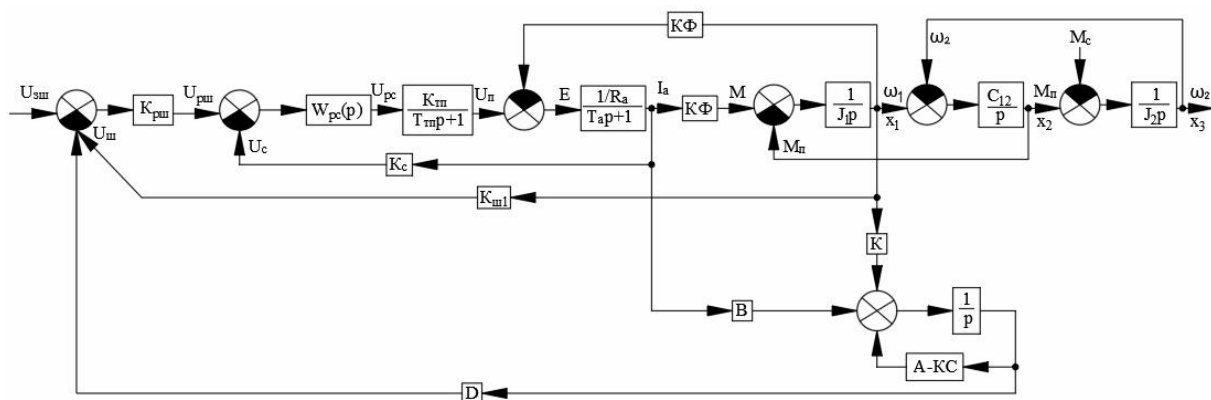


Рисунок 1 - Структурна схема електропривода зі спостерігачем

Дану структурною схемою передбачається використання спостерігачючого пристрою (А, В, С, D, К) який повинен за допомогою вимірюного струму якоря та швидкості двигуна оцінити прискорення виконавчого механізму.

Для об'єкту керування можна записати наступні рівняння стану:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_1 = (I_a \cdot K\Phi - x_2) \cdot \frac{1}{J_1}; \\ \dot{x}_2 = (x_1 - x_3) \cdot C_{12}; \\ \dot{x}_3 = (x_2 - x_4) \cdot \frac{1}{J_2}; \\ \dot{x}_4 = 0, \end{array} \right. \quad \text{або} \quad \left\{ \begin{array}{l} \dot{\omega}_1 = (I_a \cdot K\Phi - M_{\pi}) \cdot \frac{1}{J_1}; \\ \dot{M}_{\pi} = (\omega_1 - \omega_2) \cdot C_{12}; \\ \dot{\omega}_2 = (M_{\pi} - M_c) \cdot \frac{1}{J_2}; \\ \dot{M}_c = 0. \end{array} \right.$$

Єдиною вимірюваною координатою об'єкта є швидкість двигуна $x_1 = \omega_1$, тому на підставі складених рівнянь стану та враховуючи матрично-векторну форму запису рівнянь отримаємо параметри спостерігача:

$$\left. \begin{array}{l} \dot{x} = A \cdot x(t) + B \cdot I_a(t); \\ \omega_1(t) = C \cdot x(t), \end{array} \right\}$$

тут

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{J_1} & 0 & 0 \\ C_{12} & 0 & -C_{12} & 0 \\ 0 & \frac{1}{J_2} & 0 & -\frac{1}{J_2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} \frac{K\Phi}{J_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; C = [1 \ 0 \ 0 \ 0], K = \begin{bmatrix} k_{11} \\ k_{21} \\ k_{31} \\ k_{41} \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned} & \det[pI - (A - K \cdot C)] = \\ & = p^4 + p^3 \cdot k_{11} + p^2 \cdot \frac{C_{12}}{J_2} + p^2 \cdot \frac{C_{12}}{J_1} - p^2 \cdot \frac{k_{21}}{J_1} + p \cdot \frac{k_{11} \cdot C_{12}}{J_2} + p \cdot \frac{k_{31} \cdot C_{12}}{J_1} - p \cdot \frac{k_{41} \cdot C_{12}}{J_1 \cdot J_2}, \end{aligned}$$

$$D = \begin{bmatrix} K_{\text{шт2}} & 0 & -K_{\text{шт2}} & -\frac{K_c}{K_{\text{пш}} \cdot K\Phi} \end{bmatrix},$$

$$\left. \begin{aligned} k_{11} &= b_3; \\ k_{21} &= C_{12} \cdot \frac{J_1}{J_2} + C_{12} - J_1 \cdot b_2; \\ k_{31} &= b_1 \cdot \frac{J_1}{C_{12}} - b_3 \cdot \frac{J_1}{J_2}; \\ k_{41} &= -\frac{b_0 \cdot J_1 \cdot J_2}{C_{12}}. \end{aligned} \right\}$$

На рис.2 наведена математична модель електропривода з пружним зв'язком та спостерігачем стану засобами Matlab.

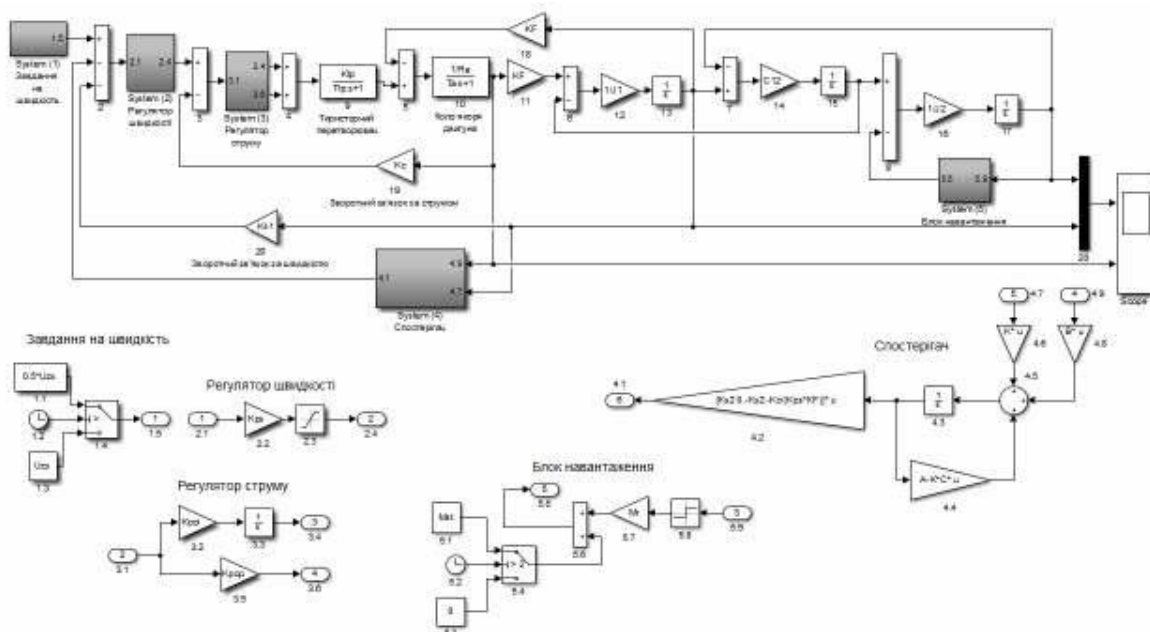


Рисунок 2 - Модель електропривода з пружним зв'язком та спостерігачем стану засобами Matlab

Графіки перехідних процесів за швидкістю 1 (2) та струмом в електроприводі зі спостерігачем представлені на рис.3. Тут 1 – кутова швидкість двигуна а (2) – кутова швидкість виконавчого механізму. Розрахунки параметрів моделі виконані у m-файлі.

У роботі здійснено розв'язання актуальної практичної задачі з дослідження моделі електропривода постійного струму з пружними елементами у механічній частині зі спостерігачем швидкості та струму навантаження з метою забезпечення плавності руху механізму скіпової лебідки доменної печі.

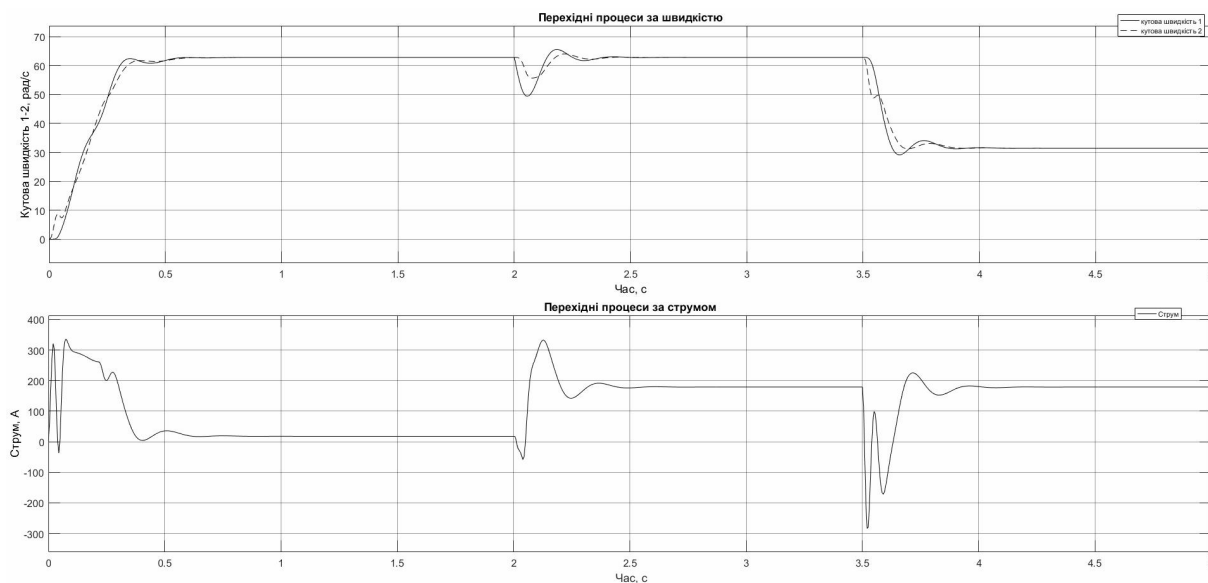


Рисунок 3 - Графіки перехідних процесів за швидкістю 1(2) та струмом

Висновок. Визначені основні параметрами, які впливають на динаміку спостерігача: модуль дійсного кореню його характеристичного рівняння, співвідношення моментів інерції та частота незатухаючих коливань. З метою компенсації статичної помилки що виникає при корегуванні за різницею швидкостей при впливі моменту, сигнал за моментом навантаженні подається на вхід контуру швидкості через відповідну ланку. Отримана математична модель зі спостерігачем швидкості та струму навантаження використана для електропривода скіпового підйомника з метою забезпечення плавності руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система подчиненного регулювання скорости с наблюдателем динамического и статического токов первого порядка / П. Х.Коцегуб, О. И. Толочко, В. Ю. Маринчев, П. И. Розкаряка. // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. – 2001. – С. 103–109.

2. Стьопкін В. В. Дослідження впливу корегувальних зворотних зв'язків на механічні коливання електропривода засобами Matlab / В. В. Стьопкін, Т. В. Селівьорстова, В. О. Дереза. // VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління». – 2018. – С. 86–91.

3. Зворыкин В. Б. Коррекция САР скорости при наличии упругой связи двигателя с механизмом и малых коэффициентах соотношения инерци-

онных масс / В. Б. Зворыкин, Г. Ю. Станциц. // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2013. – С. 73–78.

4. Акимов Л. В. Динамика двухмассовых систем с нетрадиционными регуляторами скорости и наблюдателями состояния / Л. В. Акимов, В. И. Колотило, В. С. Марков. – Харьков, 2000. – 93 с. – (ХГПУ).

5. Колотило В. И. Разработка принципиальной схемы наблюдателя пониженного порядка для тиристорных электроприводов с упругой кинематикой / В. И. Колотило, В. С. Марков. // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 2000. – №79. – С. 68–70.

REFERENCES

1. Sistema podchinennogo regulirovaniya skorosti s nablyudatelem dinamicheskogo i staticheskogo tokov pervogo poryadka / P. H. Kotsegub, O. I. Tolochko, V. Yu. Marinchev, P. I. Rozkaryaka. // Problemyi sozdaniya novyih mashin i tehnologiy. Nauchnyie trudyi KGPU. – 2001. – S. 103–109.

2. Stopkin V. V. Doslidzhennia vplyvu korehuvalnykh zvorotnykh zviazkiv na mekhanichni kolyvannia elektropyvoda zasobamy Matlab / V. V. Stopkin, T. V. Selivorstova, V. O. Dereza. // VI Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia molodykh uchenykh ta studentiv «Aktualni problemy avtomatyzatsii ta upravlinnia». – 2018. – S. 86–91.

3. Zvoryikin V. B. Korrektsiya SAR skorosti pri nalichii uprugoy svyazi dvigatelya s mehanizmom i malyih koeffitsientah sootnosheniya inertsionnyih mass / V. B. Zvoryikin, G. Yu. Stanchits. // Mizhvidomchiiy naukovotekhnichnyi zbirnik «Adaptivni sistemi avtomatichnogo upravlinnya». – 2013. – S. 73–78.

4. Akimov L. V. Dinamika dvuhmassovyih sistem s netraditsionnyimi regulatorami skorosti i nablyudatelyami sostoyaniya / L. V. Akimov, V. I. Kolotilo, V. S. Markov. – Harkov, 2000. – 93 s. – (HGPU).

5. Kolotilo V.I. Razrabotka printsipialnoy shemyi nablyudatelya ponizhenogo poryadka dlya tiristornyih elektropyvodov s uprugoy kinematikoy / V.I. Kolotilo, V.S. Markov // Vestnik Harkovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. – 2000. – №79. – S. 68–70.