

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.5:629.3

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.22

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ПРИВОДОМ МОСТОВОГО КРАНА З НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Залятов А. Ф., Закір'я Р. Р., Бережна О. В., Малигіна С. В.  
Донбаська державна машинобудівна академія

**Анотація.** У статті вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення енергоефективності системи керування асинхронними електроприводами підйомно-транспортного обладнання підприємств машинобудівної галузі, зокрема мостових кранів, що визначаються високим рівнем динамічного навантаження як за механічними, так і за електромагнітними показниками. З метою порівняльного аналізу ефективності систем керування здійснено комп'ютерне моделювання векторного керування асинхронним електроприводом з використанням пропорційно-інтегральних та нейрорегуляторів на основі нечіткої Fuzzy-логіки. Наведено результати моделювання та визначено переваги застосування системи векторного керування з нечітким нейрорегулятором щодо асинхронного електропривода мостового крана, зокрема підвищення енергоефективності роботи та зниження динамічних навантажень за умови різких змін сигналу керування із забезпеченням високої точності процесу керування.

**Ключові слова:** система керування, нейрорегулятор, векторне керування, асинхронний електропривод

**Вступ**

Однією з основних проблем підприємств важкого машинобудування є висока навантаженість підйомно-транспортного обладнання, зокрема мостових кранів, що є об'єднаною електромеханічною динамічною системою, яка містить елементи накопичення енергії, зокрема не тільки механізми та конструкції, але й привідні двигуни [1–2]. Крім того, через переривчастий та ритмічний тип їхньої роботи виникає перехідна вібрація. Перехідні динамічні процеси є критично важливою проблемою для проектувальників та виробників, яка впливає на всі аспекти експлуатаційної стійкості обладнання. Отже, у процесі проектування підйомно-транспортного обладнання типу мостових кранів потрібно ретельно враховувати часову динаміку не тільки механічних, але й електромагнітних навантажень під час експлуатації [1–4].

**Аналіз публікацій**

У кранових приводах змінного струму сучасного виробництва використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором з перетворюванням частоти для всіх типів руху [5–7]. Концепція керування такими приводами, що базується на застосуванні програмованих логічних контролерів та про-

мислової мережі зв'язку є стандартним рішенням, яке використовується у складних застосунках [8]. Також часто використовуються багатомоторні приводи та пропорційний розподіл потужності між двигунами [9], тобто величина обертового моменту, прикладеного до навантаження від кожного двигуна задається та реалізується перетворювачем і комплектом двигунів. Таким чином, кілька двигунів та перетворювачів, що живлять один і той самий процес, мають додавати пропорційну частку потужності до загального привідного навантаження. Кілька двигунів, що працюють від одного перетворювача, не розподіляють навантаження, оскільки керування обертовим моментом окремих двигунів є неможливим. Двигуни, які керуються окремими перетворювачами без будь-якого з'єднання, також не визначають навантаження. Отже, відсутність з'єднання унеможливає процеси порівняння та генерації сигналів помилки, які є необхідними для компенсації відмінностей у навантаженні, прикладеному до будь-якого окремого комплексу привода та двигуна [9, 10].

Крім того, високі нелінійні характеристики асинхронних приводів ускладнюють процес керування, що безпосередньо впливає на надійність та ефективність роботи підйомно-транспортного обладнання. З метою вирі-

шення проблеми створення високоефективних електроприводів використовують векторне керування [11]. Основою векторного керування асинхронним електроприводом є диференціальні рівняння, за допомогою яких можна описати роботу електричної машини як у статиці, так і в динаміці. Запис величин у векторній системі координат дозволяє розділити канали керування потоком і моментом, у цьому випадку значення цих величин визначаються незалежно двома складовими струму статора, що дорівнюють проекціям вектору струму на осі системи координат, яка обертається. Така система керування є класичною системою підпорядкованого регулювання, в якій контури струмових складових є внутрішніми щодо контурів регулювання потоку та моменту. Керування електромагнітним моментом досягається керуванням амплітудою та миттєвою фазою струму статора або його напруги, що дозволяє досягти повного керування машиною в динаміці та здійснити потрібні перехідні процеси, якість яких значно вища за якість процесів скалярного керування системою, що дозволяє застосовувати векторні системи керування, зокрема у високоточних електроприводах [11].

Таким чином, вибір оптимального варіанта керування для конкретних технічних об'єктів має базуватися на методах, що відповідають певним об'єктам керування.

#### Мета та постановка завдання

Метою роботи є дослідження динаміки електропривода з нечітким регулятором для досягнення покращення показників енерго-

фективності системи підйомно-транспортного обладнання. Це дозволить зменшити динамічне навантаження, покращити точність регулювання, знизити енерговитрати та підвищити ККД під час експлуатації мостових кранів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- розробити алгоритм роботи системи векторного керування асинхронним електроприводом мостового крана з нечітким регулятором;
- розробити комп'ютерні моделі векторного керування електроприводом та підсистеми векторного регулювання;
- здійснити процес синтезу нейрорегулятора системи векторного керування асинхронним приводом мостового крана.

#### Проведення досліджень та обговорення результатів

Як перетворювачі електроенергії використовуються напівпровідникові електронні компоненти. Процес керування реалізується за допомогою точного контролю миттєвих значень напруги та струму щодо вектора потокозчеплення ротора. Концепція векторного регулювання [11] полягає в розкладенні вектора струму статора на дві компоненти –  $I_{sd}$  та  $I_{sq}$ . Перша компонента створює магнітний потік, друга – крутний момент електродвигуна. У моделі  $I_{sd}$  та  $I_{sq}$  відокремлені одна від одної, що дає можливість контролювати кожну з них окремо. На рис. 1 наведена загальна структурна схема векторного керування асинхронним приводом.

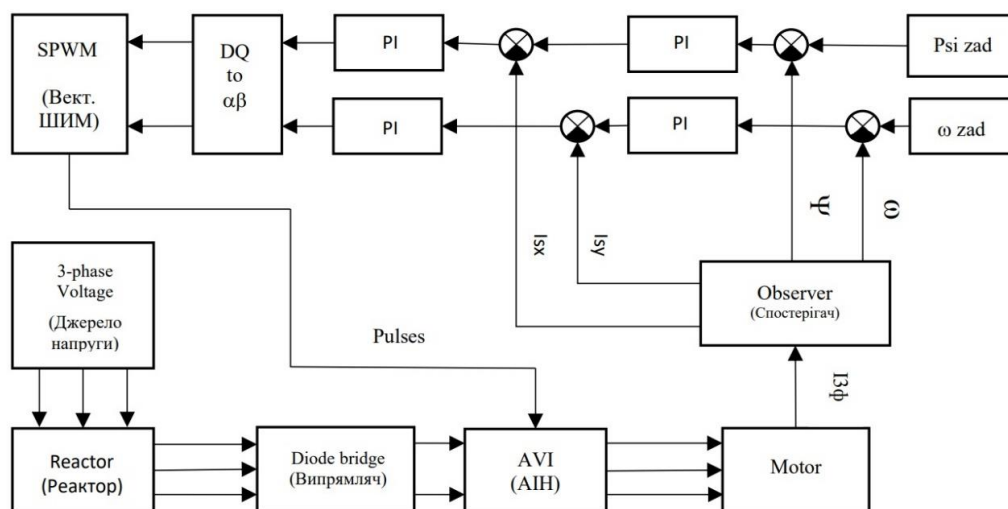


Рис. 1. Структурна схема векторного керування електроприводом

Алгоритм роботи системи векторного керування є таким:

- 1) вимірювання струмів фаз  $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ ,  $I_{sc}$ ;
- 2) застосування перетворення Кларка для процесу переходу від трифазної системи до двофазної  $\alpha\beta$ -системи;
- 3) розрахування кута повороту системи та магнітного потоку двигуна;
- 4) орієнтація системи координат за потоком ротора за допомогою перетворення

Парка, що дозволяє замінити нерухому систему  $\alpha\beta$  на систему DQ, що обертається;

- 5) регулювання значень струмів  $I_{ds}$  та  $I_{qs}$ ;
- 6) застосування зворотних перетворень Кларка та Парка;
- 7) використання отриманих сигналів для керування ШІМ.

Комп'ютерна модель електропривода наведена на рис. 2. Підсистема векторного регулювання наведена на рис. 3.

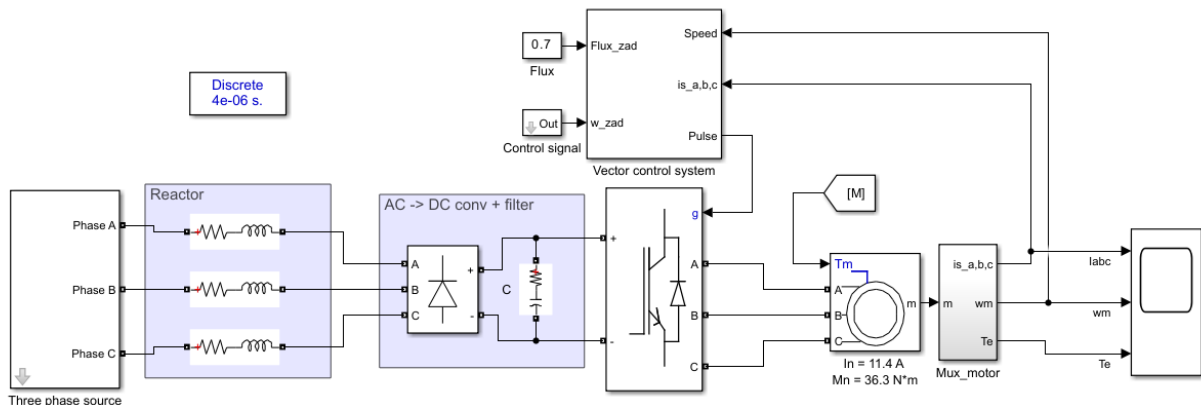


Рис. 2. Комп'ютерна модель векторного керування електропривода

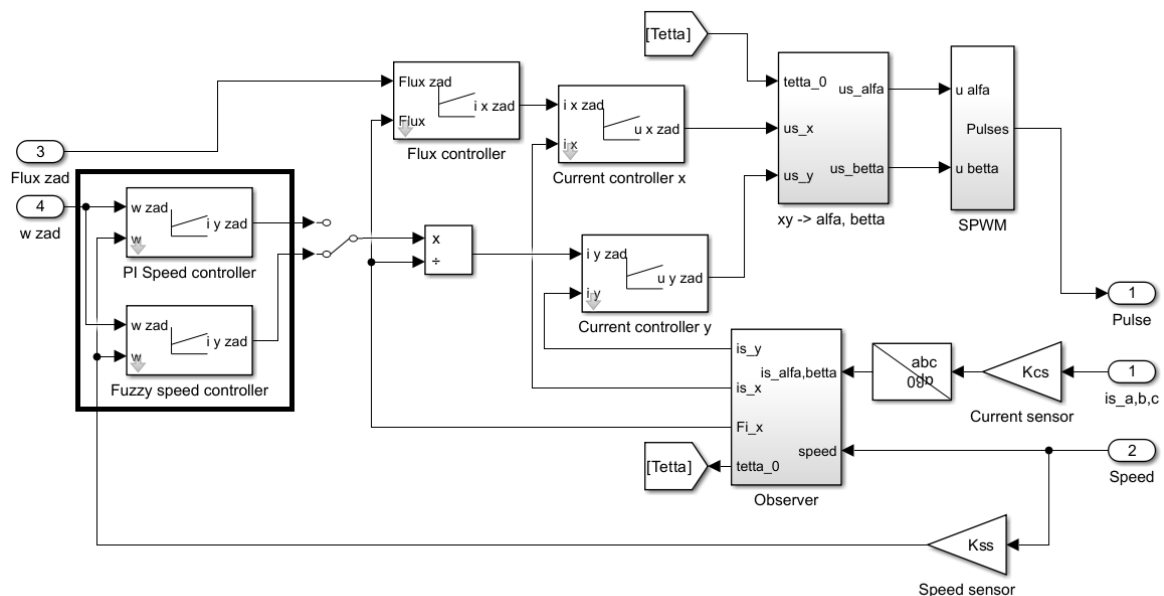


Рис. 3. Комп'ютерна модель підсистеми Vector control system

Рівняння рівноваги електричної машини можна записати так:

$$U_R = R_r i_r + \frac{d\psi_r}{dt},$$

$$U_S = R_s i_s + \frac{d\psi_s}{dt},$$

$$T_e = \frac{3}{2} L_m \times [i_s (i_r e^{j\theta})],$$

де  $U_s$ ,  $U_r$  – напруги статора та ротора;  $R_s$ ,  $R_r$  – опори статора та ротора;  $i_s$ ,  $i_r$  – струми статора та ротора;  $\psi_s$ ,  $\psi_r$  – потік статора та ротора;  $T_e$  – електромагнітний момент;  $\theta$  – взаєміндуктивність.

Магнітний потік статора:

$$\psi_s = L_s i_s + L_m i_r;$$

струм статора:

$$i_s = i_{sd} + i_{sq}$$

Здійснивши підставлення рівнянь струму та магнітного потоку статора до рівняння рівноваги електродвигуна, отримаємо

$$\begin{aligned} R_s i_{sd} + L_m \frac{di_{ms}}{dt} &= U_{sq} \\ R_s i_{sd} + L_m \omega_1 i_{ms} &= U_{sq} \\ i_{sd} + \sigma T_r \frac{di_{sd}}{dt} &= \frac{\psi_s}{L_s} + \omega_{s1} \sigma T_r i_{sq} + \frac{T_r}{L_s} \left[ \frac{d\psi_s}{dt} \right] \\ \omega_{s1} &= [i_{sq} + \sigma T_r \frac{di_{sd}}{dt}] / \left[ \frac{T_r}{L_s} \psi_s - \sigma T_r i_{sq} \right] \\ T_e &= \frac{3}{2} \psi_s i_{sq} \end{aligned}$$

Розрахунок магнітного потоку та кута повороту ротора:

$$\psi_r = \frac{L_m I_{ds}}{1 + T_r S}$$

$$\theta_\varphi = \int (\omega_r + \omega_m) dt$$

Залежності перетворення Кларка для перетворення трифазної системи ABC на двофазну  $\alpha\beta$ :

$$\begin{aligned} i_\alpha &= \frac{2}{3} i_A - \frac{1}{2} (i_B + i_C), \\ i_\beta &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_B - i_C). \end{aligned}$$

Залежності перетворення Парка для перетворення двофазної системи  $\alpha\beta$  на двофазну обертову dq-систему:

$$\begin{aligned} i_q &= i_\alpha \cdot \cos \gamma + i_\beta \cdot \sin \gamma \\ i_d &= -i_\alpha \cdot \sin \gamma + i_\beta \cdot \cos \gamma. \end{aligned}$$

У сучасних системах векторного керування електроприводами найбільш поширеними є пропорційно-інтегральні регулятори. Вони забезпечують вихід системи на задане фіксоване значення та мінімізують вплив статичної помилки (табл.1).

Таблиця 1 – Зведені параметри ПІ-регуляторів контурів регулювання

Регулятор	Пропорційна складова	Інтегральна складова
ПІ струму	1.4	250
ПІ потоку	1600	8600
ПІ швидкості	4	0

Загальним недоліком ПІ-регулятора є наявність перерегулювання в процесі запуску системи та повторне перерегулювання під час часткового чи повного зняття навантаження.

З метою покращення системи використовують нечіткий регулятор, який базується на нечіткій Fuzzy-логіці. У блоці фазифікації вхідна чітка змінна «Помилка» та її похідна перетворюються на нечіткі змінні E та dE за допомогою трикутних функцій належності.

Після здійснення процесу фазифікації нечіткі змінні обробляються за допомогою правил, які базуються на «експертній» точці зору. Нечіткі правила створюються за допомогою логіки «ЯКЩО – ТО». Чіткий результат отримується за допомогою дефазифікації. Структура Fuzzy-регулятора, правила та поверхня відгуку системи наведені на рис. 4 та рис. 5. Параметри асинхронного двигуна подані в табл. 2.

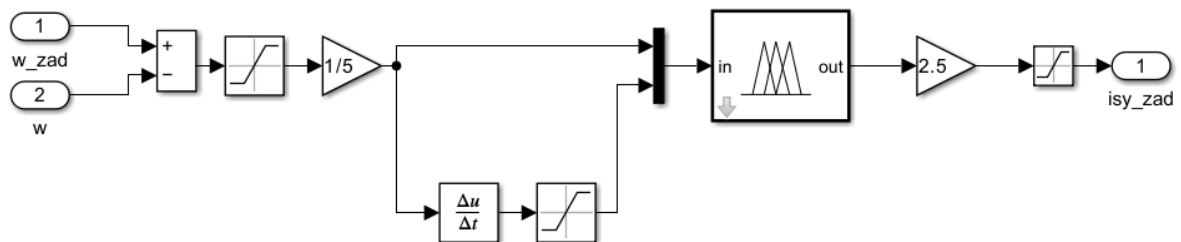


Рис. 4. Загальна структура регулятора з Fuzzy-logic

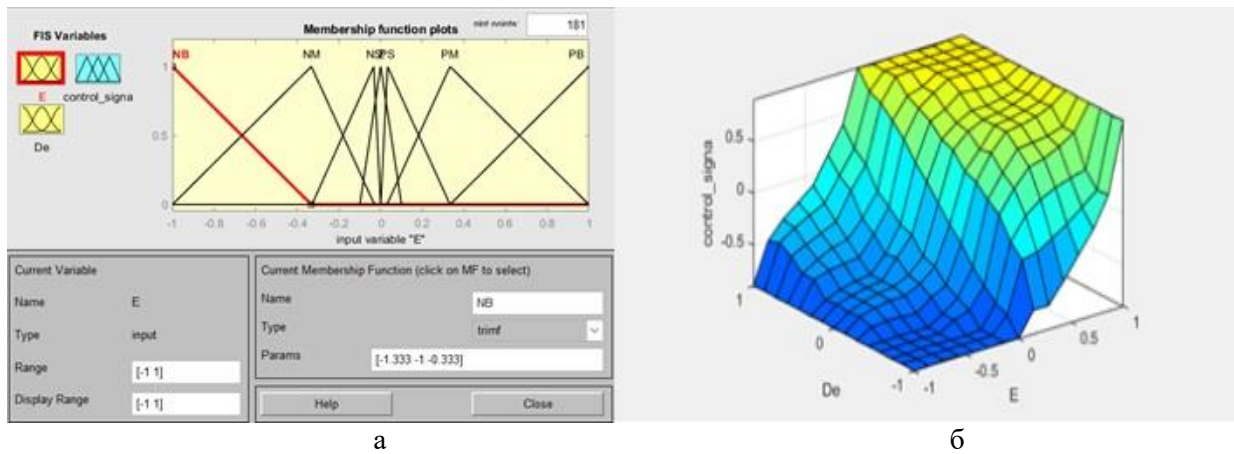


Рис. 5. Функції приналежності змінної «Помилка» E (а) та поверхня відгуку системи (б)

Таблиця 2 – Зведені параметри електродвигуна

Потужність двигуна номінальна	5500 Вт
Напруга статора номінальна	220 В
Опір статора активний	1.0361 Ом
Опір ротора активний і зведений	0.7866 Ом
Індуктивність статора	0.0048 Гн
Зведена індуктивність ротора	0.0079 Гн
Взаємні індуктивність	0.1711 Гн
Момент інерції	0.017 Кг·м <sup>2</sup>

Графіки перехідних процесів за струмом статора, швидкістю, електричним моментом та споживанням електроенергії наведено на рис. 6–9.

Для моделювання було використано прямий пуск, електропривода з постійним навантаженням та змінним завданням за швидкістю. На момент часу 0.2 с після початку сталого режиму роботи швидкість зменшено на 50 %, а на момент часу 0.4 с після початку сталого режиму роботи система отримала сигнал про повну зупинку.

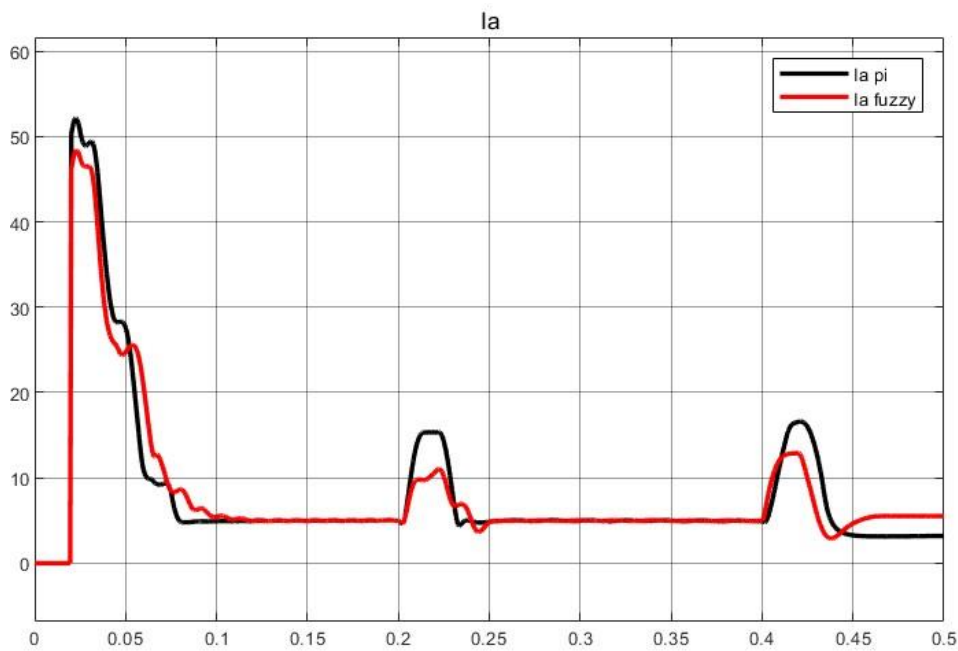


Рис. 6. Графік перехідного процесу струму статора двигуна

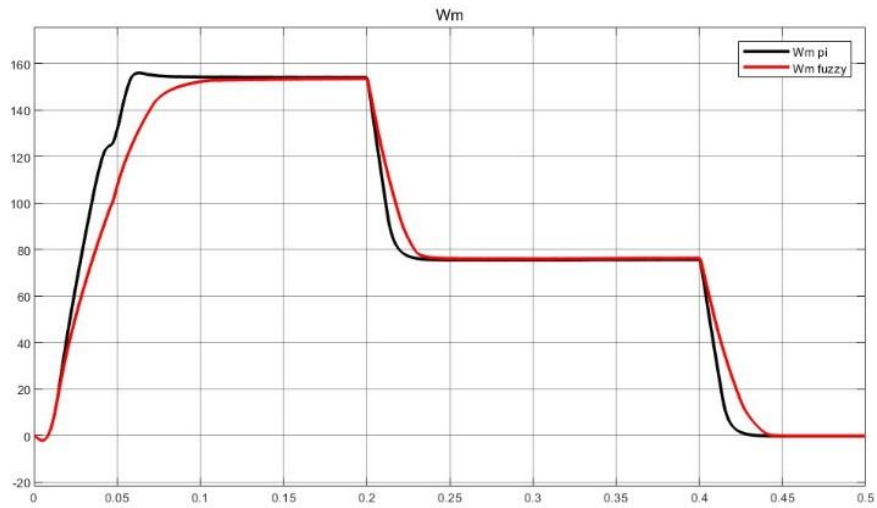


Рис. 7. Графік переходного процесу швидкості

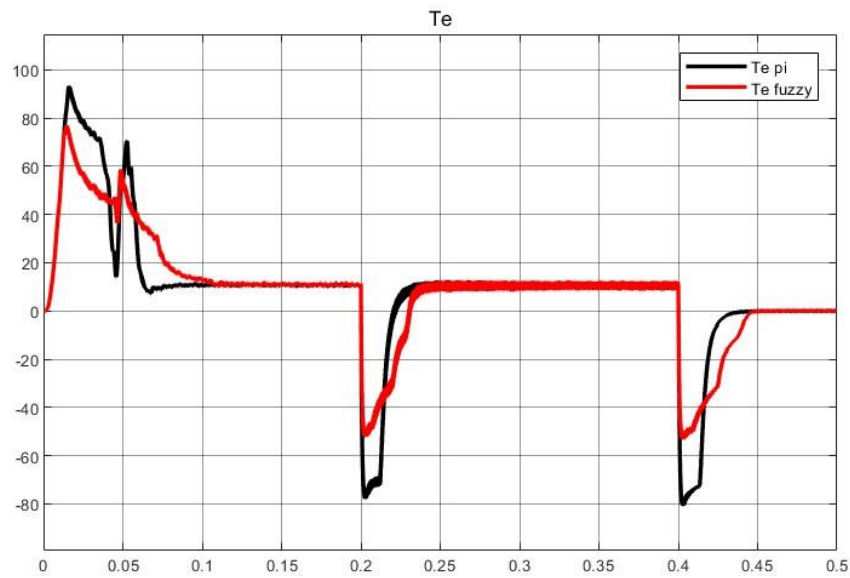


Рис. 8. Графік переходного процесу електричного моменту

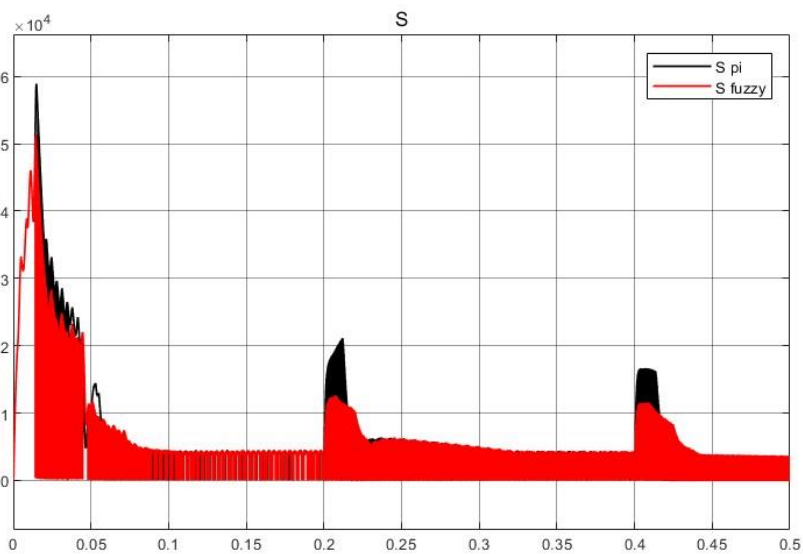


Рис. 9. Графік переходного процесу повної потужності, яка споживається електроприводом

Комп'ютерне моделювання електропривода з векторним керування та використанням ПІ- та Fuzzy-регуляторів у контурі швидкості демонструє різницю в динамічних режимах. Система з нечітким регулятором має кращі показники енергоефективності в перехідних процесах. Потужність зменшилась на 15–20 %. Fuzzy-регулятор забезпечує більш плавне регулювання швидкості, зменшує динамічні навантаження у разі різкої зміни сигналу завдання та дозволяє отримати високу точність керування системою.

### Висновки

Здійснено комп'ютерне моделювання системи керування асинхронним електроприводом з векторним управлінням та використанням Fuzzy-регуляторів. Результати моделювання демонструють підвищення енергоефективності в перехідних процесах під час роботи підйомно-транспортного обладнання з асинхронним електроприводом. Крім того, застосування в системі керування нечіткого нейрорегулятора, що працює на базі Fuzzy-логіки, дозволяє забезпечити створення високоточного асинхронного електропривода з більш плавним регулюванням процесів.

Практичне значення: запропонована система векторного керування асинхронним приводом мостового крана з використанням Fuzzy-регулятора дозволяє забезпечити енергоефективність, знизити потужність та динамічні навантаження, що критично впливають на експлуатаційну стійкість підйомно-транспортного обладнання; крім того, розроблена система керування забезпечує високу точність управління з більш плавними перехідними процесами за швидкістю.

### Література

- Niu C. M., Zhang H. W., Ouyang H. A comprehensive dynamic model of electric overhead cranes and the lifting operations. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science. 2012. T. 226. №. 6. Pp. 1484–1503. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0954406211423586>
- Al-Garni A. Z., Moustafa K. A. F., Nizami S. J. Optimal control of overhead cranes. Control Engineering Practice. 1995. T. 3. №. 9. Pp. 1277–1284. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/096706619500126F>
- Mitrovic N. et al. Electrical drives for crane application. Mechanical Engineering. 2012. Pp. 131–156. [https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=gdCPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA131&dq=Electrical+drive+s+for+crane+application&ots=18tuMdeqz9&sig=MkvCI4eL\\_5nUBsPILbwOF9bLV\\_s](https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=gdCPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA131&dq=Electrical+drive+s+for+crane+application&ots=18tuMdeqz9&sig=MkvCI4eL_5nUBsPILbwOF9bLV_s)
- Ramli L. et al. Control strategies for crane systems: a comprehensive review. Mechanical Systems and Signal Processing. 2017. T. 95. Pp. 1–23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327017301425>
- Busschots, F., Belmans, R., Geysen, W. Application of field oriented control in crane drives. Proc. IEEE-IAS. Annual Meeting. Dearborn, Michigan, USA. 1991. Pp. 347–353. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/178178/>
- Backstrand, J. E. The application of adjustable frequency drives to electric overhead cranes. Industry Applications Society Annual Meeting. 1992. Vol. 2. Pp.1986–1991. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/244208/>
- Paul, A. K., Banerjee, I., Snatra, B. K., Neogi, N. Application of AC motors and drives in Steel Industries. Fifteenth Natinal Power System Conference. 2008. Pp. 159–163. [https://www.researchgate.net/profile/Asoke-Paul/publication/228896172\\_Application\\_of\\_AC\\_motors\\_and\\_drives\\_in\\_steel\\_industries/links/549572250cf20f487d2f5407/Application-of-AC-motors-and-drives-in-steel-industries.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Asoke-Paul/publication/228896172_Application_of_AC_motors_and_drives_in_steel_industries/links/549572250cf20f487d2f5407/Application-of-AC-motors-and-drives-in-steel-industries.pdf)
- Slutej, A., Kolonic, F., Jakopovic, Z. The new crane motion control concept with integrated drive controller for engineered crane application. ISIE'99. Proc.of the IEEE International Symposium. 1999. Volume 3. Pp. 1458–1461. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/797009/>
- Jeftenic, B., Bebic, M., Statkic, S. Controlled multi-motor drives. International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM. 2006. Pp. 1392–1398. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1649985/>
- Mitrovic N. et al. Multi-motor drives for crane application. Advances in Electrical and Computer Engineering. 2009. T. 9. №. 3. PP. 57–62. <https://pdfs.semanticscholar.org/d407/986062a2ac7d3586b82cf69726354ebc4cdf.pdf>
- Meshcheryakov V. et al. Modeling and analysis of vector control systems for asynchronous motor. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. T. 178. Pp. 01001. [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/38/e3sconf\\_hsted2020\\_01001/e3sconf\\_hsted2020\\_01001.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/38/e3sconf_hsted2020_01001/e3sconf_hsted2020_01001.html)

### References

- Niu C. M., Zhang H. W., Ouyang H. A comprehensive dynamic model of electric overhead cranes and the lifting operations. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science. 2012. T. 226. №. 6. Pp. 1484–1503. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0954406211423586>

2. Al-Garni A. Z., Moustafa K. A. F., Nizami S. J. Optimal control of overhead cranes. *Control Engineering Practice*. 1995. Т. 3. №. 9. Pp. 1277–1284.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/096706619500126F>
3. Mitrovic N. et al. Electrical drives for crane application. *Mechanical Engineering*. 2012. Pp. 131–156.  
[https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=gdCPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA131&dq=Electrical+drive+s+for+crane+application&ots=18tuMdeqz9&sig=MkvCI4eL\\_5nUBsPILbwOF9bLV\\_s](https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=gdCPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA131&dq=Electrical+drive+s+for+crane+application&ots=18tuMdeqz9&sig=MkvCI4eL_5nUBsPILbwOF9bLV_s)
4. Ramli L. et al. Control strategies for crane systems: a comprehensive review. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2017. Т. 95. Pp. 1–23.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327017301425>
5. Busschots, F., Belmans, R., Geysen, W. Application of field oriented control in crane drives. *Proc. IEEE-IAS. Annual Meeting. Dearborn, Michigan, USA*. 1991. Pp. 347–353.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/178178/>
6. Backstrand, J. E. The application of adjustable frequency drives to electric overhead cranes. *Industry Applications Society Annual Meeting*. 1992. Vol. 2. Pp.1986–1991.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/244208/>
7. Paul, A. K., Banerjee, I., Snatra, B. K., Neogi, N. Application of AC motors and drives in Steel Industries. *Fifteenth Natinal Power System Conference*. 2008. Pp. 159–163.  
[https://www.researchgate.net/profile/Asoke-Paul/publication/228896172\\_Application\\_of\\_AC\\_motors\\_and\\_drives\\_in\\_steel\\_industries/links/549572250cf20f487d2f5407/Application-of-AC-motors-and-drives-in-steel-industries.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Asoke-Paul/publication/228896172_Application_of_AC_motors_and_drives_in_steel_industries/links/549572250cf20f487d2f5407/Application-of-AC-motors-and-drives-in-steel-industries.pdf)
8. Slutej, A., Kolonic, F., Jakopovic, Z. The new crane motion control concept with integrated drive controller for engineered crane application. *ISIE'99. Proc. of the IEEE International Symposium*. 1999. Volume 3. Pp. 1458–1461.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/797009/>
9. Jefenic, B., Bebic, M., Statkic, S. Controlled multi-motor drives. *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM*. 2006. Pp. 1392–1398.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1649985/>
10. Mitrovic N. et al. Multi-motor drives for crane application. *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 2009. Т. 9. №. 3. PP. 57–62.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/d407/986062a2ac7d3586b82cf69726354ebc4cdf.pdf>
11. Meshcheryakov V. et al. Modeling and analysis of vector control systems for asynchronous motor. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. Т. 178. Pp. 01001. [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/38/e3sconf\\_hsted2020\\_01001/e3sconf\\_hsted2020\\_01001.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/38/e3sconf_hsted2020_01001/e3sconf_hsted2020_01001.html)

Залятов Артем Фаритович, асистент,

кафедра автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, б-р Машинобудівників 34, Краматорськ, 84313, Україна, телефон +38 050-826-68-24,

**Закір'я Роман Русланович**, магістр, кафедра автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, б-р Машинобудівників 34, Краматорськ, 84313, Україна, телефон +38 066-262-70-47,

**Бережна Олена Валеріївна**, д.т.н., доц. кафедра автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, б-р Машинобудівників 34, Краматорськ, 84313, Україна, телефон +38 098-815-88-65, [elena.kassova07@gmail.com](mailto:elena.kassova07@gmail.com),

**Малигіна Світлана Валеріївна**, к.т.н., доц. кафедра комп'ютерних інформаційних технологій, Донбаська державна машинобудівна академія, б-р Машинобудівників 34, Краматорськ, 84313, Україна, телефон +38 095-460-23-32, [svmal5.sm@gmail.com](mailto:svmal5.sm@gmail.com)

#### **Mathematical modeling of the vector control system of the asynchronous drive of the bridge crane with a fuzzy-controller for the purpose of increasing energy-efficiency**

**Abstract.** The article solves the current scientific and technical problem of increasing the energy efficiency of the control system for asynchronous electric drives of lifting and transport equipment of enterprises in the engineering industry, in particular overhead cranes, characterized by a high level of dynamic load both in terms of mechanical and electromagnetic indicators. In order to compare the efficiency of control systems, computer modeling of vector control of an asynchronous electric drive was carried out using proportional-integral controllers and neuro-regulators based on fuzzy logic. The results of the simulation are presented and the advantages of using a vector control system with a fuzzy neuroregulator in relation to an asynchronous electric drive of an overhead crane are shown, namely, increasing the energy efficiency of operation and reducing dynamic loads during sudden changes in the control signal, ensuring high accuracy of the control process. **Goal.** Study of the dynamics of an electric drive with a fuzzy controller to achieve improved energy efficiency indicators of material handling equipment. **Methodology.** An algorithm has been developed for the operation of a vector control system for an asynchronous electric drive of an overhead crane with a fuzzy controller. Computer models of electric drive vector control and vector control subsystems have been developed. A neuroregulator for a vector control system for an asynchronous drive of an overhead crane was synthesized. **Results.** Mathematical modeling of an electric drive with vector control and the use of proportional-integral and Fuzzy controllers in the electric drive speed loop showed the difference in dynamic modes. A system with a fuzzy controller shows better energy efficiency in transient processes. Power decrease is 15–20 %. **Conclusions.** The simu-



lation results indicate an increase in energy efficiency in transient processes when operating lifting and transport equipment with an asynchronous electric drive. In addition, the use of a fuzzy neuroregulator operating on the basis of Fuzzy logic in the control system makes it possible to create a high-precision asynchronous electric drive with smooth transient processes.

**Key words:** control system, neuroregulator, vector control, asynchronous electric drive.

**Zaliatov Artem**, Assistant, Department of Industrial Process Automation, Donbas State Engineering Academy, Blvd. Mashinobudivnikiv 34, Kramatorsk, 84313, Ukraine, tel. +38 050-826-68-24,

**Zakiria Roman**, Master, Department of Industrial Process Automation, Donbas State Engineering Academy, Blvd. Mashinobudivnikiv 34, Kramatorsk, 84313, Ukraine, tel.+ 38 066-262-70-47,

**Berezshna Olena**, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Industrial Process Automation, Donbas State Engineering Academy, Blvd. Mashinobudivnikiv 34, Kramatorsk, 84313, Ukraine, tel. +38 098-815-88-65,

[elena.kassova07@gmail.com](mailto:elena.kassova07@gmail.com),

**Malyhina Svetlana**, Cand. of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Information Technologies, Donbas State Engineering Academy, Blvd. Mashinobudivnikiv 34, Kramatorsk, 84313, Ukraine, tel. +38 095-460-23-32

[svmal5.sm@gmail.com](mailto:svmal5.sm@gmail.com)

---