

## **ВІДГУК**

Офіційного опонента на дисертаційну роботу

Рижкова Олександра Михайловича

**«Динамічне керування приводами автоматизованого крана-маніпулятора»,**

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

### **Актуальність досліджень**

В сучасному житті більшу частину підйомно-транспортних робіт виконують кранові механізми. Вони можуть виконувати допоміжні функції та виконувати основну роботу в головному технологічному процесі. Від їхньої роботи залежить не тільки продуктивність та техніко-економічні показники, а також і безпека обслуговуючого персоналу та технологічного процесу. Однією з основних частин крану-маніпулятора є підйомний пристрій. Він виконує роботу підйому та спуску вантажу на різноманітних підприємствах. Для забезпечення високих показників продуктивності, техніко-економічних показників, безпеки обслуговуючого персоналу необхідно, забезпечити якісні характеристики роботи електроприводу (ЕП) підйомного пристрою. Саме в цьому напрямку виконані дослідження здобувачем О.М. Рижковим.

Актуальність виконання такої наукової роботи підтверджено дослідженнями, які проводились протягом 2017-2019р. в рамках державної науково-дослідної роботи «ІНТЕХЕН-2» (Електромеханічні системи з електричними машинами і напівпровідниковими перетворювачами підвищеної ефективності), державний номер 0120U002125 та при виконанні х/д №799-17 від 1.11.2017 р. «Моделювання електромеханічної системи крана-маніпулятора при динамічній зміні навантаження» та х/д №361-18 від 1.09.2018 р. «Розробка алгоритмів автоматичного керування системами електроживлення установки УДМ шляхом моделювання прогнозних графіків зміни її навантаження» між Інститутом електродинаміки НАН України та

науково-технічною фірмою «ТЕМС», результати яких були використані НТФ «ТЕМС» при створенні системи позиційного керування електроприводами мостового крана-маніпулятора у складі установки дезактивації радіоактивних металів на ДП «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» ВП «Рівненська атомна електростанція».

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх достовірність і новизна**

Виконані в дисертаційній роботі дослідження, базуються на застосуванні фундаментальних положень електротехніки, теорії електричних машин і теорії електроприводу, математичному моделюванні з різним рівнем деталізації, теорії автоматичного керування, застосуванні сучасних комп'ютерних програм для чисельного дослідження розроблених математичних моделей.

**Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:**

1. Розроблено математичну модель електромеханічної частини системи електроприводу вантажопідйомного пристрою крана-маніпулятора установки дезактивації радіоактивних металів, в якій враховано зміну моменту статичного навантаження, що дало змогу враховувати при керуванні дію виштовхувальної сили при зануренні вантажу у технологічну ванну обмеженого об'єму з рідиною, та зміну моменту інерції приводу після досягнення вантажем дна ванни.

2. Розроблено віртуальну модель електромеханічної приводної системи крана-маніпулятора при переміщенні вантажу шляхом реалізації в моделі залежності моменту навантаження, величина якого змінюється в процесі переміщення, що дає змогу врахувати динамічну зміну навантаження.

3. Вдосконалено метод керування краном-маніпулятором для оптимального за швидкодією гасіння коливань вантажу при переміщенні крану, з урахуванням зміни довжини каната, який полягає у синтезі системи модального керування зі зворотним зв'язком за вектором стану і спостерігачем

стану Люенбергера третього порядку, який відновлює кут відхилення вантажу від вертикалі та його кутову швидкість.

Основні наукові положення за результатами досліджень в повному обсязі відображені у загальних висновків.

**Практична цінність** результатів роботи полягає у тому, що:

1. Віртуальна модель електромеханічної системи крана-маніпулятора, яка була розроблена в роботі може бути використана для дослідження процесів переміщення вантажу при одночасній роботі моста, візка і вантажопідйомного пристрою любого іншого крана-маніпулятора.

2. Запропонована система керування дозволяє виключити можливість переїзду чи недоїзду вантажопідйомного пристрою крана-маніпулятора при зануреннях в невеликі об'єми з рідиною за рахунок розроблених методів керування та задатчиків положення. При цьому непотрібні складні механічні пристрої для точного позиціонування.

3. Розроблені методи та системи керування можливо застосовувати для розробки нових методів керування іншими електроприводами спеціалізованих кранів-маніпуляторів.

4. Основні положення дисертаційної роботи (моделі механічної системи крана-маніпулятора, алгоритми автоматичного керування електроприводами крана) були використані при створенні реальної системи позиційного керування електроприводами мостового крана-маніпулятора у складі установки дезактивації радіоактивних матеріалів.

**Оцінка об'єму та змісту дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 59 позицій та 6 додатків. Загальний обсяг дисертації 185 сторінок. Обсяг основного тексту дисертації складає 121 сторінки друкованого тексту.

У *вступі* представлена актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, об'єкт, предмет, задачі та методи досліджень, визначені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та результати апробації роботи.

У першому розділі викреслені особливості керування та основні завдання, які постають при створенні автоматизованої системи позиційного керування приводами крану-маніпулятора. Приведені структурні схеми існуючих систем керування кранами-маніпуляторами та розглядаються методи гасіння коливань вантажу.

У другому розділі розроблена віртуальна математична модель для аналізу показників якості керування електроприводами крана-маніпулятора та перевірена її адекватність порівнюючи результати моделювання з результатами аналізу лінеаризованого математичного опису. Також розроблена структурна Simulink-модель вантажопідйомного пристрою крана-маніпулятора у складі комплексу переробки небезпечних відходів, та представлено нове рішення проблеми усунення коливань вантажу, який переміщується крановим механізмом поступального руху і підйомним пристроєм. Все це детально проаналізовано та розглянуто у даному розділі.

У третьому розділі розглядаються стратегії керування «Master-Slave» та «Mean control» електроприводами крана-маніпулятора з позиціонуванням вантажу. Проведено моделювання яке показує виникаючі похибки в механізмах візка та моста при векторному та частотному керуванні. Розглянутий синтез задаючого пристрою дозволяє спростити налаштування регуляторів та дає можливість налаштування задатчика положення окремо від електроприводу.

Четвертий розділ дисертації присвячений реалізації системи керування дослідженої системи. Розроблена система з використанням спроектованих алгоритмів роботи цеху та крану забезпечує автоматичну роботу цеху дезактивації з мінімальною участю людини. Дана система позитивно зарекомендувала себе при використанні і є дешевшою від зарубіжних аналогів.

У цілому структура, обсяг та оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія».

**Повнота публікацій матеріалів досліджень.** За результатами досліджень опубліковано 6 наукових праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях 2 з яких входять до наукометричної бази Scopus, 1 патент України, 1 теза доповіді в збірниках матеріалів конференцій.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися і були схвалені на таких міжнародних науково-технічних конференціях: на XXIV Міжнародній конференції з автоматичного керування «Автоматика 2017» (м. Київ, 2017) та XV Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми сучасної електротехніки» (м. Київ, 2018).

Це дає змогу зробити висновок про те, що у науково-технічних виданнях є повна інформація про результати досліджень.

#### **Зауваження щодо результатів, змісту та оформлення дисертації:**

1. У розділі 1 було розглянуто лише декілька окремих підходів реалізації систем керування вантажопідйомних механізмів та не проведено порівняльний аналіз існуючих систем керування крана-маніпулятора. В розділі не обґрунтовано чому саме обрані асинхронні двигуни. Також треба зазначити малу кількість використаних джерел.

2. У третьому пункті розділу 2 не приведено повну структурну математичну модель, а тільки показана механічна частина. На рис. 2.26 не подано пояснень сигналам:  $v_k$ ,  $v_{tk}$ ,  $h_{tk}$ .

3. У дисертаційній роботі застосовується лінеаризована модель об'єкта керування (с. 65). Потребує обґрунтування застосування такої моделі, особливо при пуску двигуна.

4. Результати досліджень виконані на математичних моделях, які у багатьох випадках лінеаризовані. Тому бажано було б провести експериментальні дослідження на реальному об'єкті для порівняння результатів моделювання з перехідними процесами в реальних моделях.

5. У дисертації встановлено, що змінюється момент інерції електропривода, відповідно, буде змінюватися електромагнітна стала часу. Не зрозуміло, як це було враховано у моделі електропривода (с. 72).



6. По оформленню є наступні зауваження: в третьому розділі для 3.7-3.9, 3.18-3.22, рис.3.73 – рис. 3.75 немає висновків та пояснень, деякі формули відрізняються за розміром наприклад (2.37), розміри формул в тексті, наприклад на с. 69.


Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомимі результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Рижкова О.М.

**Висновок.** Дисертаційна робота є завершеною, самостійно виконаною працею, в якій отримано нові теоретично та практичні результати, що слугують основою для забезпечення високих техніко-економічних показників та показників продуктивності, за допомогою покращення характеристик роботи електроприводу підйомного пристрою.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія», а її автор Рижков Олександр Михайлович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

#### ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

Кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій  
Національного університету біоресурсів  
та природокористування України

 В.В. Савченко

*Згідно з підписом В.В. Савченка засвідчую*  
*Ученій секретар Інституту України*  
*Сидір Бараневська О.Ю.*

