

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лисяка Владислава Георгійовича

"Усталені режими роботи електротехнічного комплексу

«електропостачальна система – помпова станція»",

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

Актуальність теми. Проблема ефективного функціонування електротехнічного обладнання помпових станцій магістральних нафтогонів і водогонів особливо гостро постає в умовах сучасного стрімкого росту цін на енергоносії. При великих обсягах перекачування робочої рідини різко зростає важливість ефективної роботи вказаного обладнання у зв'язку з великими енергетичними і матеріальними затратами. Передчасні та аварійні виходи з ладу помпових агрегатів, порушення технологічного процесу, невиконання планів перекачування призводять до неоптимальних режимів і як наслідок, до незапланованих фінансових витрат. В зв'язку з цим виникає актуальна задача підвищення рівня ефективності функціонування усталених режимів роботи помпових станцій, які обладнані зазвичай електроприводними відцентровими агрегатами.

Відомо, що електроприводний помповий агрегат складається з підсистем різної фізичної природи (електричної, механічної, гідравлічної), отже для одержання достовірних результатів дослідження режимів його роботи необхідно розглядати взаємодію всіх складових елементів. На сьогоднішній день у світовій практиці досить рідко застосовують системний підхід для дослідження та моделювання складних технічних об'єктів. Традиційно складові пристрої моделюють окремо різними методами, тому процес дослідження всього об'єкту стає надто трудомістким. Крім того, на відміну від електромеханіки електричних машин, гідромеханіка лопатевих машин в основному базується на емпіричних

стохастичних формулах, які не дають змоги встановити всі закономірності взаємозв'язаних фізичних процесів.

Тому розроблення ефективних методів і засобів аналізу режимів роботи електротехнічного комплексу «електропостачальна система – помпова станція», заснованих на принципах міждисциплінарної інтеграції способів моделювання з метою прогнозування та реалізації енергооптимальних режимів, враховуючи взаємовплив підсистем різної фізичної природи є важливою науково-прикладною задачею.

Наукова новизна. Наукова новизна отриманих автором результатів полягає:

– в розробленні методу розрахунку розподілу робочої рідини між гідравлічно сполученими відцентровими помповими турбоагрегатами, та методу формування сигналу автоматичного керування такими турбоагрегатами й комутаційними пристроями електротехнічного комплексу "електропостачальна система - помпова станція", що дало змогу отримати найкращі техніко-економічні показники комплексу за підтримання постійного тиску в магістралі;

– у розробленні математичної моделі усталених режимів узагальненого електротехнічного комплексу «електропостачальна система – помпова станція», що дало змогу досліджувати взаємовпливи координат і параметрів електричного та гідравлічного режимів, досліджувати показники енергоефективності та виконувати порівняльний аналіз різних структур і алгоритмів керування режимами помпування рідини.

Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що на основі створеної математичної моделі усталених режимів узагальненого електротехнічного комплексу "електропостачальна система - помпова станція" шляхом синтезу моделей нерозривно пов'язаних між собою його підсистем, одержано ефективний засіб для прогнозування та дослідження усталених режимів роботи таких об'єктів з метою підвищення енергоефективності їхнього функціонування. Модель дозволяє розраховувати довільні енергетичні, електромагнітні та гідравлічні координати режиму, досліджувати їхній взаємний

вплив, оцінювати на цій підставі стан як окремих елементів агрегатів, так і агрегатів у цілому з довільним ступенем деталізації.

Основні положення та результати наукових досліджень пройшли експериментальну перевірку та впроваджено у проектні рішення ЛМКП "Львівводоканал".

Ступінь обґрунтованості наукових положень та достовірність результатів. Отримані автором наукові результати у відповідності до поставлених задач досліджень є логічними, не суперечать фундаментальним фізичним і математичним закономірностям та підтверджуються достатньою апробацією основних положень і висновків на науково-технічних конференціях. Достовірність результатів, отриманих аналітичними методами, підтверджується результатами математичного і фізичного моделювання, а також впровадженням розробок в промисловість.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною працею і складається із вступу, чотирьох розділів та висновків. Основну частину роботи викладено на 154 сторінках друкованого тексту. Повний обсяг дисертації складає 229 сторінку друкованого тексту включаючи список використаних джерел із 250 найменувань і додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, задачі досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, відзначено наукову новизну та практичну цінність отриманих в роботі результатів, а також наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів досліджень і публікації щодо роботи.

У **першому розділі** на основі огляду публікацій за темою дисертації розглянуто системні аспекти та технологічні особливості виконання електротехнічних комплексів з помповими станціями, дано оцінку сучасним методам й засобам аналізу режимів їх роботи. Показано, що для одержання достовірних результатів дослідження режимів електротехнічного комплексу "електропостачальна система - помпова станція", необхідно розглядати взаємодію

всіх його складових елементів. Виявлена сутність наукової проблеми, визначені напрямки, мета і задачі досліджень.

У другому розділі обґрунтовано напрям та загальну методику проведення дисертаційного дослідження. Розглянуто концептуальні засади формування складових моделей електротехнічного комплексу "електропостачальна система - помпова станція". Обґрунтовано необхідність синтезу за модульним принципом математичних моделей усталених режимів узагальненого електротехнічного комплексу. Розроблено метод розрахунку розподілу робочої рідини між помпами агрегатів для різних способів сполучення їхніх гідротрактів. Встановлено такі функції керування, за яких розподіл об'ємних витрат і напорів агрегатів здійснюється пропорційно до їхніх номінальних значень. Побудовано загальну математичну модель гідравлічних зв'язків багатоагрегатної системи відцентрових помпових турбоагрегатів й гідромережі та систематизовано принципи її формування.

В третьому розділі синтезовано узагальнену математичну модель електротехнічного комплексу "електропостачальна система - помпова станція" довільної конфігурації з послідовно-паралельним сполученням гідротрактів відцентрових помп. Узагальнено принципи побудови математичної моделі, що дає змогу адаптувати її для електротехнічного комплексу довільної структури з різною робочою рідиною. Адаптація наведеної математичної моделі для аналізу усталених режимів електропостачальної системи конкретної помпової станції здійснюється шляхом зміни, вилучення чи доповнення відповідних рівнянь, параметрів елементів відповідно до комплектації устаткування, умовами роботи та схемою сполучень.

У четвертому розділі перевірено адекватність розробленої математичної моделі шляхом симулювання на цифровій моделі усталених режимів промислового об'єкта. Математичну модель усталених режимів узагальненого електротехнічного комплексу "електропостачальна система – помпова станція" довільної конфігурації реалізовано у вигляді окремих цифрових моделей для варіантів виконання об'єкта дослідження конкретної конфігурації. За допомогою

реалізованих моделей здійснено розрахунки усталених режимів електротехнічних комплексів як з некерованими, так і з частотно керованими агрегатами. Наведено способи застосування створеної моделі для аналізу усталених режимів різних варіантів виконання електротехнічних комплексів.

Обґрунтовано структуру системи дискретно-неперервного автоматичного керування режимами електротехнічного комплексу "електропостачальна система – помпова станція" конкретної конфігурації та алгоритм його функціонування. Реалізація розробленої моделі системи автоматичного керування раціональною схемою силових кіл живлення та компенсації реактивної потужності електротехнічного комплексу призвело до підвищення показників ефективності його функціонування.

Повнота викладу в опублікованих працях.

Основні наукові результати повно відображені в 14 наукових роботах. А саме: 2 - у наукових періодичних виданнях інших держав (з них 1 у виданні, яке включене до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS); 9 - у наукових фахових виданнях України; 1 - у матеріалах міжнародної науково-технічної конференції, які включені до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS; 1 - у матеріалах міжнародного симпозіума; 1 - публікація, яка додатково відображає наукові результати дисертації.

Важливість одержаних в дисертаційній роботі результатів для науки й народного господарства полягає в удосконаленні методів аналізу режимів роботи електротехнічних комплексів з керованими помповими станціями, що дозволило розробити дискретно-неперервну математичну модель синтезу сигналів автоматичного керування помповими агрегатами й комутаційними пристроями такого комплексу й отримати ефективний засіб для прогнозування та дослідження усталених режимів роботи таких об'єктів з метою підвищення енергоефективності їхнього функціонування.

Автореферат достатньо повно відображає основний зміст дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі використані постійні параметри схеми заміщення відцентрової помпи, однак опори схеми заміщення вітки механічних витрат мають принципово змінний характер в залежності від витратного навантаження помпи. Використана в роботі модель відцентрової помпи дає задовільний результат тільки для діапазону витрат $(0,5 \div 1,1) Q_{\text{ном}}$ для машин з коефіцієнтом швидкохідності $n_s \leq 150$ та діапазону $(0,8 \div 1,1) Q_{\text{ном}}$ для машин з більшим коефіцієнтом $n_s \geq 150$.

2. Для візуалізації енергетичних потоків різної фізичної природи в дисертації доцільно було б навести комплексну схему заміщення «електропостачальна система – помпова станція», яка була б побудована на основі методу електрогідравлічної аналогії з використанням понять активних та пасивних елементів електричної і гідравлічної мережі.

3. Віртуальна модель відцентрової помпи отримана в обертовій системі координат d, q , яка жорстко зв'язана з її робочим колесом, а тому формування комплексної моделі «помпа – гідромережа» вимагає використання оператора зворотного переходу до системи нерухомих координат, що в роботі не відображено.

4. Автор роботи вирішує задачу підвищення енергоефективності помпових станцій шляхом відповідного керування частотно-регульованим електроприводом. Однак математична модель електроприводу помпового турбоагрегату не містить рівнянь перетворювача частоти, або обґрунтування можливості нехтувати реальною формою вихідної напруги перетворювача, сталими часу перетворювача тощо.

5. Під час розрахунку усталених режимів роботи електротехнічного комплексу нафтоперекачувальної станції «Карпати» не відображено вплив зміни в'язкості рідини на параметри моделі «помпа – гідромережа». Крім того для проведення математичного моделювання комплексу «електропостачальна система – помпова станція» використовується велика кількість його параметрів (конструктивних, каталогових), проте в роботі не показано яким чином вони отримані.

6. Не доказано універсальність запропонованих моделей елементів «електропостачальна система – помпова станція», зокрема не зрозуміло чи модель помпи забезпечить адекватні результати для багатоступневих відцентрових агрегатів, гідромашин з одностороннім входом рідини тощо.

7. Отримані у п. 4.1 «Перевірка адекватності моделі» експериментальні результати та їх порівняння з результатами моделювання не підтверджуються методами статистичної обробки та оцінювання. Такі висновки зазвичай виконуються на основі певних статистичних характеристик, як наприклад, оцінка дисперсії, коефіцієнту детермінації тощо.

8. При достатньо великій кількості використаних літературних джерел та публікацій за отриманими науковими результатами відсутні будь-які посилання на охоронні документи, як то патенти чи корисні моделі.

Крім перелічених вище зауважень по суті роботи, треба звернути увагу і на деякі *недоліки, що стосуються оформлення роботи:*

- велику кількість приведенного довідкового матеріалу в основній частині роботи, зокрема в четвертому розділі, доцільно було б відобразити в додатках;
- в роботі зустрічаються однакові позначення символів та змінних, які носять різний фізичний зміст;
- посилання на використані джерела бажано б виконати в порядку їх згадування в тексті, оскільки такий спосіб є найбільш зручним для користування і рекомендований при написанні дисертацій.

Зроблені зауваження не стосуються основних положень та результатів дисертаційної роботи, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок. Дисертаційна робота Лисяка Владислава Георгійовича "Усталені режими роботи електротехнічного комплексу «електропостачальна система – помпова станція»" є завершеною працею, в якій вирішена актуальна задача удосконалення методів аналізу режимів роботи електротехнічних комплексів з керованими помповими станціями, що дозволило розробити дискретно-неперервну математичну модель синтезу сигналу автоматичного

керування помповими агрегатами й комутаційними пристроями такого комплексу й отримати найкращі техніко-економічні показники за підтримання постійного тиску в магістралі.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до кандидатських дисертацій, а за змістом поданого в ній матеріалу – паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9,11,12 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Лисяк Владислав Георгійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електропостачання
та електрообладнання промислових
підприємств Івано-Франківського
національного технічного університету
нафти і газу

П.О. Курляк

П.О. Курляк

Підпис(и)	<i>П.О. Курляк</i>
посвідчую	<i>Лисяк Владислав Георгійович</i>
Вчений секретар ІОНТУНГ	<i>Лисяк Владислав Георгійович</i>
	<i>12.12.2016</i> р.