

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Системи водопостачання та водовідведення на сьогоднішній день відіграють важливу роль в забезпеченні життєдіяльності людства, також вони являються невід'ємною частиною багатьох промислових комплексів. На даний час у цих сферах функціонують як одноагрегатні насосні установки (НУ), так і системи з кількома насосами. У багатоагрегатних НУ, в залежності від бажаного функціоналу системи та підтримання режимів роботи, використовують послідовне або паралельне підключення насосів. Не менш важливою задачею в таких системах є забезпечення постійного рівня напору (тиску) в гідравлічній мережі відповідно до необхідної величини, зумовленої як вимогами конкретного промислового технологічного процесу, так і необхідністю забезпечення відповідного рівня побутових умов. Адже, відсутність стабілізації напору, як правило, призводить до зриву технологічного процесу, сприяє виникненню аварійних ситуацій, до зниження рівня експлуатаційної надійності елементів гідравлічної системи. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є використання насосних комплексів з послідовним з'єднанням насосів. Проте до теперішнього часу процес проектування таких систем майже повністю базується на експериментальних даних. Для подальшого підвищення якості проектування, одночасно скорочуючи його строки і витрати, необхідно використовувати сучасні технології і техніки, програмне забезпечення та комп'ютерне моделювання.

Одним із способів дослідження режимів роботи НУ є метод математичного моделювання, але класичний математичний опис роботи насосної установки [1] не повністю відображає складні гідро-механічні процеси, що там протікають. В свою чергу пакет прикладних програм MATLAB пропонує інструмент для моделювання SimHydraulics, в якому в достатньо повному обсязі представлені засоби моделювання гідро мереж. У роботі [2] та [3] показано доцільність використання пакету SimHydraulics для підвищення точності досліджень електромеханічної системи з одним

керуваним насосом та системи з двома послідовно з'єднаними насосами відповідно.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська дисертація виконана на кафедрі «Автоматизації електромеханічних систем та електроприводу» Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до одним з наукових напрямків робіт кафедри і погоджено з планом підготовки магістрів.

**Мета роботи і задачі досліджень.** Проведення порівняльного аналізу результатів дослідження системи віртуальної моделі двох послідовно з'єднаних насосних установок в пакеті SimHydraulics та електромеханічної системи з гідравлічною частиною на основі математичного опису з класичних рівнянь в умовах стабілізації тиску при зміні гідравлічного опору та параметрів трубопроводу.

Для виконання поставленої задачі дослідження необхідно вирішити такі завдання:

- 1) Виконати аналітичний аналіз науково-технічної літератури і визначити основні напрямки робіт для реалізації досягнення поставленої мети.
- 2) Виконати синтез системи керування стабілізації тиску для двоагрегатної насосної станції з послідовним з'єднанням. Провести розрахунок та вибір елементів системи керування.
- 3) На підставі розробленої структурної схеми створити математичну модель в програмному середовищі Matlab/Simulink для дослідження статичних та динамічних характеристик електромеханічної системи стабілізації тиску.
- 4) Розробити систему керування розробити за допомогою Matlab/Simulink з використанням тулбоксу Simscape з використанням блоків пакету SimHydraulics. Провести дослідження статичних та динамічних характеристик розробленої моделі.

- 5) Провести порівняльний аналіз роботи двох моделей, що відображають роботу системи стабілізації тиску двоагрегатної НУ двох насосів з'єднаних послідовно з різними варіаціями зміни гідравлічного опору гідромережі.
- 6) Виконати порівняльний аналіз динамічних та статичних властивостей перехідних процесів системи при вводі в модель з використанням SimHydraulics параметру зміни довжини трубопроводу.
- 7) Розробити рекомендації щодо використання отриманих результатів роботи.

**Об'єкт дослідження.** Енергетичні процеси в насосних установках в статичних і динамічних режимах роботи.

**Предмет дослідження.** Електромеханічні системи автоматизації насосних установок при послідовному підключенні насосних агрегатів.

**Методи досліджень.** У роботі використані фундаментальні положення теорії електроприводу, теорії автоматичного керування, проектування систем електроприводів, інтелектуального керування, дослідження системи моделювання при використанні пакету прикладних програм MATLAB/Simulink.

**Наукова новизна.** Отримано подальший розвиток методу дослідження електромеханічних систем насосних установок при забезпеченні необхідного рівня напору з врахуванням всіх фізичних властивостей реальної гідромережі.

Отримана модель схеми побудови двоагрегатної насосної станції, що дозволяє виконати дослідження її характеристик в статичних і динамічних режимах.

**Практична цінність.** Розроблені моделі дозволяють проводити дослідження режимів роботи насосних систем в межах робочого циклу при зміні опору гідравлічної мережі та зміни параметрів трубопроводу.

Дослідження багатоагрегатних насосних комплексів дозволяють істотно знизити втрати енергії та підвищити техніко-економічні показники комплексу водопостачання в цілому.

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень доповідались на XI, XII Міжнародних науково-технічних конференціях молодих вчених, аспірантів та студентів ФЕА «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики» (Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»). На міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" (м.Харків, ХНТУ сільського господарства імені Петра Василенка). На XVII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук.

**Публікації.** 1) Бур'ян С.О. Дослідження роботи електромеханічної системи автоматизації послідовно з'єднаних насосних установок в пакеті SIMHYDRAULICS / С.О. Бур'ян, М.В. Печеник, Г.Ю. Землянухіна, А.І. Бабарова. // Вісник Харківського НТУ сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 204 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2019. – С. 84-86.

2) Бур'ян С.О. Дослідження роботи електромеханічної системи автоматизації насосної установки на основі пакету SimHydraulics / С.О. Бур'ян, М.В. Печеник, А.І. Бабарова. // Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 11-12 квітня 2019 р. – Кременчук, КрНУ, 2019. – с. 10-12.

3) Бур'ян С.О. Дослідження електромеханічної системи автоматизації послідовно з'єднаних насосів в пакеті Simhydraulics при зміні параметрів трубопроводу / С.О. Бур'ян, М.В. Печеник, А.І. Бабарова. – в редакції.