

Суховий М. І. студент гр. 151м-20

Науковий керівник: Ткачов В. В., д.т.н., професор кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірjувальних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Актуальність. Сфера водопостачання для будь якої держави з оглядом на життєву необхідність цього ресурсу людині є ключовою, а питання забезпечення постачання якісною питною водою мешканців усіх населених пунктів входить у національну стратегію країни. Україна також не є виключенням – поліпшення якості питної води та послуг централізованого водопостачання й водовідведення є одним з важливих питань державної стратегії розвитку [1]. Але, стан сфери централізованого водопостачання України постійно характеризується дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання, а також незадовільним технічним станом обладнання. Насосні станції у переважній більшості є морально застарілими, при цьому 24% всіх мереж використали свій термін експлуатації, оскільки експлуатуються більше 30-ти років [2]. Про зношений стан трубопроводів свідчать показники їх високої аварійності, особливо це стосується сталевих водопроводів. Так, при середній аварійності водопровідних трубопроводів у 116 аварій на 100 км на рік, аварійність сталевих водопроводів в Україні більш як утричі перевищує цей показник (367 аварій на 100 км на рік).

З урахуванням цього, в Україні у найближчі роки поставлене завдання модернізації систем водопостачання [1], у тому числі за рахунок активного використання інформаційних технологій для поліпшення контролю якості води та зменшення кількості аварій. Тож, дослідження законів керування насосними станціями з метою забезпечення необхідного тиску у водопроводах з одночасним зменшенням кількості аварій за рахунок запобігання різкої зміни у часі тиску є актуальним науковим питанням.

Постановка завдання дослідження. Згідно з державними будівельними нормами України щодо внутрішнього водопроводу й каналізації будівель [3], маємо наступні вимоги до рівня тиску води у трубах та швидкості зміни тиску у часі, що перераховані під конкретні умови дев'ятиповерхової будівлі: тиск у трубах у підвалі повинен підтримуватися на рівні 0,41-0,43 атм., а швидкість зміни тиску у часі не повинна перевищувати рівень 0,33 атм/с.

Таким чином, регулятор тиску у водопроводі повинен, з однієї сторони, забезпечувати якісну стабілізацію тиску з швидким поверненням до заданого рівня за умови зміни навантаження на систему водопостачання, а з іншої сторони – при цьому не повинна бути перевищена допустима швидкість зміни у часі тиску.

Інструмент дослідження. Для дослідження алгоритмів автоматичного керування тиском у водопроводі системи водопостачання будівлі у додатку Simulink математичного пакету MATLAB створена імітаційна модель системи автоматичного керування тиском. При цьому використані відомі методики розрахунку параметрів динамічної моделі приводу насосу [4], а динамічна модель водопроводів різної довжини отримана за допомогою процедури ідентифікації динамічних властивостей об'єкта керування на основі обчислювального експерименту з використанням бібліотеки Simscape додатку Simulink.

Запропоноване рішення поставленого завдання. Дослідження на основі імітаційної моделі системи автоматичного керування тиском у водопроводі системи водопостачання будівлі показали, що класичні й відносно прості методи налаштування ПД-регулятора не забезпечують реалізацію якісного керування тиском з урахуванням вище названих вимог через наявність обмеження щодо швидкості зміни у часі керуючого сигналу. У зв'язку з цим запропоновані два варіанта синтезу системи керування – настройка регулятора класичним методом з використанням спеціалізованого комп'ютерного додатку з наступним введенням штучного обмеження швидкості зміни у часі керуючого сигналу. Другий варіант – використання дискретного регулятора з нелінійною статичною характеристикою сумісно з інтегруючою ланкою.

Результати проведених досліджень. Встановлено, що динамічні властивості водопровідних труб довжиною до 100 м практично не впливають на перехідний процес на виході системи автоматичного керування тиском у трубах незалежно від місця замірювання тиску.

Позитивний ефект використання штучного обмеження швидкості зміни у часі керуючого сигналу має місце тільки за умови налаштування неперервного ПД-регулятор, при якому час перехідного процесу є сумірним з часом досягнення тиском заданого значення за умови його лінійної зміни у часі зі швидкістю, що відповідає максимально допустимому рівню.

Виявлено, що позитивний ефект використання дискретного регулятора з нелінійною статичною характеристикою сумісно з інтегруючою ланкою має місце при зоні нечуттєвості статичної характеристики у діапазоні значень від 0,042 до 0,06 атм.

Висновки. Отримані результати досліджень дозволили визначити область ефективного використання запропонованих регуляторів. Неперервний ПД-регулятор з обмеженням швидкості зміни у часі керуючого сигналу доцільно використовувати за умови навантаження на водопостачальну систему, що змінюється у часі повільно (до 0,01-0,03 атм/с), а дискретний регулятор з нелінійною статичною характеристикою сумісно з інтегруючою ланкою доцільно використовувати при динамічній зміні навантаження (більше 0,05 атм/с).

Перелік посилань

1. Крилова І.І. Аналіз сучасного стану сфери водопостачання та водовідведення України / І.І. Крилова // Державне управління. Інвестиції: практика та досвід. – 2018. – №23. – С. 118-125. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/23_2018/23.pdf

2. Гіпп Т.Р. Технічний стан систем централізованого водопостачання та водовідведення / Т.Р. Гіпп, // Український центр водно-екологічних проблем: [сайт]. – Режим доступу: <https://cleanwater.org.ua/tehnichnyj-stan-system-tsentralizovanoho-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/> (дата звернення 20.10.2021)

3. Державні будівельні норми України: внутрішній водопровід та каналізація (ДБН В.2.5-64:2012) / Розробники: Ж. Бовкун, М. Кашликов (науковий керівник), Л. Павлик, Н. Касімова. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 134 с.

4. Ключев В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

Анотація

Обґрунтована актуальність процесу автоматичного управління розподілом водопостачання промислових будівель. Сформовані вимоги до регулятора тиску у водопроводі системи водопостачання будівлі, та розроблена імітаційна модель відповідної системи автоматичного керування як інструмент дослідження. Для різних характеристик завантаження водопровідної системи будівлі визначені ефективні типи регуляторів тиску та їх налаштування.