

УДК 621.311.25

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-1/21>**Озерова Д.С.**

Одеський національний політехнічний університет

Уліцька О.О.

Одеський національний політехнічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ВОДИ В ГРУПІ ПІДГРІВАЧІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Атомна енергетика за досить короткий час свого існування зарекомендувала себе як один із найбільш перспективних напрямів розвитку енергетики. Якщо говорити про роботу електростанцій, то їхнє устаткування повинне працювати як єдиний організм, націлений на рішення кінцевого завдання. Досягти цього можна тільки тоді, коли всі системи та процеси пов'язані воедино автоматизованою системою управління технологічними процесами. Саме автоматизація технологічних процесів розвивається високими темпами, вона відіграє революційну роль у науково-технічному прогресі.

АЕС є складним комплексом інженерно-технологічного устаткування, для забезпечення надійної, безпечної та ефективної роботи якого в проєкті станції передбачено низку систем, що безпосередньо не беруть участі у процесі виробництва електричної та теплової енергії. Але саме ці системи необхідні для вирішення деяких важливих питань. До цих запитань можна віднести такі: постачання енергоблоків технологічними середовищами (технічна вода, гази високого тиску, хімічні реагенти); утилізація відходів, що виникають у процесі роботи устаткування енергоблоків; очищення і підготовка води, використовуваної в різних системах енергоблоків АЕС; подання технічної води до теплообмінних пристроїв і споруд.

Предметом дослідження у статті є Запорізька атомна електростанція (ЗАЕС), а об'єктом – група підігрівачів високого тиску (ПВТ-6, ПВТ-7).

Актуальність дослідження полягає в тому, що автоматична система регулювання рівня води в групі підігрівачів високого тиску дає змогу за отриманими даними управляти процесами у ПВТ, що значно збільшує надійність роботи та забезпечує виконання вимог із технічної і екологічної безпеки виробництва енергії.

Ключові слова: АЕС, автоматична система регулювання, підігрівач високого тиску, конденсат, живильна вода, рівень.

Постановка проблеми. Основу енергоблока АЕС утворюють ядерна паропродуктивна установка (далі – ЯПВУ) і паротурбінна установка. Технологічні системи та обладнання другого контуру, що є складовою ланкою теплової схеми АЕС, відображають основний технологічний процес – процес виробництва електроенергії.

Для того щоб система працювала без аварійних ситуацій, треба контролювати та регулювати рівень конденсату у ПВТ. Регенеративна система високого тиску призначена для підігрівання поживної води турбоустановки К-1000-60/1500-2(М) паром, що частково відпрацювала в проточній частині турбіни. Джерелом нагріву води у ПВТ є пара, що відбирається першим і другим відборами від турбоустановки. Відбори ці називаються регенеративними відборами. У ПВТ є дві зони нагріву поживної води. В одній із них відбувається конденсація пари (власне підігрівач), а в іншій – охолодження конденсату (охолоджувач дренажу) [2, с. 41–43].

Порушення в роботі будь-якого допоміжного елемента системи регенерації високого тиску, як правило, є висхідною подією відхилення від режиму нормальної експлуатації устаткування технологічних систем енергоблока. Один із найважливіших параметрів ПВТ – це рівень конденсату пари, що гріє. Підтримка цього параметра реалізує основну мету ПВТ – підігрів води для парогенератора. Підвищення рівня КГП у ПВТ може призвести до затоплення змійовиків і, як наслідок, потрапляння вологи в турбіну, що призведе до аварії з ушкодженням лопаток турбіни. Зниження рівня призводить до оголення змійовиків, підвищення в ньому тиску, що, у свою чергу, може призвести до розриву. Контроль рівня КГП забезпечує безаварійну роботу всього блока. Для управління рівнем конденсату в групі підігрівачів

високого тиску треба розробити АСР, яка повинна відповідати відповідним критеріям якості.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення та дослідження автоматичної системи регулювання рівня конденсату в групі підігрівачів високого тиску.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо більш детально об'єкт автоматизації. Підігрівання живильної води відбувається в підігрівачах поверхневого типу, які входять до складу системи регенерації високого тиску паротурбінної установки. Це підігрівання заведено називати регенеративним підігріванням живильної води, а підігрівачі, в яких відбувається підігрівання живильної води, – регенеративними підігрівачами високого тиску.

Джерелом нагріву води у ПВТ є пара, що відбирається першим і другим відборами від турбоустановки. Відбори ці називаються регенеративними відборами. Для здійснення регенеративного підігрівання живильної води волога пара зі східців турбіни може відводитися для часткової конденсації в регенеративних підігрівачах і потім повертатися в турбіну для подальшого виробництва робіт у ній. Значне і легке досягнення збільшення термічного ККД (коефіцієнта корисної дії) під час використання регенеративного підігрівання живильної води привело до обов'язкового його використання в усіх паротурбінних установках.

У ПВТ є дві зони нагріву поживної води – це можна побачити на рис. 1.

В одній зоні відбувається конденсація пари (власне підігрівач), а в іншій – охолодження конденсату (охолоджувач дренажу). Пара, що гріє, поступає у верхню частину ПВТ і по трубі, що підводить пару, надходить у зону конденсації пари. У зоні конденсації пари між змійовиками розташовані горизонтальні перегородки, що відводять конденсат до периферії трубної системи та направляють пару, що конденсується, на спіральні змійовики.

У нижній частині трубної системи розташований охолоджувач конденсату, який утворює частину першого ходу води. Його поверхня нагріву становить 364 м². Тут організоване доохолодження конденсату до температури, нижчої за температуру насичення, що відповідає тиску в корпусі підігрівача. У зв'язку з цим не допускається скипання конденсату пари, що гріє, за його каскадного зливу в наступний ПВТ або деаератор [3, с. 35–37].

Встановлено дві групи ПВТ, де до складу кожної групи входять два підігрівачі (група А ПВТ-6,7, група Б ПВТ-6,7). Від ТЖН по трубах протікає живильна вода через ПВТ-6 та ПВТ-7. На ПВТ-7 спрямовується пара першого відбору. На ПВТ-6 спрямовується пара другого відбору.

Конденсат пари, що гріє, з ПВТ-7 скидається у ПВТ-6 своєї групи. КГП ПВТ-6 з кожного тепло-

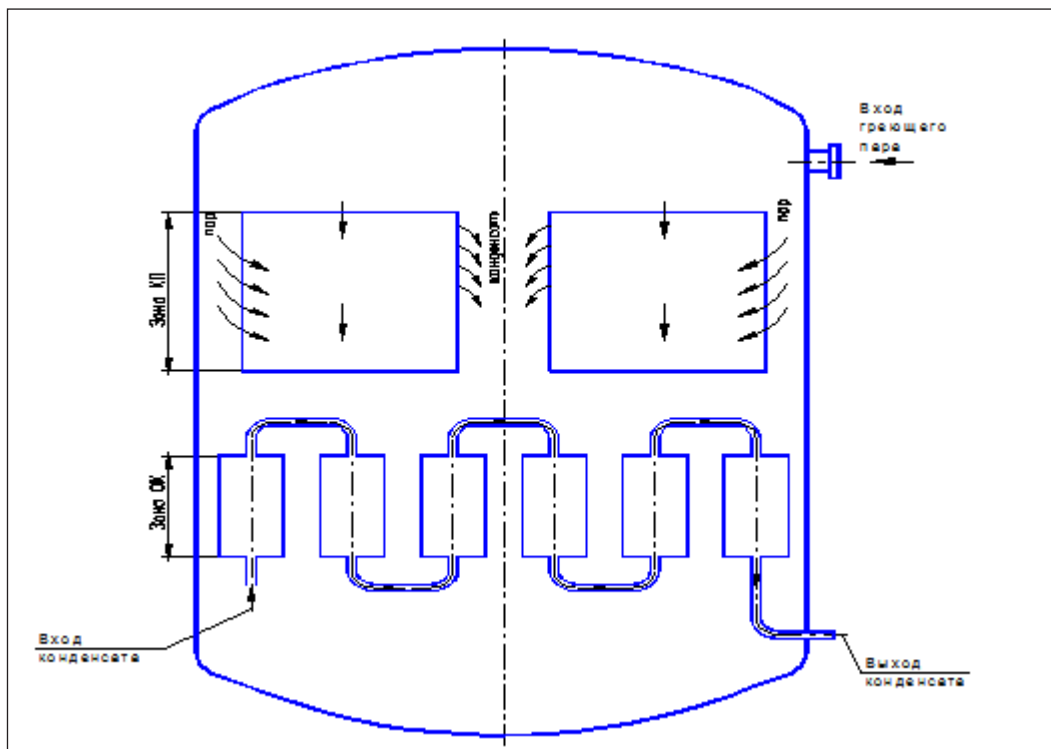


Рис. 1. Схема руху пари та конденсату пари, що гріє в ПВТ-6

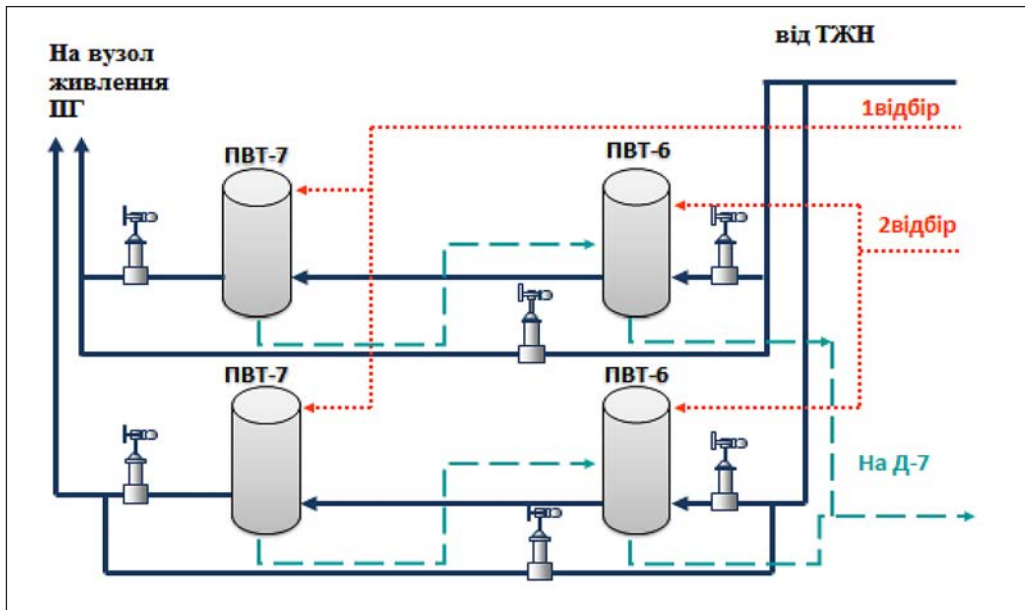


Рис. 2. Принципова схема групи підігрівачів високого тиску

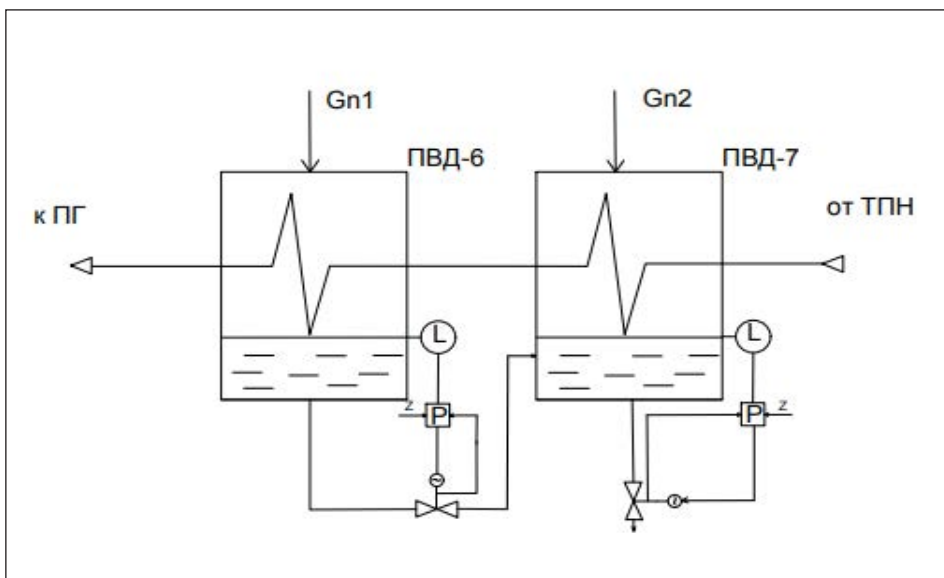


Рис. 3. Принципова схема регулювання рівня конденсату у ПВД

обмінника може бути спрямований або в деаератор, або в розширювальний бак. Принципова схема групи підігрівачів високого тиску наведена на рис. 2.

Зміна рівня рідини в підігрівачах високого тиску пов'язана з витратою пари та конденсату. В цьому випадку на зливному трубопроводі встановлений регулюючий клапан, і конденсат зливається самопливно. Отже, за відсутності насоса на зливні конденсату теплообмінника описується рівнянням інерційної ланки 1-го порядку, тобто стійким об'єктом [4, с. 340]. Принципова схема

регулювання рівня конденсату в ПВД наведена на рис. 3.

Під час проектування системи автоматичного регулювання рівною мірою використовуються як теоретичні, так й експериментальні методи дослідження. Застосування теоретичних методів аналізу й синтезу вимагає попереднього математичного опису системи автоматичного регулювання. Система рівнянь, що описують роботу системи регулювання, називається математичною моделлю АСР. На рис. 4. показано математичну модель підігрівачів високого тиску.

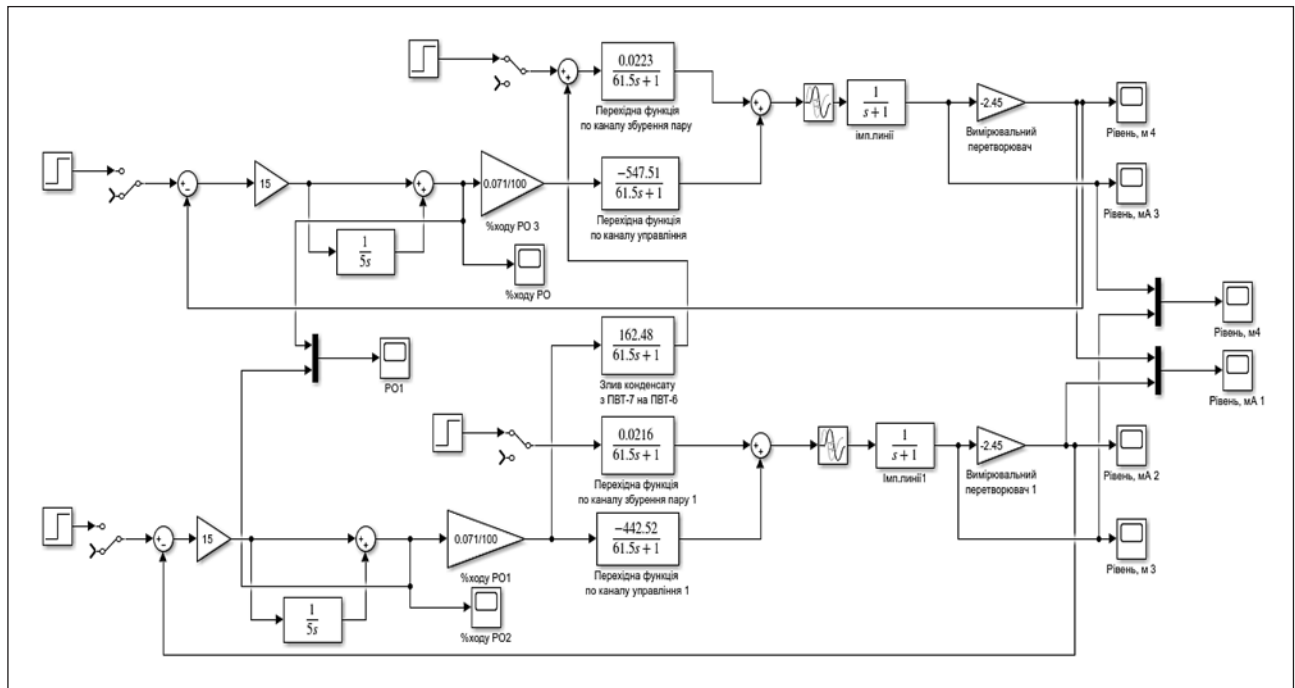


Рис. 4. Математична модель замкненої АСР групи ПВТ у середовищі Simulink

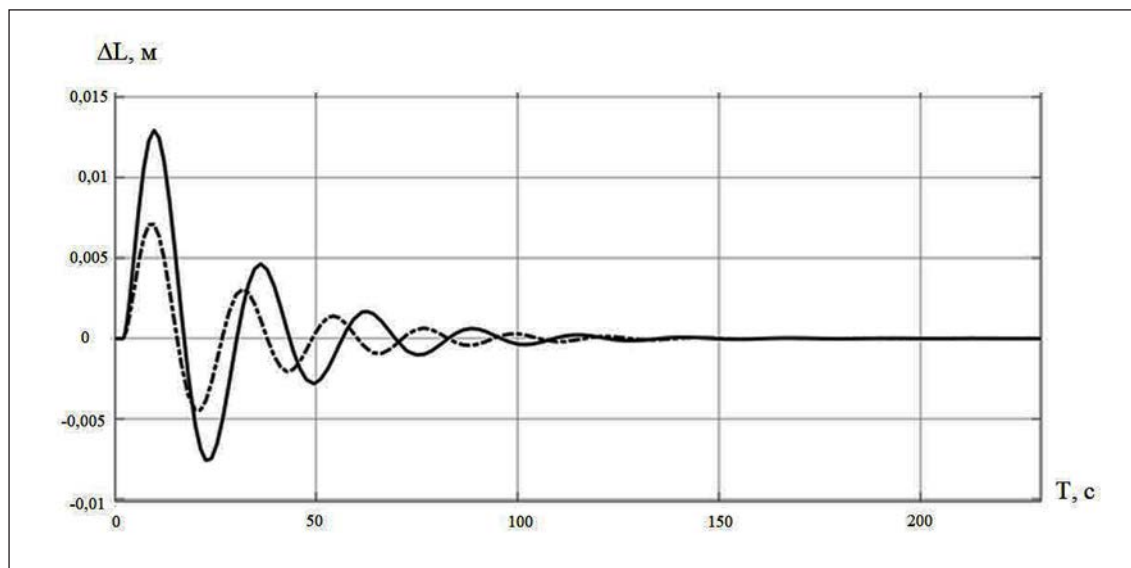


Рис. 5. Перехідний процес регулювання рівня конденсату в ПВТ-7(-.-) та ПВТ-6(-)

На рисунку 4 можна побачити канали регулювання і збурення. Але ще потрібно враховувати витрату конденсату, що поступає з ПВТ-7 на ПВТ-6. Блоки (gain) з вимірвальним перетворювачем перетворюють отримані сигнали в уніфіковані аналогові струмові сигнали. Блоки (scope) допомагають побачити отримані криві розгону.

У результаті отримано перехідні процеси регулювання рівня конденсату в групі підігрівачів високого тиску, показання зміни рівня в мм і мА, які зображено на рис. 5 і 6.

Для пояснення процесу так само необхідні графік зміни положення РК під час подачі збурення за витратою пари, що зображено на рис. 7.

Провівши аналіз отриманих перехідних процесів, визначили, що час регулювання T_r становить 60с, максимальне статичне відхилення не перевищує. Ступінь коливань визначається за формулою: $\psi = \frac{A1 - A3}{A1}$ та становить [0,75...0,95], що відповідає технічним вимогам.

Для того, щоб переконатися у якості ПІ-регулятора, порівняємо його з П-регулятором.

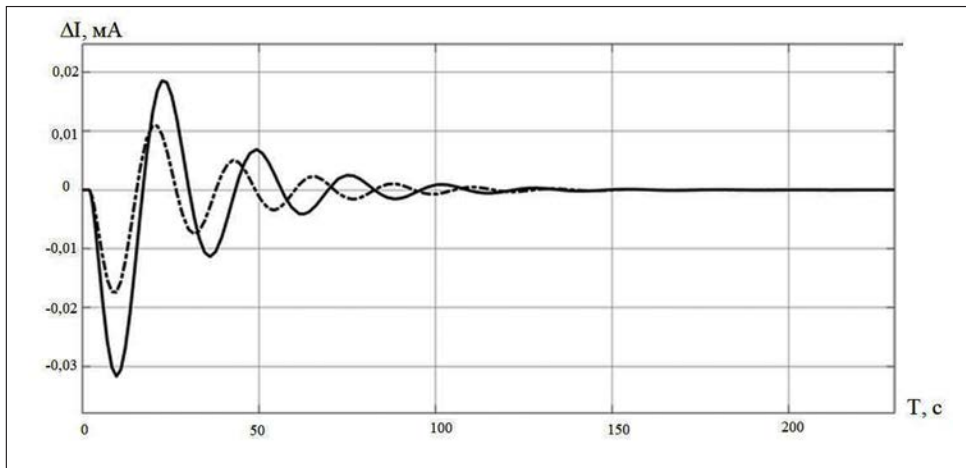


Рис. 6. Перехідний процес регулювання рівня конденсату в ПВТ-7(-.-) та ПВТ-6(-)

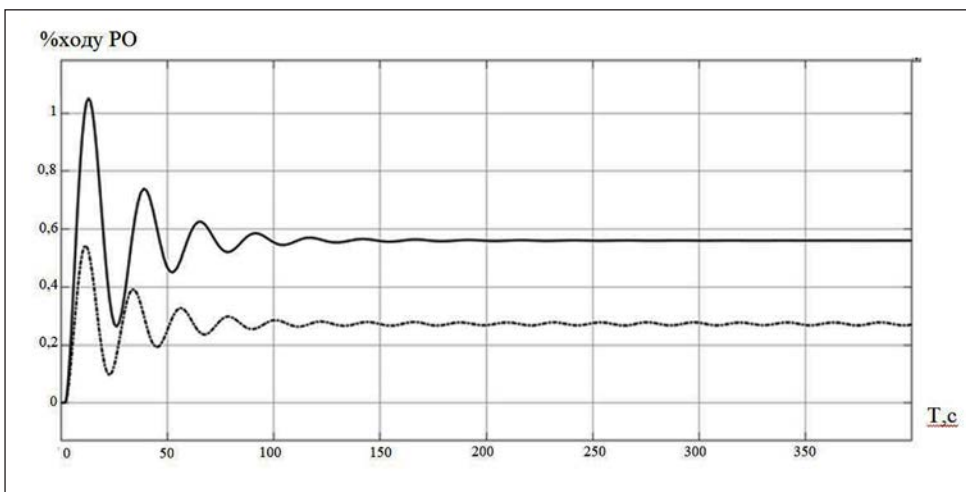


Рис. 7. Положення РК в ПВТ-7(-.-) та ПВТ-6(-) під час подачі збурення за витратою пари

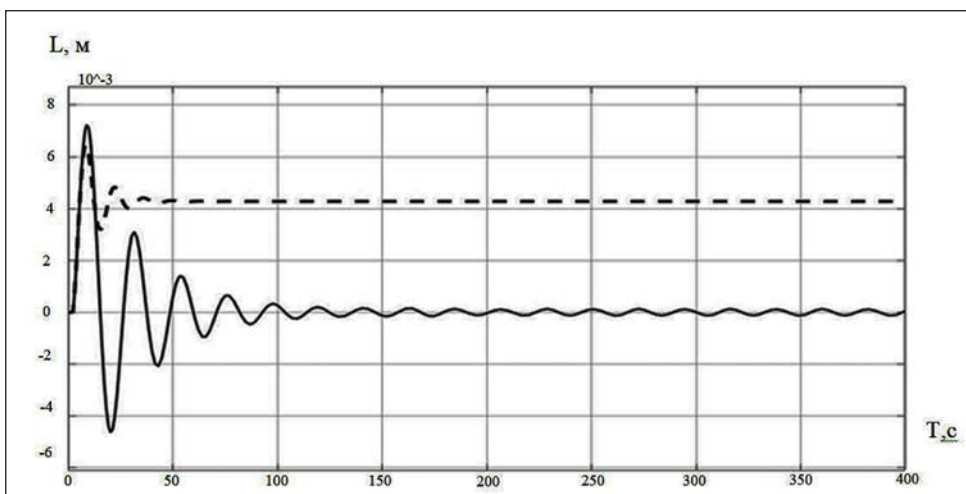


Рис. 8. Порівняння П-регулятора (-.-) та ПІ-регулятора (-) в регулюванні рівня ПВТ-7

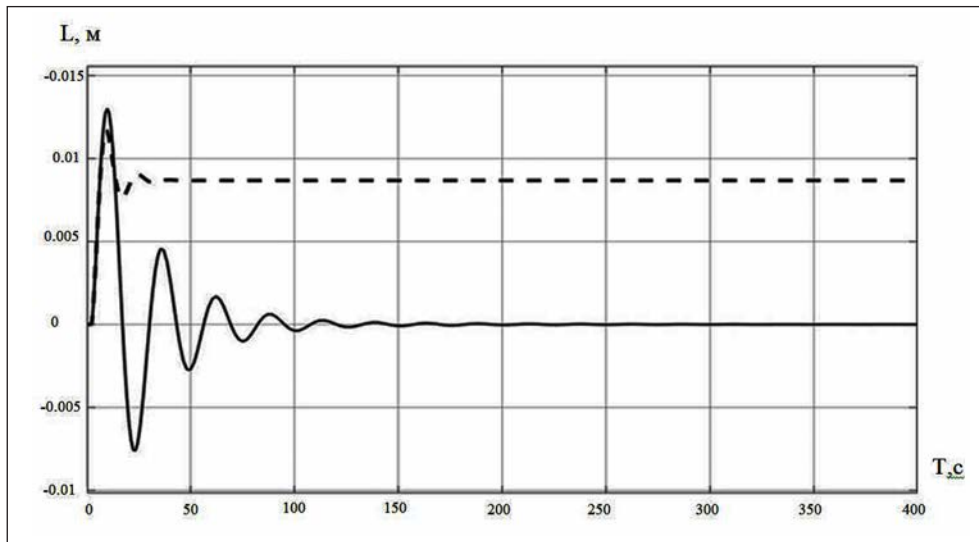


Рис. 9. Порівняння П-регулятора (- -) та ПІД-регулятора (-) в регулюванні рівня ПВД-7

Отримано перехідні процеси регулювання рівня конденсату в групі підігрівачів високого тиску, які зображено на рис. 8 і 9.

Висновки. Було розроблено автоматичну систему регулювання рівня конденсату системи регенерації високого тиску. Проведено аналіз

якості перехідних процесів і отримано, що час регулювання, максимальне статичне відхилення, ступінь коливань відповідають технічним вимогам. А також у процесі порівняння двох регуляторів переконалися в якості ПІД-регулятора над П-регулятором.

Список літератури:

1. Беглов К.В., Волошкіна О.О., Плахотнюк О.А. Дослідження регулятора концентрації рідкого поглинача енергоблоку АЕС. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. 2015. Вип. 7 (4) С. 23.
2. Технологія виробництва електричної енергії на атомній електростанції. Другий контур : навч. посібник. Енергодар : ЗАЕС, 2003. Ч. 1. С. 41–43.
3. Система регенерації високого тиску : навч. посібник. Енергодар : ЗАЕС, 2016. С. 35–37.
4. Демченко В.А. Автоматизація і моделювання технологічних процесів АЕС і ТЕС. Одеса : Асторпринт, 2001. С. 239–240.

Ozerova D.S., Ulitska O.O. RESEARCH OF AUTOMATIC SYSTEM ADJUSTING WATER LEVEL IN GROUP OF HEATERS HIGH-PRESSURE

Atomic energy showed oneself for short enough time of the existence, as one of the most perspective directions of development of energy. If to talk about work of power-stations, then their equipment must work as the only organism aimed at the decision of eventual task. Attaining it is possible only then, when all systems and processes are bound by together automated control system by technological processes. Exactly automation of technological processes develops high rates, it plays a revolutionary role in scientifically – technical progress.

NPP is the difficult complex of engineer-technological equipment for providing of reliable, safe and effective work of that, in the project of the station there is the envisaged row of the systems that directly does not participate in the process of production of electric and thermal energy. But exactly these systems are needed for the decision of some important questions. To these questions it is possible to take: supply of power units by technological environments technical water; gases of high-pressure, chemical reagents); utilization of wastes that arise up in the process of work of equipment of power units; cleaning and preparation of water, NPP used in the different systems of power units; presentation of technical water is to the heat-exchange devices and building.

The article has the Zaporizhzhya nuclear power plant (ZNPP) the article of research, and an object is a group of heaters of high-pressure (HHP- 6, HHP- 7).

Research actuality consists in that the automatic system of adjusting of water level in the group of heaters of high-pressure allows according to information received managing processes in HHP, that considerably increases reliability of work and provides implementation of requirements on technical and ecological safety of production of energy.

Key words: NPP, automatic system of adjusting, heater of high-pressure, runback, feed water, level.