

Тарасов Д.О.

Державний університет «Одеська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗУ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ В ГРУПІ ПІДГРІВАЧІВ НИЗЬКОГО ТИСКУ

На атомних електростанціях велика увага приділяється питанням безпеки, надійності, якості роботи основного устаткування. Одним зі способів підвищення якості згаданих питань є автоматизація технології процесів. Механізм регенерації турбоустановки призначений для підвищення термодинамічного ККД його циклу шляхом підігріву основного конденсату та живильної води паром нерегульованих відборів турбіни. Також необхідно враховувати, що після техногенної аварії на Чорнобильській АЕС атомній енергетиці увага приділяється набагато пильніша, стають суворішими вимоги до надійності систем контролю, управління і захисту як з боку державних наглядових органів, так і з боку світової спільноти. Упровадження систем автоматизованого управління рівнем конденсату в підігрівачах низького тиску, побудованих на основі програмованих контролерів, допомагає автоматизувати процес контролю рівня конденсату в підігрівачах низького тиску. Застосування таких систем дає змогу підвищити ККД атомної електростанції. Підтримання заданого рівня конденсату в підігрівачах низького тиску є складовою частиною автоматизованої роботи атомної електростанції. Метою дослідження є визначення доцільності використання системи контролю і регулювання рівня води в групі підігрівачів низького тиску. Актуальність полягає в тому, що підвищення рівня конденсату від нормального призводить до затоплення поверхонь теплообміну, а іноді призводить до проскакування крапель води до турбіни; пониження рівня призводить до проскакування конденсату до конденсаційних насосів, що призводить до кавітації. Тому виникла необхідність синтезу та аналізу автоматизованої системи регулювання рівня конденсату в групі підігрівачів низького тиску, що дає змогу підтримувати характерний технологічний параметр. У результаті дослідження автоматизованої системи управління було виявлено, що нова система забезпечує поліпшення умов праці робочого персоналу, підвищення безпеки виробництва, підвищення якості вихідного продукту завдяки високій точності вимірювання і швидкості порівняння та обробки технологічної інформації.

Ключові слова: підігрівач низького тиску, автоматизація, регулятор, атомна станція.

Постановка проблеми. На атомних електростанціях (далі – АЕС) велика увага приділяється питанням безпеки, надійності, якості роботи основного устаткування. Одним зі способів підвищення якості цих питань є автоматизація технологічних процесів.

Найважливішим показником сучасного науково-технічного прогресу є значна інтенсифікація технологічних процесів, зростання одиничної потужності й продуктивності агрегатів. Наслідком цього є всезростаючі вимоги до надійності та якості управління технологічними процесами. Забезпечити рішення цих завдань дають змогу технічні засоби автоматизації, упровадження яких дає можливість досягти поліпшення умов праці та зниження собівартості продукції, що випускається.

Система регенерації турбоустановки призначена для підвищення термодинамічного коефіцієнта корисної дії (далі – ККД) її циклу шляхом підігрівання основного конденсату й живильної води паром нерегульованих відборів турбіни.

Система регенерації у зв'язку з різними тисками середовища (основного конденсату і живильної води), що підігривається, складається з регенеративних установок низького й високого тисків.

Атомна станція від традиційної теплової електростанції на органічному паливі (вугіллі тощо) відрізняється джерелом отримання теплової енергії, що перетворюється на механічну енергію в паровій турбіні. На АЕС таким джерелом отримання теплової енергії служить ядерний реактор. Реактор є пристроєм, в активній зоні якого здійснюється керована реакція ділення ядер урану й кінетична енергія продуктів ділення перетворюється в тепло. Тепло розігриває воду та перетворює його на водяну пару. Середовище (водяна пара), яке виконує роботу в турбіні (приводить в обертання турбіну), називається робочим тілом.

Реактори підрозділяються на теплові та швидкі залежно від того, чи йде процес ділення ядер урану на теплових або швидких нейтронах. Реактор, що розглядається, належить до типу реакторів на теплових нейтронах.

Усі ці особливості роблять енергоблок з реакторною установкою дуже складним об'єктом управління, що вимагає високої міри автоматизації устаткування й централізації управління, застосування сучасних засобів обчислювальної техніки, високонадійної та ефективної системи управління, контролю й ремонту.

Постановка завдання. Метою статті є таке:

- дослідження наукової літератури з експлуатації автоматичних систем регулювання рівня в групі підігрівачів низького тиску;
- розробка функціональної схеми автоматизації та схеми комплексу технічних засобів автоматизації;
- розробка математичної моделі;
- синтез автоматичної системи регулювання.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Опис об'єкта автоматизації. У реакторній установці використовуються регенеративні підігрівачі поверхневого типу, тобто такі, у яких середовище, що нагріває (пар відбору турбіни), відокремлене від того, яке нагрівається (вода конденсаційно-живильного тракту). Пар, що конденсується в підігрівачі низького тиску (далі – ПНТ), у вигляді води, так званий дренаж, відводиться на попередній по ходу води, що підігрівається ПНТ. З першого, після конденсатора підігрівача (ПНТ), дренаж зливається в конденсатор. Така схема отримала назву «каскадний злив дренажів».

При каскадному зливі дренажів має бути забезпечено відведення тільки конденсату. Пар, що не сконденсувався в підігрівачі, може по дренажному трубопроводу надходити в попередній підігрівач. Рівень конденсату в підігрівачах також повинен бути певним. Оскільки регенеративний підігрів води в тракці здійснюється за рахунок конденсації пари на стінках труб, то при підвищенні рівня конденсату частина поверхні, залита водою, не бере участі в теплообміні, виключається можливість підігріву води до певного рівня, що визначається оптимальним розбиттям підігріву ступенями.

Розробка функціональної схеми автоматизації та схеми комплексу технічних засобів автоматизації. Забезпечення безпеки, надійності й економічності технологічного процесу можливе лише за умови, що всі величини, які характеризують процес (температура, тиск, витрата тощо), знаходяться в суворо заданих межах. Вихід за ці межі тягне за собою зниження економічності, а при збільшенні відхилень може призвести до аварійної зупинки або навіть руйнування технологічного об'єкта. При цьому необхідно постійно контролювати ці величини й впливати на техно-

логічний процес таким чином, щоб підтримувати їх необхідні значення, тобто здійснювати процес управління. Функціональна схема автоматизації представлена на рисунку 1. Схема комплексу технічних засобів автоматизації представлена на рисунку 2.

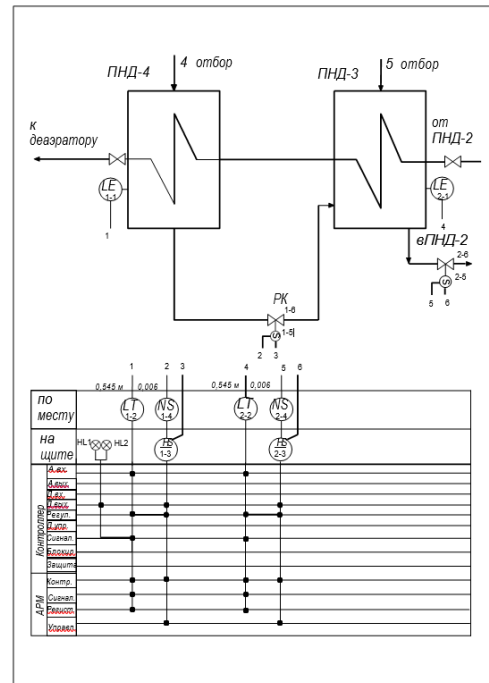


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації

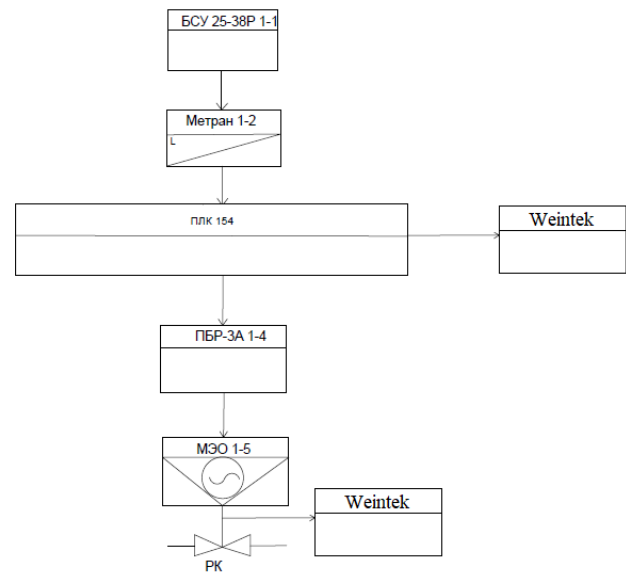


Рис. 2. Схема комплексу технічних засобів автоматизації

Розробка математичної моделі. Технологічна схема установки зображена на рисунку 3. Розрахована математична модель та отримані передатні функції зображено в таблиці 1.

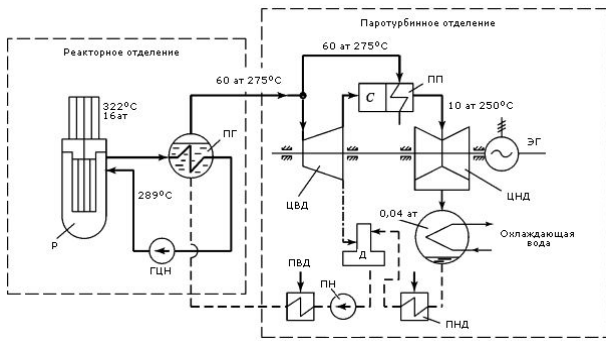


Рис. 3. Технологічна схема установки

Таблиця 1

Матриця передавальних функцій об'єкта управління

	МП1	Мп2	Sk1	Sk2
L1	$\frac{0,607}{3260S + 1}$		$\frac{-8833}{3260S + 1}$	
L2		$\frac{0,607}{3260S + 1}$		$\frac{-8833}{3260S + 1}$

За допомогою математичної моделі, реалізованої в середовищі Simulink, зображеної на рисунку 4, отримано криві розгону об'єкта.

Синтез автоматичної системи регулювання.

Структурна схема регулювання рівня конденсату в групі ПНД представлена на рисунку 13.

Для розрахунку параметрів, необхідно зняти значення з розгінної характеристики. Розгінна характеристика представлена на рисунку 14.

Опрацюємо графік.

$$\tau_{\text{общ}} = 3 \text{ сек};$$

$$\tau_{\text{тр}} = 2 \text{ сек};$$

$$\tau_e = \tau_{\text{общ}} - \tau_{\text{тр}} = 1 \text{ сек};$$

$$K_M = \frac{\Delta I}{\Delta t \cdot \Delta h} = 0,00098 \frac{\text{МА}}{\text{с} \cdot \% \text{хода}}$$

$$\frac{\tau_e}{\tau} = 0,33.$$

Виходячи із цього співвідношення, за таблицею Кона знаходимо значення k, z:

$$k = 0,29; z = 6.7.$$

Виконуємо розрахунок параметрів регулювання регулятора:

$$k = K_M \cdot K_p \cdot \tau.$$

Звідси висловлюємо коефіцієнт перед. П-регулятора K_p :

$$K_p = \frac{k}{K_M \cdot \tau} = \frac{0,29}{0,00098 \cdot 3} = 98.$$

Постійна часу ПІ-регулятора:

$$T_u = c \cdot \tau = 3 \cdot 6.7 = 20 \text{ с}.$$

Перехідний процес регулювання рівня конденсату в групі ПНТ при подачі збурення по каналу витрати пари представлено на рисунках 15 і 16.

Компенсація РК при подачі збурення по пару в групі ПНТ представлена на рисунку 17.

По перехідних процесах видно, що регулятор справляється зі своїм завданням і виконує регулювання рівня в ПНТ-3 і ПНТ-4. Розбіжність у першому відхиленні викликається через те, що ПНТ-4 і ПНТ-3 з'єднується трубопроводом, що

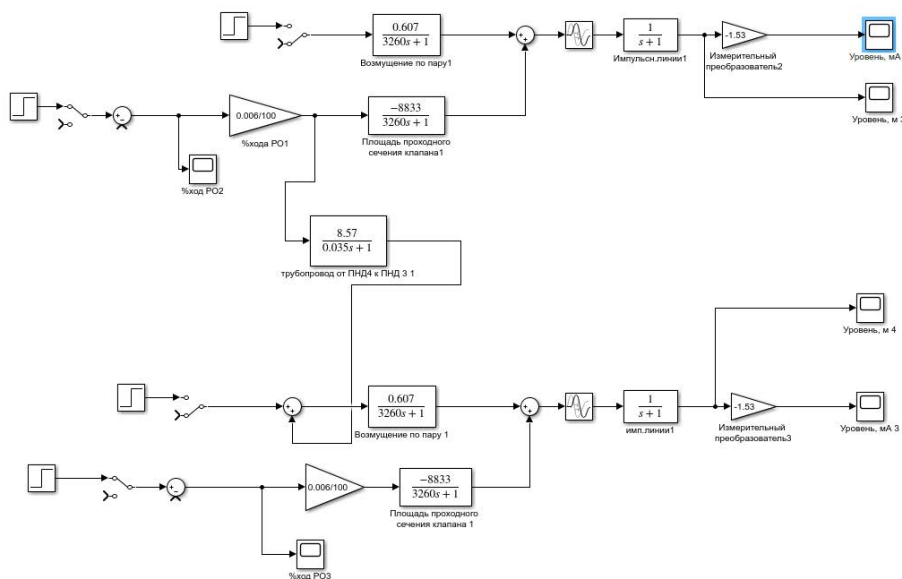


Рис. 4. Математична модель ПНД в середовищі Simulink

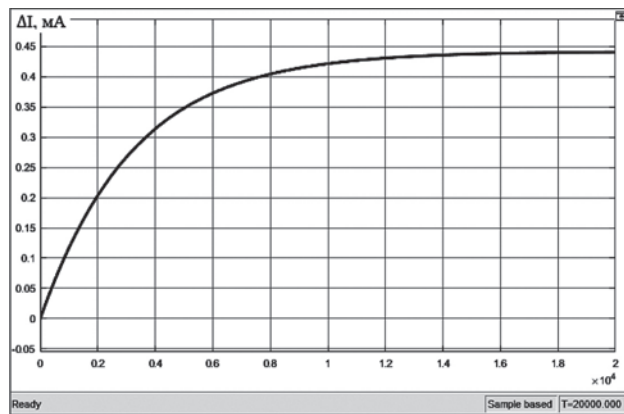


Рис. 5. Крива розгону ПНД-4 за рівнем, канал збурення – завдання

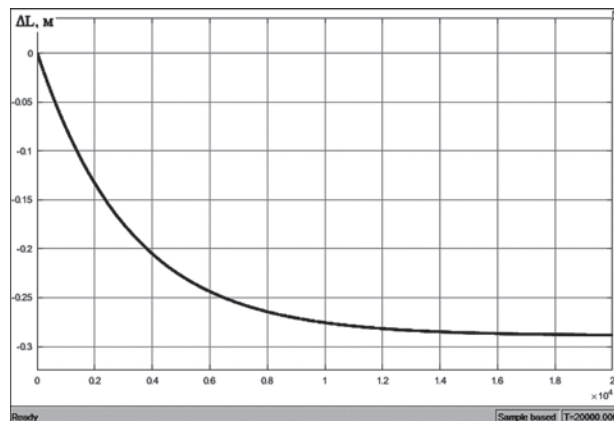


Рис. 6. Крива розгону ПНД-4 за рівнем, канал збурення – завдання

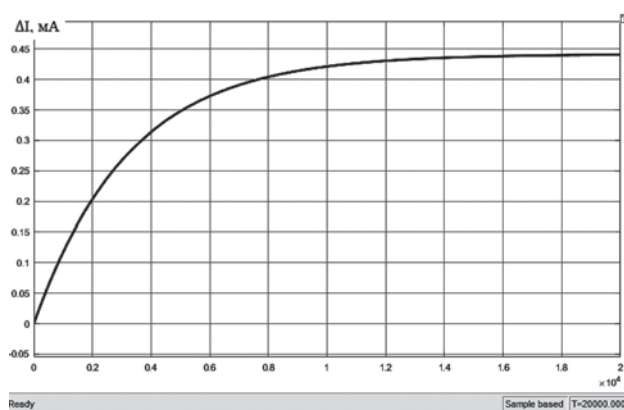


Рис. 7. Крива розгону ПНД-3 за рівнем, канал збурення – завдання

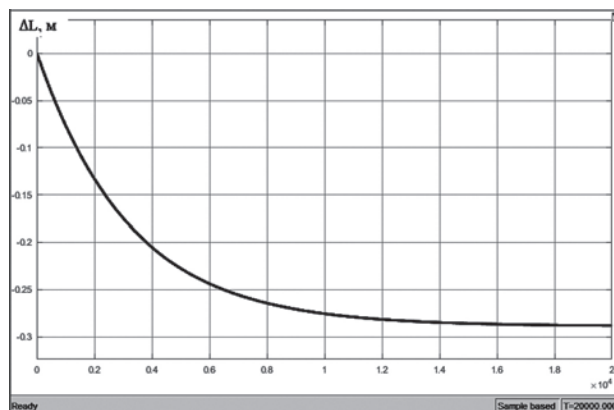


Рис. 8. Крива розгону ПНД-3 за рівнем, канал збурення – завдання

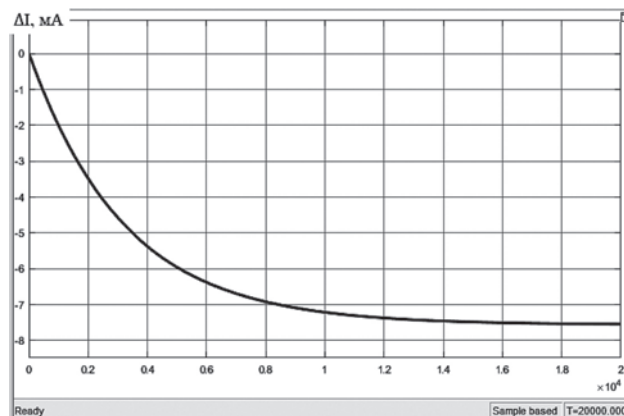


Рис. 9. Крива розгону ПНД-4 за рівнем, канал збурення – витрата пари

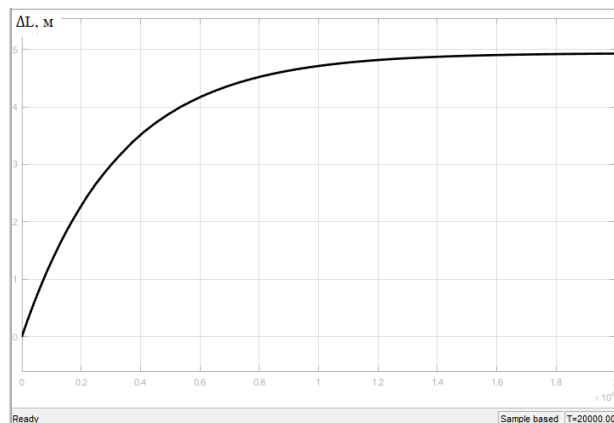


Рис. 10. Крива розгону ПНД-4 за рівнем, канал збурення – витрата пари

призводить до зливу конденсату з поточного ПНТ в попередній.

Висновки. У статті досліджена автоматизована система управління технологічними процесами в групі підігрівачів низького тиску. Ця ділянка – дуже важливий складник у процесі роботи атом-

ної станції. Нова система забезпечує покращення умов праці робочого персоналу, збільшення безпеки виробництва, підвищення якості вихідного продукту завдяки високій точності вимірювання і швидкості порівняння й обробки технологічної інформації.

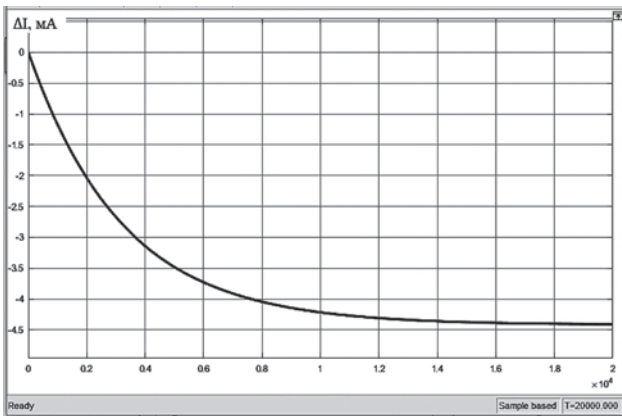


Рис. 11. Крива розгону ПНД-3 за рівнем, канал збурення – витрата пари

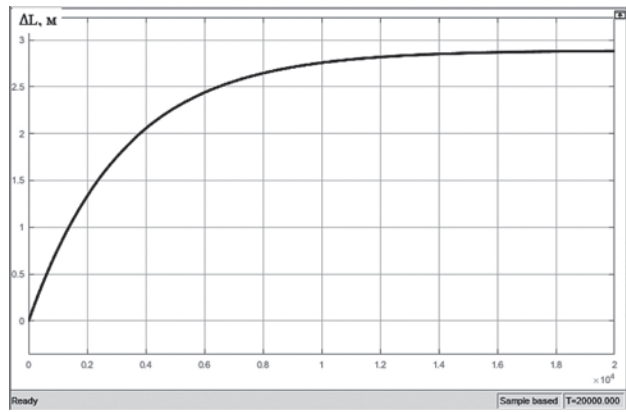


Рис. 12. Крива розгону ПНД-3 за рівнем, канал збурення – витрата пари

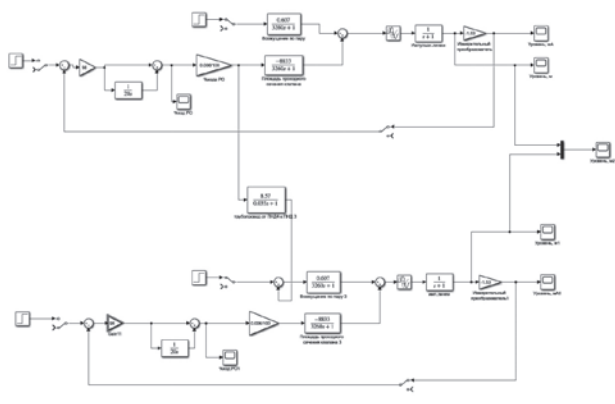


Рис. 13. Структурна схема АСР рівня в групі ПНД в середовищі Simulink

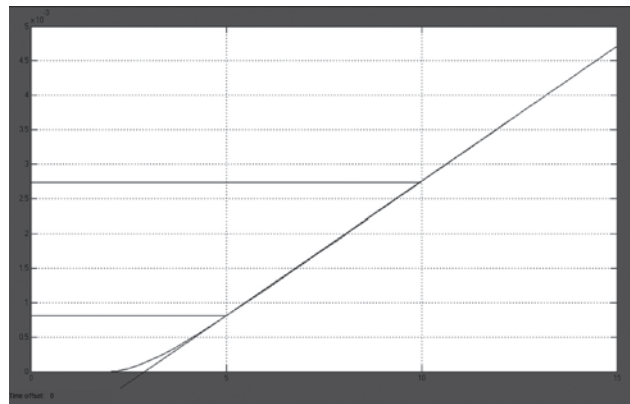


Рис. 14. Розгінна характеристика

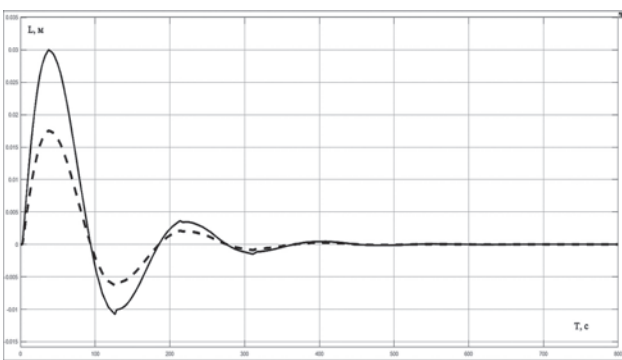


Рис. 15. Перехідний процес регулювання рівня конденсату в групі ПНТ (- ПНТ-4; - - ПНТ-3)

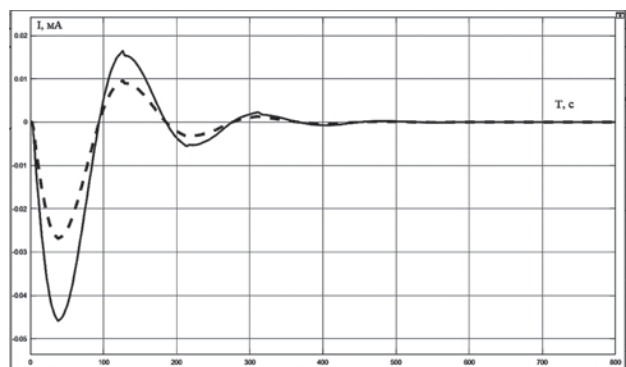


Рис. 16. Перехідний процес регулювання рівня конденсату в групі ПНД (- ПНД-4; - - ПНД-3)

Розроблена математична модель регенерації низького тиску, порашовані відповідні коефіцієнти. У програмному пакеті Simulink побудована структурна схема АСР рівня води в групі ПНТ. Отримані перехідні процеси регулювання рівня залежно від зміни витрати пари в допустимих межах.

Згідно з поставленою темою та метою, визначені параметри контролю, сигналізації, блоку-

вання, автоматичного регулювання й розроблена функціональна схема автоматизації технологічного процесу.

Таким чином, як висновок необхідно відзначити, що автоматизація управління спричиняє відтворення системного підходу, оскільки вона окреслює наявність саморегульованої системи, що має вхід, вихід і механізм управління. Сис-

темний підхід допускає розглядати аналіз і синтез різних за своєю природою і складністю об'єктів з єдиної точки зору, підкреслюючи при цьому найважливіші характерні риси функціонування системи й уважаючи найбільш істотні для всієї системи фактори. Вагомість системного підходу особливо велика при проектуванні й експлуатації таких систем, як комп'ютерно-інтегровані системи управління, які, по суті, є людино-машинними системами, де людина виконує роль суб'єкта управління [1].

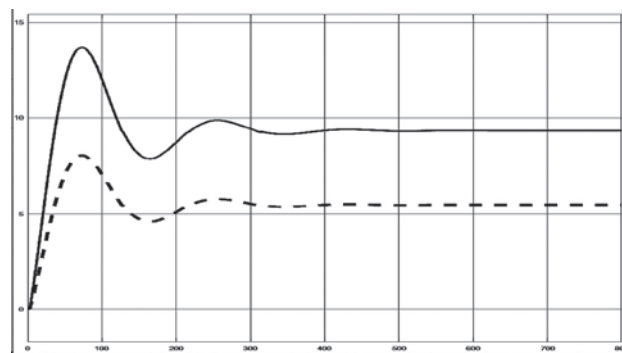


Рис. 17. Компенсація РК при подачі збурення по пару (- ПНТ-4; - - ПНТ-3)

Список літератури:

1. Студопедія. URL: https://studopedia.com.ua/1_220972_sistemniy-pidhid-pri-proektuvanni.html.
2. Системи турбінного відділення: служба підготовки персоналу / БалАЕС. 2010. 382 с.
3. Преображенський В.П. Теплотехнічні виміри і прилади : підручник для ВНЗ за фахом «Автоматизація теплоенергетичних процесів». 3-є видання, перероб. Москва : Енергія, 1978. 704 с.
4. Демченко В.А. Автоматизація і моделювання технологічних процесів АЕС і ТЭС. Одеса : Асторпринт, 2001. 305 с.
5. Теплотехнічні виміри: навчань.-метод. комплекс / уклад. Н.Н. Панферов. Санкт-Петербург : Вид-во СЗТУ, 2011. 171 с.
6. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровський А.Х. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
7. ГОСТ 21.404-85. Автоматизація технологічних процесів. Умовні позначення приладів і засобів автоматизації в схемах. Москва : Вид-во стандартів, 1985. 16 с.
8. ГОСТ 2.106-74 ЕСКД. Загальні вимоги до текстових документів. Москва, 1974.
9. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основні вимоги до креслення.
10. НПАОП 0.00-4.35-04 «Типове положення про службу охорони роботи».
11. ДСН 3.3.6-042-99 «Державних санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень».
12. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».
13. СН 2152-80 «Санітарно-гігієнічних норм допустимих рівнів іонізації повітря виробничих і громадських приміщень».
14. ГОСТ 12.1.030-81 «ССБП. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення». Зміни 1987.

Tarasov D.O. STUDY OF THE SYNTHESIS OF THE AUTOMATIC LEVEL REGULATION SYSTEM IN THE GROUP OF LOW-PRESSURE HEATERS

At nuclear power plants much attention is paid to safety, reliability, quality of operation of basic equipment. One of the ways to improve the quality of these issues is to automate process technology. The turbine regeneration mechanism is designed to increase the thermodynamic efficiency of its cycle by heating the main condensate and feed water by steam of unregulated turbine selections. It should also be borne in mind that after the man-made accident at the Chernobyl nuclear power plant, attention is paid much more closely and the requirements for the reliability of control, management and protection systems are becoming stricter – both by state supervisory authorities and the world community. The introduction of automated condensate level control systems in low-pressure heaters based on programmable controllers helps to automate the process of condensate level control in low-pressure heaters. The use of such systems makes it possible to increase the efficiency of a nuclear power plant. Maintaining a given level of condensate in low pressure heaters is an integral part of the automated operation of a nuclear power plant. The aim of the study is to determine the feasibility of using a system of control and regulation of water levels in the group of low-pressure heaters. The relevance is that increasing the level of condensate from normal leads to flooding of the heat transfer surfaces, and sometimes leads to the leakage of water droplets into the turbine; lowering the level leads to leakage of condensate to the condensing pumps, which leads to cavitation. Therefore, there is a need for the synthesis and analysis of an automated condensate level control system in the group of low-pressure heaters, which allows to maintain the characteristic technological parameter. As a result of the study of the automated control system it was found that the new system improves working conditions, improves production safety, improves the quality of the original product due to high measurement accuracy and speed of comparison and processing of technological information.

Key words: low pressure heater, automation, regulator, nuclear power plant.