

Тарасов Д.О.

Державний університет «Одеська політехніка»

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГРУПИ ПІДІГРІВАЧІВ НИЗЬКОГО ТИСКУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

В атомних електростанціях (АЕС) значна увага приділяється запитанням безпеки та якості роботи, надійності головного устаткування. Щоб збільшити якість цих запитань застосовують автоматизацію технологічних процесів. Стаття присвячена розробці функціональної схеми автоматизації (ФСА).

У статті розкрито, що ФСА є важливим технічним документом у сучасному світовому інжинірингу, наприклад для створення автоматичних систем керування. Визначено, що при реалізації ФСА створюється декілька завдань для здобуття інформації про положення всіх основних величин технічного процесу і обладнання; безпосереднього впливу на технічний процес щоб керувати ним; стабілізації технічних параметрів процесу; контролю та реєстрації технічних параметрів процесів й стану технічного обладнання. Вказанні завдання вирішуються за рахунок аналізу умов праці технічного обладнання, знаходження законів і критеріїв керування об'єктом, а також вимог, що виставляються до точної стабілізації, контролю і реєстрації технічних параметрів, і до якості керування та надійності. З'ясовано що підтримання необхідного рівню конденсату у підігрівачах низького тиску (ПНТ) є основною частиною автоматичної праці атомної електростанції з реакторним блоком типу ВВЕР 1000. Будь-який технологічний об'єкт в обов'язковому порядку треба контролювати. Для контролю основних параметрів важливу роль грає правильність вибирання засобів вимірювальної техніки, методів виміру технологічних змінних. Актуальність статті полягає у тому, що при підвищенні рівню конденсату від нормальної величини, поверхні теплообміну можуть бути затопленими, також може відбутися потрапляння мікро-крапель води у турбіну; при пониженні рівня конденсат потрапляє до конденсаційних насосів і призводить до кавітації. Через це з'явилася необхідність синтезу і аналізу автоматичної системи керування рівнем конденсату у групі підігрівачів низького тиску, ключовою визначальною частиною якої є відповідна функціональна схема автоматизації.

Ключові слова: автоматизована система регулювання, підігрівач низького тиску, атомна електростанція, автоматизація, функціональна схема автоматизації.

Постановка проблеми. Проблеми безпеки, надійності, доброякісності роботи головного устаткування дуже гостро стоять в атомних електростанціях. Найпоширенішим методом вирішення цих є автоматизація технічних процесів, у тому числі керування рівнем конденсату у групі підігрівачів низького тиску.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженні [1, с. 205–212] відображено алгоритм відтворення нерозбіжних рішаючих правил необхідних для того щоб можна було вибрати раціональну альтернативу з тих функціонуючих схем систем автоматизації що є і з застосуванням теорії нечіткої логіки та приближених множин. Завдяки можливостям алгоритму застосовувати багатокритеріальну оцінку складних варіантів схем досягається велике збільшення тимчасової важкості порівняно з оцінками одно-контурних схем. Сформульовані запитання до початко-

вих множин функціонуючих схем з прийнятими до уваги особливостями частин їх ланцюгів та кругу використання. Виконання алгоритму допомагає спросити розроблення автоматизованих схем технічних об'єктів та покращити якість розробки їх проєктованих вирішень. Головним етапом розробки автоматичної системи керування яким-завгодно технічним процесом є розроблення ФСА.

Постановка завдання. Мета – розробити та дослідити функціональну схему автоматизації групи підігрівачів низького тиску в реакторі типу ВВЕР 100.

Виклад основного матеріалу дослідження. По-перше розглянемо вимірюючі прилади для контролювання рівнем конденсату у групі ПНТ атомної електростанції.

Гарантія безпеки, якості роботи, й економічного технічного процесу може бути тільки

якщо усі параметри, що відображають стан електростанції, перебувають в строго заданих границях. При виході за границі відбувається зменшення економності, а у разі безконтрольного зросту відхилень може відбутися аварійна зупинка, чи навіть знищення технічного об'єкта. Потрібно без зупинки слідкувати за цими величинами та подавати такі управляючі сигнали на технічний процес, щоб дотримуватись їхніх необхідних значень.

Нагрівачі низького тиску призначені для нагрівання живильної води у системах регенерації стаціонарних парових турбін теплових електростанцій [4].

Ми будемо виконувати схему нагрівача низького тиску, використовуваного на АЕС ВВЕР-1000 з реактором.

Для успішного виконання завдання нагрівання живильної води групи нагрівачів АЕС низького тиску з реактором ВВЕР 1000 вимірюються такі параметри, як:

- рівень конденсації поверхневих нагрівачів;
- тиск нагрівального пари всередині нагрівачів;
- тиск поживної води до та після груп ПНТ;
- температура поживної води наближається і на виході з обігрівачів;
- Температура пари всередині паркану до нагрівача [4].

Використовується для вимірювання:

- надання інформації (БШУ);
- створення команд у схемах автоматичного управління;
- створення сигналів аварійного захисту обігрівачів;
- формування сигналу в сигнальних ланцюгах;
- формування завдань у ключових схемах [4].

Передача інформації з технологічного об'єкта оператору здійснюється так:

Вибраний пристрій знаходиться в безпосередньому контакті з робочим середовищем і знаходиться на основному обладнанні:

- штуцер;
- бабіни для встановлення термометра на технічне обладнання;
- трубні дроти.

Трубні кабелі це набір труб і трубних кабелів, підключених до з'єднувальних пристроїв.

Відповідно до функціонального призначення трубні кабелі поділяються на:

- Імпульсні лінії зв'язку;
- основні лінії зв'язку.

Імпульсні лінії зв'язку служать для підключення вибраних пристроїв до вимірювальних при-

ладів, перетворювачів або регуляторів [3, с. 704]. Вони необхідні для передачі впливу вимірюваного або регульованого середовища на чутливі елементи вимірювальних приладів та автоматизації.

Основні лінії зв'язку використовуються для підключення різних функціональних блоків пристроїв автоматизації (датчиків, перемикачів, перетворювачів, виконавчих команд) та передачі командних сигналів (тиску, температури, рівня) від передавальних блоків до блоків приймання [4].

Інформація з вимірювальних приладів передається до автоматизованої системи управління технологічними процесами (далі – АСУ ТП).

Зміст інформаційних функцій АСУ ТП полягає у зборі, обробці та наданні та реєстрації інформації оперативному персоналу про стан технологічного об'єкта.

Моніторинг та вимірювання параметрів процесу полягає у перетворенні значень параметрів об'єкта (рівня, тиску, температури, витрати) на сигнали, необхідні для виявлення персоналом або подальшої автоматичної обробки.

Облік даних здійснюється для подальшого аналізу функціонування технологічного об'єкта. Запис здійснюється в пам'яті комп'ютера, а також на носії комп'ютера [4].

Технічна (попереджувальна) сигналізація здійснюється за рахунок передачі світлових та звукових сигналів та привертає увагу персоналу до порушень технологічного процесу, вираженим відхиленням параметрів у межах допустимих меж.

На кожен параметр є індивідуальний сигнал тривоги, на який реагує сигнальний пристрій, оснащений написом, що вказує на збудження; групову, на яку з'являється світловий сигнал, коли один із заданих параметрів відхиляється.

Відображення положення стопорних органів та механізмів (насосів) здійснюється за допомогою різнокольорових сигналів, що відповідають певним умовам клямок та насосів. Розрізняють індивідуальний стан сигналізації, у якому всі органи чи механізми реагують на свій сигнал, і груповий сигнал, у якому сигнал повідомляє про стан органів та групи механізмів.

З метою забезпечення рівномірного підведення пари до трубного пучку на корпусі кожного апарату встановлений кільцевої короб (зовнішній кожух), з якого пар через отвори у внутрішній обичайці по колу подається в кільцевий зазор між трубною системою і корпусом. Для організації спрямованого руху пара в трубному пучку, остан-

ній на 3/4 довжини окружності по всій висоті укладений в кожух.

Пар, що підігріває подається в трубку систему ПНТ по всій її висоті з боку першого ходу основного конденсату і рухається паралельними потоками в сторону пристрою відсмоктування газів, що поперечно омиває трубний пучок.

Підведення і відведення основного конденсату виконані в нижній частині підігрівача. Підведення пара і відведення дренажу пари, що підігріває – в бічний.

Основними вузлами підігрівача є корпус, трубний пучок, знімна кришка, розподільна і перепускна камери, які мають фланцеві роз'єми з мембранним ущільненням. Ущільнення фланцевого роз'єму забезпечується шпильками і обваркой мембран.

Корпус підігрівача складається з кришки, що знімається (циліндрична обичайка, штамповані днище і фланець) і нерухомої частини (внутрішньої і зовнішньої обичайок, фланця). На кришці є лазів люк і штуцер для випуску повітря з міжтрубного простору при заповненні підігрівача водою.

На нерухомій частині корпусу є патрубок підведення пари, що гріє і штуцери приєднання конт-

рольно-вимірювальних приладів, а також вантажні штуцери для підйому корпусу і всього апарату.

Трубний пучок підігрівача являє собою єдиний конструктивний вузол, що складається з каркаса (двох трубних дошок, центральної труби діаметром 219x20, перегородок службовців для дистанціювання теплообмінних труб) і теплообмінних трубок діаметром 16x1 з нержавіючого металу. Закріплення трубок в трубних решітках здійснюється розвальцюванням.

При використанні поверхневих ПНТ і ПВТ продукти корозії, що утворюються в конденсаційно-живильному тракті, можуть відкладатися на поверхнях теплообміну в парогенераторах двоконтурних АЕС і реакторах одноконтурних АЕС. При цьому є вірогідність погіршення тепловідведення і економічності та відповідно надійності роботи АЕС. У зв'язку з цим для теплообмінних поверхонь ПНТ використовують матеріали, що володіють високу корозійну стійкість. До їх числа відносяться латуні і нержавіючі сталі.

На обичайці нижньої камери (приварена до нижньої трубної дошки) розташований патрубок відводу дренажу пари, що підігріває шту-

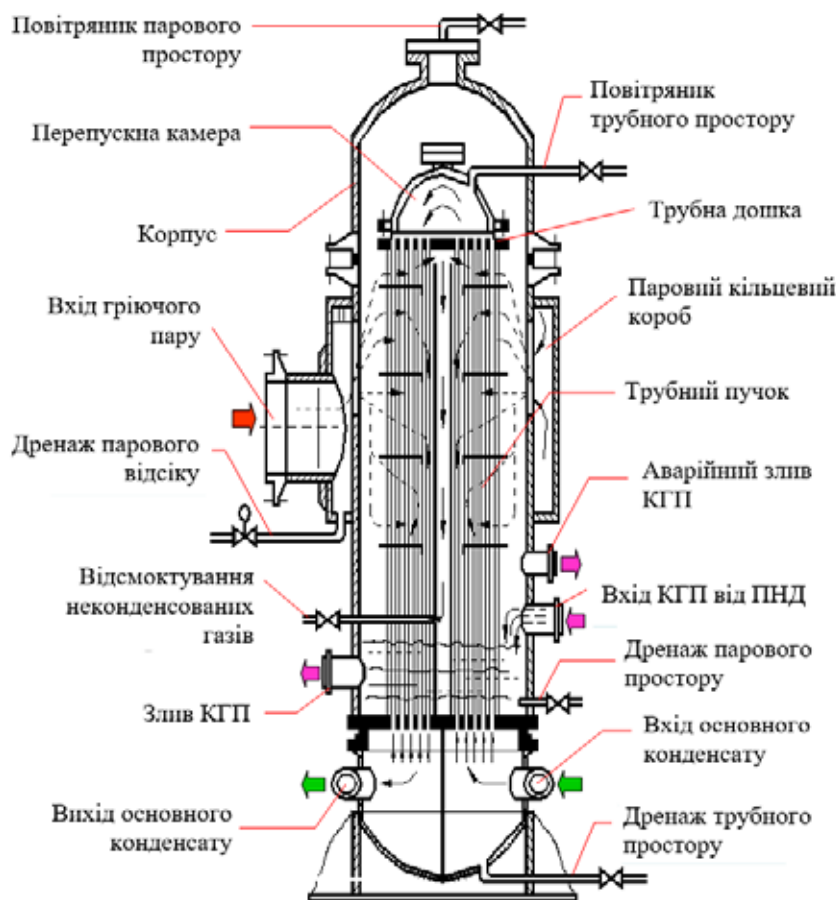


Рис. 1. Блок-схема нагрівача низького тиску

цери приєднання водовказівного приладу, контрольно-вимірювальних приладів, а також штуцери видалення газів, і дренажу міжтрубного простору.

Для можливості огляду вальцювальних з'єднань і глушіння труб в разі виходу їх з ладу без розбирання основного фланцевого роз'єму, конструкцією апаратів передбачені люки в нижній і верхній водяних камерах.

Основний контроль та управління теплотехнічних процесів блоку АЕС із реактором ВВЕР-1000 здійснюється на щиті блоку управління (БЩУ).

Контроль та управління системами регенерації низького тиску забезпечується за всіх умов експлуатації системи.

Для моніторингу обладнання при роботі силового агрегату на деталі РМОТ відображається необхідна інформація про основні технологічні параметри.

Вимірювання рівня в підігрівачах. Контроль рівня води (конденсату) в підігрівачах низького тиску (ПНТ) має важливе значення для забезпечення нормальної експлуатації. Для вимірювання рівня в підігрівачах можуть бути використані дифманометри, постачені перетворювачами з вихідним електричним сигналом типу ДМ і ін. Вторинні показують прилади до них повинні бути забезпечені контактним пристроєм для сигналізації підвищення рівня в ПНТ. Для контролю рівня в підігрівачах також можуть бути використані дифманометри, постачені відліковим і контактним пристроями.

Для приєднання дифманометрів до підігрівників застосовують зазвичай однокамерні зрівняльні судини. Як приклад на рисунку 2 показана схема вимірювання рівня конденсату пари, що гріє в ПНТ.

Використовується для вимірювання рівня в обігрівачі, створення команд у схемах блокування, регуляторах, відображення та запису параметрів в УВС. Для відображення рівня

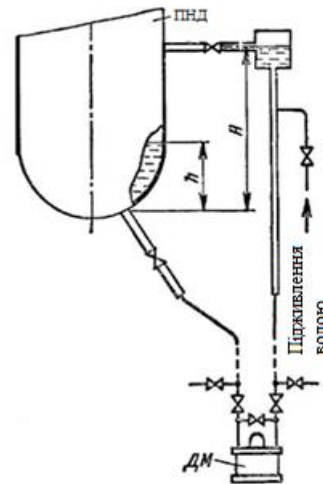


Рис. 2. Схема вимірювання рівня конденсату в ПНТ

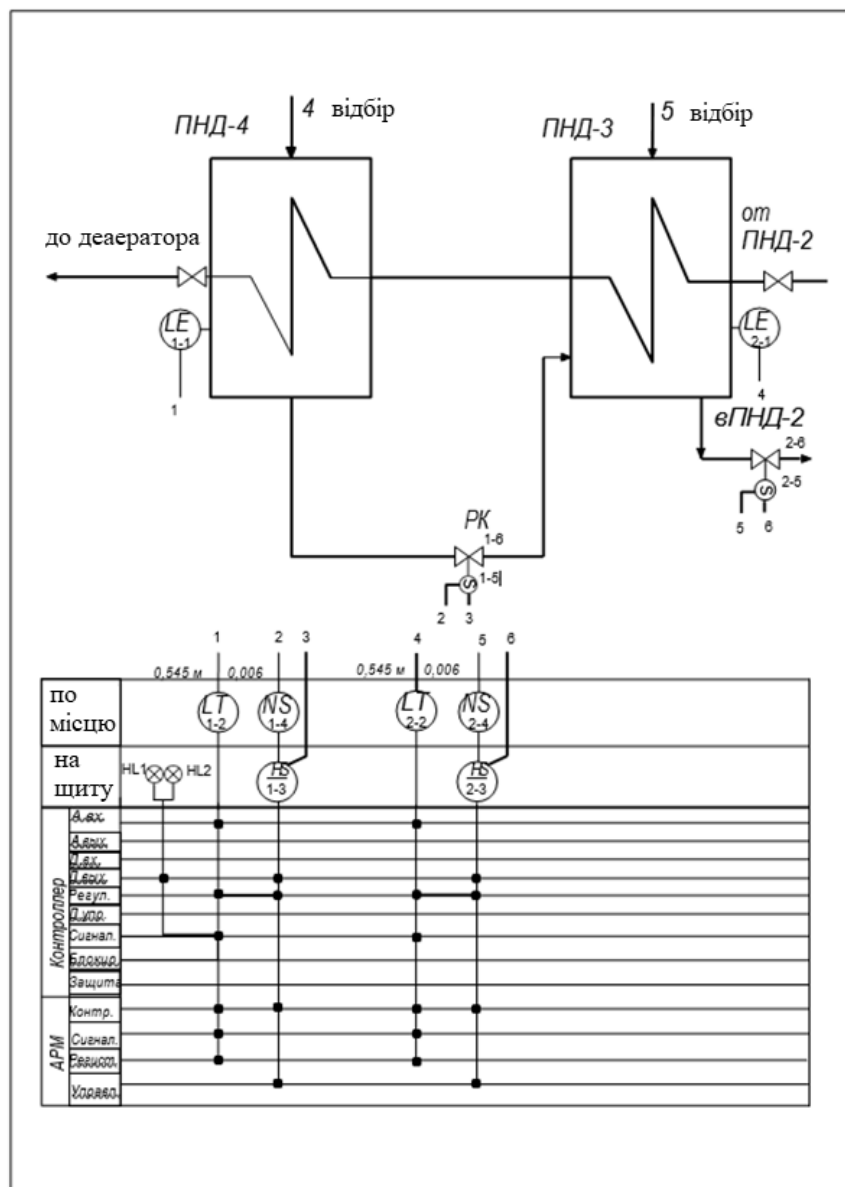


Рис. 3. Функціональна схема автоматизації групи ПНТ АЕС

нагрівача використовуються гідростатичні форми і однорідної прямої дії, що містяться безпосередньо в ПВТ.

На рис. 3 зображена ФСА групи ПНТ АЕС із реакторами типу ВВЕР-1000.

Символи на схемі відповідають ГОСТ 21.208-2013. На графічній частині схеми показаний технічний процес, тобто підігрів води у другому контурі групи ПНТ. Список основних елементів ФСА:

LE – датчик рівню конденсації.

LT – перетворювач сигналу від датка LE до контролеру в діапазоні 4 – 20 мА.

HS – реле, що подає напругу на привод, який відповідає за рух клапана.

CP – клапан, що контролює злив конденсату з ПНТ.

Висновки. Таким чином оскільки розробка ФСА є одним із ключових етапів розробки автоматичної системи керування будь-яким технічним процесом, у статті було розроблено ФСА для групи нагрівачів низького тиску АЕС з реакторами ВВЕР-1000.

Дана схема функціональної автоматизації передбачає наступні етапи розробки системи автоматичного контролю рівня конденсації нагрівачів низького тиску: вибір приладів автоматизації, розробка електричної схеми, розробка математичної моделі, написання програми автоматичного керування.

Список літератури:

1. Филатова Н.Н., Требухин А.Г. Генерация решающих правил для проектирования функциональных схем автоматизации. Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. С. 206–211.
2. Преображенский В.П. Теплотехнічні виміри і прилади : підручник. Москва : «Енергія», 1978. 704 с.
3. ГОСТ 21.404-85. Автоматизація технологічних процесів. Умовні позначення приладів і засобів автоматизації в схемах. – М.: Вид-во стандартів, 1985. – 16 с.
4. Плохотнюк М.О. Пелих С.М. Розробка функціональної схеми автоматизації групи підігрівачів низького тиску атомної електростанції. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2021. Том 32 (71) Ч. 1. № 1. С. 146.

Tarasov D.O. DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE FUNCTIONAL SCHEME OF AUTOMATION OF THE GROUP OF LOW PRESSURE HEATERS OF A NUCLEAR POWER PLANT

In nuclear power plants (NPPs) much attention is paid to safety and quality of work, reliability of the main equipment. To increase the quality of these issues, automation of technological processes is used. The article is devoted to the development of a functional automation scheme (FSA).

The article reveals that the FSA is an important technical document in modern world engineering, for example for the creation of automatic control systems. It is determined that the implementation of the FSA creates several tasks to obtain information about the provisions of all major values of the technical process and equipment; direct influence on the technical process to manage it; stabilization of technical parameters of the process; control and registration of technical parameters of processes and a condition of the technical equipment. These tasks are solved by analyzing the working conditions of technical equipment, finding laws and criteria for facility management, as well as the requirements for accurate stabilization, control and registration of technical parameters, and the quality of management and reliability. It has been found that maintaining the required level of condensate in low-pressure heaters (LVPs) is a major part of the automatic operation of a nuclear power plant with a WWER 1000 reactor unit. Any process facility must be monitored. To control the basic parameters, the correctness of the choice of measuring instruments, methods of measuring technological variables plays an important role. The relevance of the article is that when the level of condensate increases from the normal value, the heat transfer surfaces may be flooded, and micro-drops of water may also enter the turbine; when the level decreases, the condensate enters the condensing pumps and leads to cavitation. This necessitated the synthesis and analysis of an automatic condensate level control system in the group of low-pressure heaters, the key defining part of which is the corresponding functional scheme of automation.

Key words: *automated control system, low pressure heater, nuclear power plant, automation, functional diagram of automation.*