НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут атомної і теплової енергетики
Кафедра атомної енергетики

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ / Валерій ТУЗ/
“____” _____ 2023 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

за освітньо-науковою програмою ***Атомні електричні станції***

зі спеціальності ***143 Атомна енергетика***

на тему: *Діагностика заборони одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами*

Виконав: студент *6* курсу, групи *ТЯ-11мн*

Кузьменко Володимир Миколайович _____
(прізвище ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник *к.т.н., доцент, Бібік Т.В.* _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище,ім’я, по батькові) (підпис)

Консультант:

з питань охорони праці *к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.* _____
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище,ім’я, по батькові) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище,ім’я, по батькові) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 року

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на тему :

“ ***Діагностика заборони одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами*** ”

ТЯ11мн.173.0004.227.МД

Виконав
студент VI курсу
групи ТЯ-11мн
Кузьменко В.М.

Київ – 2023 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут атомної і теплової енергетики
Кафедра атомної енергетики

Реферативна доповідь

до магістерської дисертації

на тему:

“ Діагностика заборони одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами ”

ТЯ11мн.173.0004.227.МД

Виконав
студент ІІ курсу, групи ТЯ-11мн
Кузьменко В.М.
Керівник
к.т.н доцент Бібік Т.В.

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра атомної енергетики

Рівень вищої освіти *другий(магістерський)*
Спеціальність *143 Атомна енергетика*
Освітньо-наукова програма *Атомні електричні станції*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Валерій ТУЗ

“ _____ “ _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
на магістерську дисертацію студенту

Кузьменку Володимиру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема дисертації** *Діагностика заборони одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами*

науковий керівник дисертації *Бібік Т.В. к.т.н.доцент*

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 2023 р. № _____

2. **Термін подання студентом дисертації** "05" травня 2023 р.

3. **Об'єкт дослідження** *Ядерна безпека реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском;*

4. **Предмет дослідження** *дослідження можливості введення позитивної реактивності двома і більше способами;*

5. **Перелік завдань, які потрібно розробити** *а) Розробити основну частину:*

1) *Огляд та аналіз технологічних схем систем АЕС;*
2) *Дослідження можливостей одночасного введення реактивності двома та більше способами ;*
3) *Виконання симуляцій перехідного процесу з введенням «чистого конденсату»;*
4) *Аналіз та обгрунтування отриманих результатів;*

б) Виконати огляд охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1) *Схема підживлення-продування. Схема комбінована – 1 аркуш А1.;*
2) *Схема принципу роботи ШФС із формування сигналів. Вид загальний – 1 аркуш А1.*
3) *Графічне представлення спец. питання – 6 аркушів А1.*

7. **Орієнтовний перелік публікацій** *1. Діагностика заборони одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами*

8. **Консультанти розділів дисертації:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з питань охорони праці	*к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.*		

9. **Дата видачі завдання** "13 " березня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	*Огляд та аналіз літератури*	13.03.2023	
2	*Огляд та аналіз безпеки*	25.03.2023	
3	*Аналіз та обґрунтування отриманих*	25.03.2023	
	результатів		
4	*Складання висновків*	18.04.2023	
5	*Підготовка графічного матеріалу*	15.05.2023	
6	*Охорона праці*	26.03.2022	
7	*Підпис керівника магістерської дисертації*	05.05.2023	
8	*Проходження нормоконтролю*	08.05-12.05.2023	
9	*Попередній захист*	15.05-19.05.2023	
10	*Державний захист магістерської дисертації*	22.05-28.05.2023	

Студент _____ Володимир Кузьменко
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації _____ Тимофій Бібік
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ДР: 90с., 19 рис., 15 джерел.

Актуальність теми обумовлена необхідністю виконання вимог ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.

Метою даної роботи є проведення оцінки та можливостей щодо введення позитивної реактивності одночасно двома та більше способами.

Метод дослідження – розрахунок впливу «чистого конденсату» на реактивність, аналіз літератури, технічної документації і інструкцій з даної теми.

Об’єктом дослідження є ядерна безпека реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.

Предметом дослідження є дослідження можливого введення позитивної реактивності одночасно двома і більше способами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що отримані рекомендації та висновки дозволять унеможливити введення позитивної реактивності одночасно двома та більше способами.

ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИЙ ЗАХИСТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ,
ПОЗИТИВНА РЕАКТИВНІСТЬ, ЯДЕРНА БЕЗПЕКА, ВВЕР-1000

ABSTRACT

DP: 90p., 19 fig., 15 sources.

The topicality of the topic is due to the need to fulfill the requirements of nuclear safety of reactor installations of nuclear plants with reactors with pressurized water.

The purpose of this work is to evaluate and evaluate the possibilities of introducing positive reactivity simultaneously in two or more ways.

Research method – calculation of the influence of "clean condensate" on reactivity, analysis of literature, technical documentation and instructions on this topic.

The object of research is the nuclear safety of reactor installations of nuclear plants with reactors with pressurized water.

The subject of the study is the study of the possible introduction of positive reactivity simultaneously in two or more ways.

The scientific novelty of the obtained results is that the received recommendations and conclusions will make it impossible to introduce positive reactivity simultaneously in two or more ways.

PREVENTIVE PROTECTION, MODERNIZATION,
POSITIVE REACTIVITY, NUCLEAR SAFETY, VVER-1000

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕЬ і ТЕРМІНІВ 8
ВСТУП 11
1 ОПИС ПТК АЗ-ПЗ 13
1.1 Призначення ПТК АЗ-ПЗ 13
1.2 Характеристика ПТК АЗ-ПЗ 13
1.3 Властивості ПТК АЗ-ПЗ 15
1.4 Пристрій та робота ПТК АЗ-ПЗ 17
1.5 Пристрій та робота ШФС 20
1.6 Висновок з першого розділу 23
2 СИСТЕМА ПІДЖИВЛЕННЯ-ПРОДУВАННЯ ПЕРШОГО КОНТУРУ 24
2.1 Призначення системи 24
2.2 Склад та опис технологічної схеми ТК 25
2.3 Опис деаераторів 1TK10B01, 1TN30B01 27
2.4 Опис регенеративних теплообмінників 1TK10W01, 1TN30W01 30
2.5 Призначення та опис підживлювального агрегату першого контуру 31
2.6 Висновок з другого розділу 38
3 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, РОЗВАНТАЖЕННЯ ТА ОБМЕЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ РЕАКТОРА І ПРИСКОРЕНОГО ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНОГО ЗАХИСТУ 39
3.1 Призначення та склад ПТК АРМ-РОМ-ППЗ 39
3.2 Властивості ПТК АРМ-РОМ-ППЗ 40
3.3 Опис роботи ПТК АРМ-РОМ-ППЗ 43
3.4 Пристрій та робота ШФС 45
3.5 Опис БДН 46
3.6 Опис БВТ 46
3.7 Опис БВС 47
3.8 Опис БФЗ-3 47
3.9 Опис БФЗ-3-1 48

3.10 Опис БС 49
3.11 Опис БВС..... 49
3.12 Пристрій та робота КШВ..... 49
3.13 Пристрій та робота РМТ 50
3.14 Пристрій та робота ШСІ 50
3.15 Висновки з розділу 51
4 ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ВВЕДЕННЮ ЧИСТОГО КОНДЕНСАТУ 52
4.1 Перше введення « чистого конденсату» 52
4.2 Друге введення «чистого конденсату»..... 57
4.3 Третє введення «чистого конденсату» 62
4.4 Висновок до третього розділу 67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... 69
5.3.1 Обов’язки та дії персоналу АЕС у разі виникнення НС 78
5.3.2 Особливості роботи системи оповіщення виробничого персоналу АЕС при НС 80
ВИСНОВКИ..... 84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 86
ДОДАТОК А 88
ДОДАТОК Б..... 89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕЬ і ТЕРМІНІВ

АЗ – аварійний захист

АКНП – апаратури контролю нейтронного потоку

АРМ – автоматичний регулятор потужності

АЕС – атомна електростанція

БВА – блок введення аналогової інформації

БВД – блок введення дискретної інформації

БДН – блок діагностики

БС – блок сигналізації

БСП - блок сигналізації та першопричини

БФЗ – блок формування сигналів захисту

БФС – блок формування сигналів

БЩУ – блоковий щит управління

ВВФ – зовнішній фактор, що впливає

ВИХ – вихід

ГПК – головний паровий колектор

ГЦН – головний циркуляційний насос

ДП – діагностичний процесор

ЗІП – запасні частини, інструменти та приладдя

ДБЖ – джерело безперебійного живлення

ІОС – інформаційно-обчислювальна система

ВК – вимірювальний канал

КП – комунікаційний процесор

КШВ – кросова шафа вихідна

МКР – мінімально контрольований рівень потужності

ОР – орган регулювання

ПГ – парогенератор

ПК – персональний комп'ютер

ППКЗ – панель прийому команд захисту

ПЗ – програмне забезпечення

ППР – планово-попереджувальний ремонт

ПТК – програмно-технічний комплекс

ПТК СРТ – програмно-технічний комплекс системи регулювання турбіни

ПТЕ – правила технічної експлуатації

РМО – робоче місце оператора

РМТ – робоче місце технолога

РОМ – пристрій розвантаження та обмеження потужності

РС – робоча станція

РУ – реакторна установка

РЩУ – резервний щит управління

РМТ – робоче місце технолога

СБ – субблок блокатора

СБС - субблок обробки сигналів

СВРК – система внутрішньореакторного контролю

СДІУ-Р – система групового та індивідуального управління ОР СУЗ

СІТ – засоби вимірювальної техніки

СПД – субблок джерел живлення датчиків

СРВ – субблок релейних виходів

ССП - субблок формування сигналів першопричини

СУЗ – система управління та захисту

ТО – технічне обслуговування

ТРБЕ – технологічний регламент безпечної експлуатації

ТПН - турбоживильний насос

УПЗ – прискорений попереджувальний захист

ФП – функціональний процесор

ШФС – шафа формування сигналів

ШП – шафа живлення

ШПК – шафа проміжних клемників

ШСІ - шафа зв'язку з ІОС

ВСТУП

Основною причиною виникнення заборони одночасного введення позитивної реактивності двома і більше способами є вимоги в правилах ядерної безпеки реакторних установок. Наслідком введення позитивної реактивності двома і більше способами можливе порушення умов нормальної експлуатації реакторних установок атомних станцій, через неконтрольоване збільшення нейтронного потоку в робочих і аварійних режимах реактора.

Встановлений попереджувальний захист другого роду, що повинен вирішувати дану проблему має недоліки у своїй роботі, що приводять до явного порушення дійсної заборони на одночасне введення позитивної реактивності двома і більше способами. На основі проведених досліджень визначено та проаналізовано наявну похибку у роботі ПЗ-2. Для уникнення проблеми з одночасним введенням позитивної реактивності двома і більше способами запропоновано модернізація системи ПЗ-2 з подальшою її роботою від показників реактивності.

Актуальність теми обумовлена необхідністю виконання вимог ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.

Метою даної роботи є проведення оцінки та можливостей щодо введення позитивної реактивності одночасно двома та більше способами, розроблення рекомендацій до роботи попереджувального захисту другого роду, аналіз систем, що впливають на можливе одночасне введення позитивної реактивності двома і більше способами.

Метод дослідження – розрахунок впливу «чистого конденсату» на реактивність, аналіз літератури, технічної документації і інструкцій з даної теми.

Об’єктом дослідження є ядерна безпека реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.

Предметом дослідження є дослідження можливого введення позитивної реактивності одночасно двома і більше способами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що отримані рекомендації та висновки дозволять унеможливити введення позитивної реактивності одночасно двома та більше способами.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертаційної роботи можуть бути впроваджені в практичну діяльність ДП «НАЕК «Енергоатом» ВП Південноукраїнська АЕС» для виконання вимог ядерної безпеки.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основна частина дисертації викладена на 90 сторінках. Ілюстрацій (19), додатків (2), список використаної літератури (15 джерел). У додатках містяться технічне завдання на науково-дослідну роботу і довідка про впровадження.

1 ОПИС ПТК АЗ-ПЗ

1.1 Призначення ПТК АЗ-ПЗ

Програмно-технічний комплекс системи аварійного та попереджувального захисту реактора за нейтронно-фізичними та технологічними параметрами призначений для ініціювання дії захисних систем безпеки реактора при неприпустимих відхиленнях роботи РУ, а також здійснення контролю та управління у процесі виконання ними захисних функцій.

Припинення реакції або зниження потужності РУ відбувається шляхом видачі відповідних сигналів у СГІУ-Р органами регулювання реактора (ОР СУЗ).

ПТК АЗ-ПЗ виконує функції системи безпеки, що управляє. Згідно з НП 306.2.141-2008 ПТК АЗ-ПЗ відноситься до класу 2У. Компоненти ПТК АЗ-ПЗ, які беруть участь у виконанні керуючих функцій (РС, РМО, РМТ) ставляться до класу безпеки 3 і класифікаційне позначення 3Н.

ПТК АЗ-ПЗ розрахований на режим цілодобової безперервної роботи з урахуванням проведення технічного обслуговування та ремонту [3].

1.2 Характеристика ПТК АЗ-ПЗ

АЗ та ПЗ формують команди на припинення, швидке зниження або уповільнення ланцюгової реакції у разі виникнення аварійних ситуацій.

Передбачено два комплекти ПТК АЗ-ПЗ. Обидва комплекти розділені по лініях зв'язку, електроживлення, вхідних та вихідних сигналів та розміщені в різних приміщеннях.

Кожен комплект ПТК АЗ-ПЗ спроектований таким чином, що у всьому проектному діапазоні зміни технологічних параметрів реакторної установки

забезпечується аварійний захист не менше ніж трьома незалежними каналами за кожним технологічним параметром, за яким необхідно здійснювати захист.

Кожен комплект виконаний триканальним та працює за мажоритарним принципом «два з трьох».

Усі сигнали поділені на сигнали аварійного захисту (АЗ), попереджувального захисту першого роду (ПЗ-1) та попереджувального захисту другого роду (ПЗ-2). За цими сигналами відбуваються такі впливи на ОР СУЗ:

- аварійні сигнали (АЗ) викликають падіння всіх ОР СУЗ під впливом своєї ваги до крайнього нижнього положення. Припинення дії сигналу АЗ не може перервати падіння всіх ОР СУЗ до крайніх нижніх положень;

- попереджувальні сигнали першого роду (ПЗ-1) викликають почерговий рух донизу всіх груп ОР СУЗ (у порядку зменшення їх номерів) з робочою швидкістю. Рух ОР СУЗ донизу припиняється при зникненні сигналу ПЗ-1;

- попереджувальні сигнали другого роду (ПЗ-2) забороняють рух ОР СУЗ вгору до зняття сигналу ПЗ-2.

ПТК АЗ-ПЗ видає дискретні керуючі сигнали аварійного та попереджувального захисту (команди захисних дій) до інших систем енергоблоку:

- «АЗ» – у схему управління вимикачами вводів живлення виконавчих механізмів органів регулювання (ОР) системи управління та захисту (СУЗ): команда відключення живлення ОР СУЗ змінним струмом;

- «АЗ» – у підсистему живлення виконавчих механізмів ОР СУЗ постійним струмом, команда зняття резервного живлення з виконавчих механізмів ОР СУЗ;

- «АЗ» – у СДІУ-Р, команда зняття силового живлення з приводів ОР СУЗ;

- «АЗ» – у систему технологічних захистів та блокувань (ТЗБ);

- «АЗ» – до системи борного регулювання, команда включення насоса (УСБ);

- «ПЗ-1» – у СДІУ-Р, команда на опускання виділеної групи ОР СУЗ до зникнення сигналу;

- «ПЗ-1» – у ПТК АРМ-РОМ-УПЗ, команда заборони автоматичного регулювання АРМ на час дії сигналу;

- «ПЗ-1» – у ПТК СРТ, команда зменшення потужності турбіни;

- «ПЗ-2» – у СДІУ-Р, команда заборони на підйом ОР СУЗ;

- «ПЗ-2» – у ПТК АРМ-РОМ-УПЗ, команда заборони для АРМ збільшення потужності РУ;

- «ПЕРЕВІРКА» – у ПТК АРМ-РОМ-УПЗ, сигнал про виведення першого (другого) комплекту ПТК АЗ-ПЗ у режим «ПЕРЕВІРКА».

У ПТК АЗ-ПЗ вжито заходів для фізичного захисту технічних засобів від несанкціонованого доступу, що передбачають закриття шаф на замки та пломбування [3].

1.3 Властивості ПТК АЗ-ПЗ

ПТК АЗ ПЗ приймає вхідні сигнали:

- безперервні (аналогові) постійного струму;

- дискретні типу «сухий контакт».

Інформація вводиться з трьох незалежних джерел сигналів.

ПТК АЗ-ПЗ формує вихідні дискретні сигнали:

- керуючі;

- інформаційні (першопричина) на панель 9П БЩУ;

- інформаційні, в ІТТ.

Вихідні дискретні сигнали формуються за принципом «два із трьох».

Межі основного значення, що доводиться до кінця діапазону вимірювальної частини каналу, похибки електричного тракту вимірювального каналу в нормальних умовах випробувань не більше:

- для електричного тракту ВК тиску, різниці тисків, рівня води, частоти та потужності ± 0,2 %;

- для електричного тракту ВК температури ± 0,2 %;

- для електричного тракту ВК температури насичення (різниці температур насичення) ± 0,5 %.

Під електричним трактом ВК ПТК АЗ-ПЗ слід розуміти сукупність технічних засобів, що складається з:

- вхідних пристроїв, введення та перетворення технологічного параметра на цифровий код;

- пристроїв, введення граничного значення (уставки) та порівняння параметра зі уставкою.

Межі значень, що допускаються, наведеної похибки формування керуючих сигналів і каналів інформаційних функцій БЩУ не перевищують меж допустимого значення основної наведеної похибки відповідного ІЧ більш ніж на 0,1 %. Тривалість циклів введення даних для безперервних і дискретних сигналів не менше 10 м.

Роздільна здатність за часом при введенні даних:

- для дискретних сигналів, що характеризують порушення меж та/або умов безпечної експлуатації (вихідні події) та команди захисних дій – не більше 0,01 с, інших дискретних сигналів – не більше 0,1 с;

- для безперервних сигналів, що характеризують значення технологічних параметрів або стан технологічного обладнання не більше 0,01 с;

- для сигналів, що характеризують значення уставки аварійної та попереджувальної сигналізації - не більше 1 с.

Затримка виконання дискретних функцій:

- для видачі команд захисних дій - не більше 0,1 з від виникнення вихідної події до появи першого керуючого сигналу на вході виконавчого елемента технологічної системи безпеки;

- для оповіщення персоналу про порушення нормальної експлуатації, меж та/або умов безпечної експлуатації — не більше 1 с після виникнення порушення;

- для оповіщення персоналу про недостовірність вхідної інформації та про відмови, виявлені при технічному діагностуванні – не більше 1 хв після виникнення відмови;

- для виклику даних, що відображаються на РС – не більше 2 с, в обґрунтованих випадках – не більше 4 с від введення директиви оператором до початку відображення даних;

- для вибірки даних з архіву РС з метою відображення та/або реєстрації – не більше 4 секунд від введення директиви оператором до початку відображення або реєстрації.

Первинне електроживлення ПТК АЗ-ПЗ здійснюється від мережі надійного живлення АЕС (від двох джерел, що взаємно резервують) трифазним змінним струмом з номінальною напругою 220 В/380 В і частотою 50 Гц. Допустимі тривалі відхилення напруги живлення, що встановилася, – від мінус 15 % до плюс 10 %, частоти – від мінус 2 % до плюс 2 % від номінального значення.

РС розраховані на живлення від мережі змінного струму номінальною напругою 220 В із частотою 50 Гц і мають блоки безперебійного живлення, що дозволяють продовжити роботу при порушеннях мережі живлення.

Втрата живлення на час більше 20 мс, а також короткочасні відхилення напруги живлення, що встановилося, більш ніж на мінус 30 % або плюс 25 % від номінального значення на час більше 2 с (з інтервалами, що повторюються менше 10 с) можуть призводити до спрацювання каналів АЗ із формуванням вихідних сигналів.

Активна потужність, споживана ПТК АЗ ПЗ – сумарна потужність, що споживається кожною складовою ПТК АЗ-ПЗ – не перевищує потужності 2400 Вт.

Середній термін служби шаф та РС (за умови заміни блоків) – не менше 30 років.

1.4 Пристрій та робота ПТК АЗ-ПЗ

Первинне електроживлення ПТК АЗ-ПЗ здійснюється від шаф живлення 1-3ШСР-3 (4-6ШСР-3-1).

ПТК АЗ-ПЗ складається із двох комплектів. Склад ПТК АЗ-ПЗ перший комплект: 1-3ШФС, 1КШВ, 1-3ШПК, 1ШСІ, РС1. Склад ПТК АЗ-ПЗ другий комплект: 4-6ШФС, 2КШВ, 4-6ШПК, 2ШСІ, РС2.

Електроустаткування ПТК АЗ-ПЗ розміщено:

- ПТК АЗ-ПЗ перший комплект у приміщенні 1ДО830/2;
- ПТК АЗ-ПЗ другий комплект у приміщенні 1ДО832;
- ключі "АЗ 1 комплект", "ПЗ-1 1 комплект" на 8ПА, приміщення 1ДО804;
- ключі "АЗ 2 комплект", "ПЗ-1 2 комплект" на 1ПА, приміщення 1ДО804;
- ключі «Знімання першопричини АЗ-ПЗ 1 к-т», «Взвод АЗ-ПЗ 1 к-т», «Виведення на перевірку АЗ-ПЗ 1 к-т» на 9П, приміщення 1ДО804;
- ключі «Знімання першопричини АЗ-ПЗ 2 к-т», «Взвод АЗ-ПЗ 2 к-т», «Виведення на перевірку АЗ-ПЗ 2 к-т» на 9П, приміщення 1ДО804;
- табло сигналізації першопричини на 9П, ділянка № 7 (перший комплект), ділянка № 9 (другий комплект), приміщення 1ДО804;
- ключі «АЗ» (РЩУ) ПТК АЗ-ПЗ першого та другого комплектів, приміщення 1ДО807.

ПТК АЗ ПЗ формує сигнали АЗ, ПЗ-1, ПЗ-2, що надходять до інших підсистем СУЗ відповідно до технологічних алгоритмів .

Для підвищення надійності спрацьовування захистів, у ПТК АЗ-ПЗ реалізовано три рівні формування вихідних сигналів на основі мажоритарної логіки «два з трьох» (рисунок 1): у БФЗ (програмно-оптична), у БФС (релейна) та у КШВ (Монтажна).

Формування сигналів АЗ, ПЗ-1, ПЗ-2 забезпечується трьома незалежними каналами (трьома ШФС) ідентичними за своїм конструктивним виконанням та виконуваними функціями.

Інформація щодо кожного технологічного параметра вводиться від трьох незалежних джерел для кожного ШФС через відповідні ШПК, які виконують функцію сполучення. Конструкція ШФС дозволяє замість вхідних сигналів датчиків подавати сигнали від стенду перевірки каналу (СПК), який імітує вхідні сигнали.

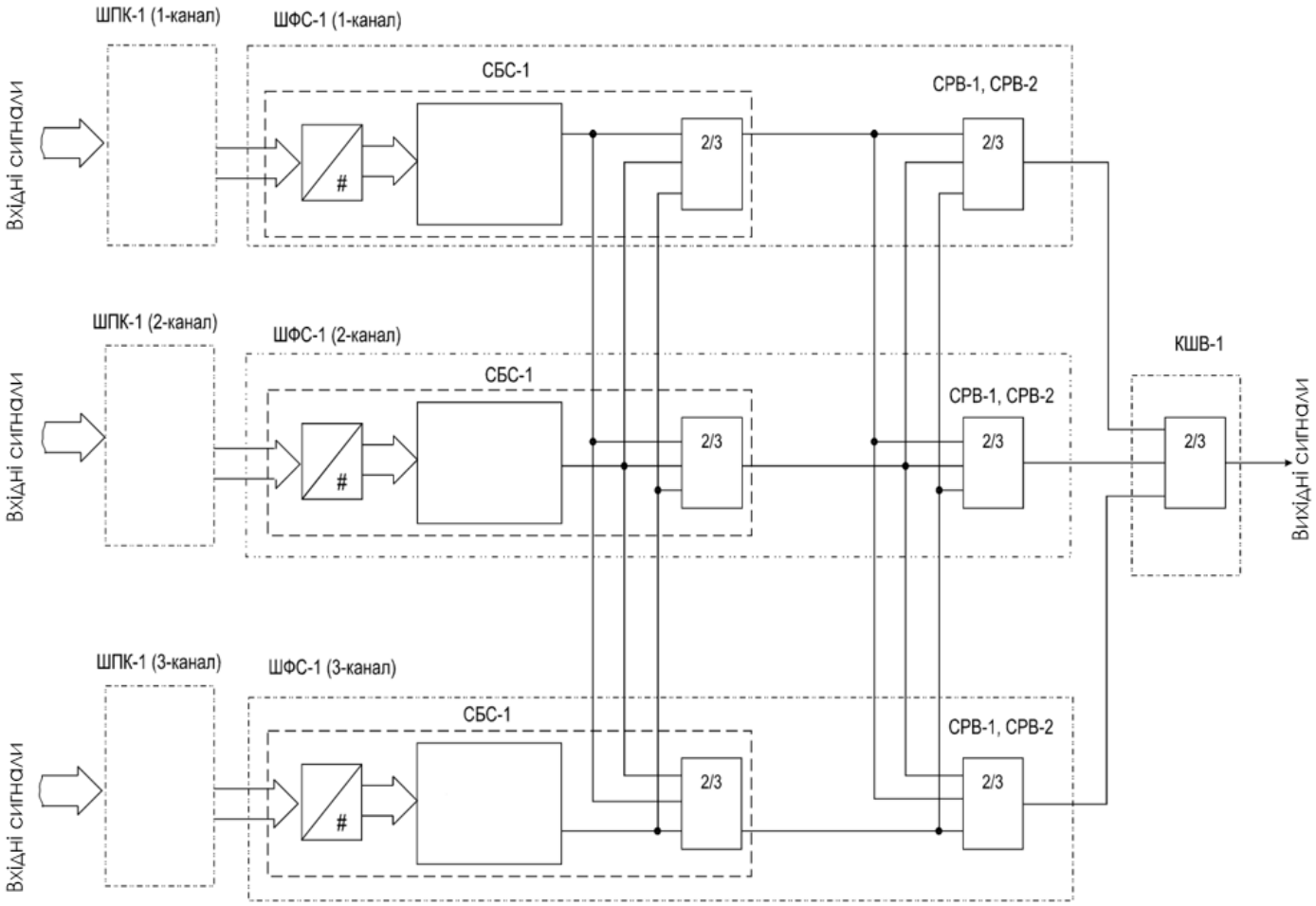

Рисунок 1 – Принцип роботи ПТК АЗ-ПЗ [3]

Кожен канал реалізований на основі мажоритарної логіки, приймаючи сигнали захисту від двох інших каналів. На виході формуються сигнали «два з трьох», які надходять до КШВ.

КШВ реалізовано таким чином, що на його виході сигнали аварійного та попереджувального захисту сформуються тільки в тому випадку, якщо ці сигнали будуть сформовані хоча б двома ШФС.

Інформація від КШВ по оптоволоконним кабелям передається на РС. На моніторі РС подається візуальний контроль стану вхідних, вихідних та інформаційних сигналів,

формування сигналів АЗ, ПЗ-1, ПЗ-2 у КШВ та в кожному з трьох каналів (ШФС), і даний режим роботи ПТК АЗ-ПЗ («РОБОТА», «ПЕРЕВІРКА»).

Діагностична та технологічна інформація формується в БДН кожного ШФС і по оптоволоконних кабелях передається на РС.

1.5 Пристрій та робота ШФС

Склад ШФС: СБС, СРВ1, СРВ2, СПД, БП-24 (2 шт.), ФСВ-1 (2 шт.), Плата датчика температури (3 шт.), Сповіщувач пожежний ІПК-5, панельний комп'ютер.

ШФС забезпечує:

- прийом поточних значень технологічних параметрів;
- формування керуючих сигналів АЗ, ПЗ-1 ПЗ-2 при виході контрольованих технологічних параметрів за межі встановлених граничних значень (уставок);
- діагностику технічних та програмних засобів ПТК АЗ-ПЗ, що передбачає безперервний автоматичний контроль працездатності.

На рисунку 2 представлений алгоритм роботи ШФС із формування захисту.

Цифровий код вхідних сигналів із БВА, БВД передається до БФЗ. Діагностична інформація про стан цих блоків передається до БДН.

У логічній структурі БФЗ виконується формування сигналів спрацьовування аварійного та попереджувального захисту при виході контрольованих технологічних та нейтронно-фізичних параметрів за межі встановлених граничних значень (уставок).

Для підвищення надійності спрацьовування, в логічну структуру БФЗ кожного каналу оптоволоконним кабелям, передаються сигнали спрацьовування алгоритмів з БФЗ двох інших каналів. Інформація про причину спрацьовування сигналів АЗ, ПЗ-1, ПЗ-2 по оптоволоконним кабелям від БФЗ передається в БСП-1 КШВ. Паралельно з цим передається діагностична інформація про стан БФЗ у БДН.

У СРВ1 (формування АЗ) та СРВ2 (формування ПЗ-1, ПЗ-2) кожного каналу сигнали передаються від БФЗ свого каналу та двох інших каналів. Ці сигнали

управляють реле БФС, у яких вихідний сигнал реалізується за принципом мажоритарної логіки «два із трьох».

Сигнали від БФС керують релейними блоками з нормально відкритими (БРС1) та нормально закритими контактами (БРС2, БРВ-1). У БРС1 та БРС2 відбувається розмноження сигналів АЗ, ПЗ-1, ПЗ-2 та передача їх у КШВ.

На фасаді ШФС (рисунок 3) розташовані індикатори "ГОТОВ", "НЕСПР", "АЗ", "ПЗ-1", "ПЗ-2" та "N < 75%", які світяться при формуванні відповідних сигналів.

Опис роботи індикації:

- свічення «ГОТОВ» характеризує нормальну роботу ШФС, миготіння - відсутність живлення, несправність датчика температури або БДН;

- блимання «НЕІСПР» – несправність блоків БВА, БВД, БФЗ;

- світіння "АЗ", "ПЗ-1", "ПЗ-2" відповідає спрацьовування захисту;

- світіння "N < 75%" - потужність РУ менше 75% Nном.

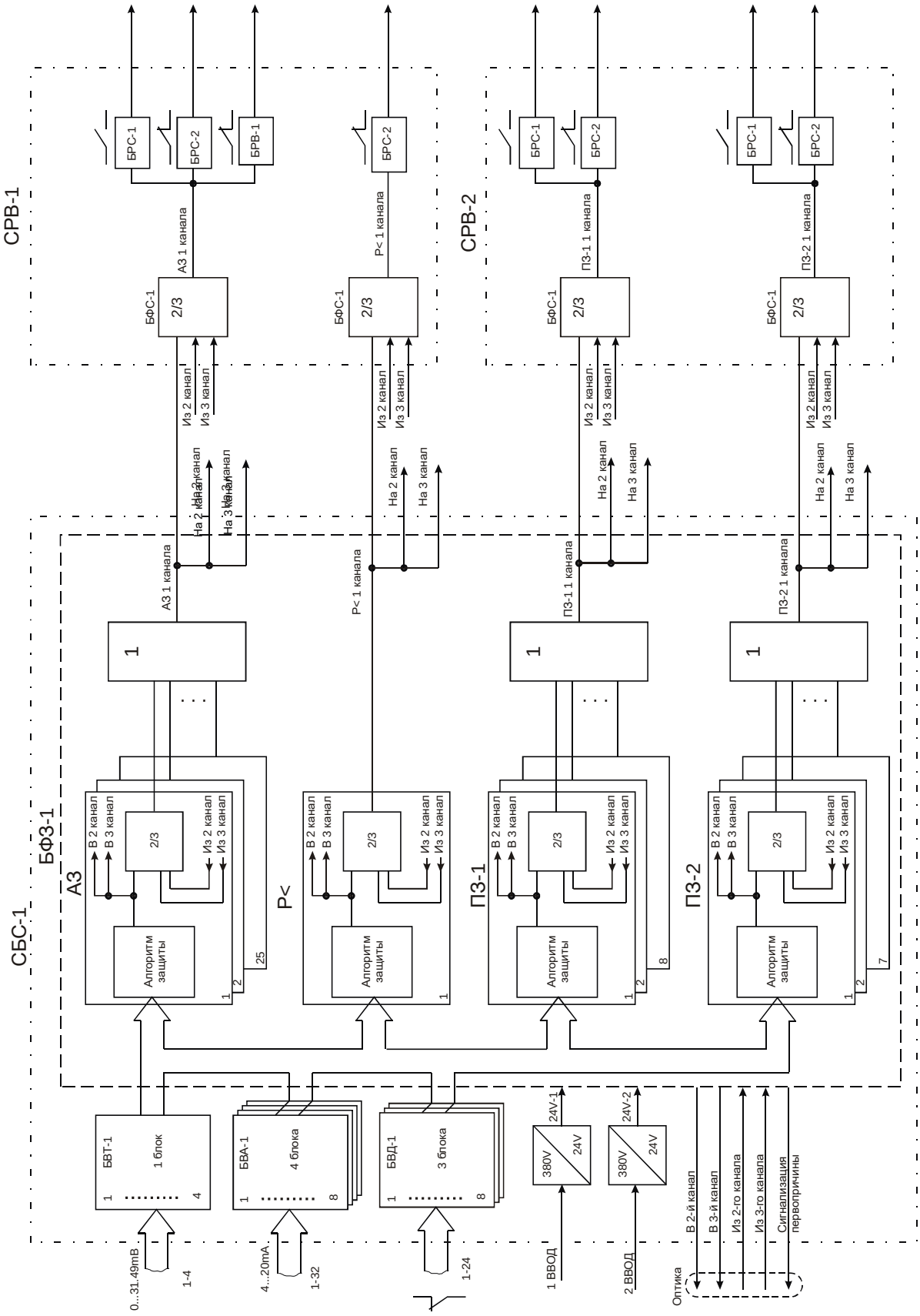

Рисунок 2 – Алгоритм роботи ШФС із формування захистів [3]

1.6 Висновок з першого розділу

У першому розділі ми ознайомилися з описом ПТК АЗ-ПЗ, які функції вона виконує. Детально було розібрано склад та роботу даної системи. Було розібрано загальну схему спрацьовування сигналів захисту, роботу всієї системи.

Найбільш важливим для нас було розібратись у роботі попереджувально захисту другого роду. Спрацьовування сигналу ПЗ-2 буде детальніше розібрано під час практичного дослідження введення «чистого конденсату».

2 СИСТЕМА ПІДЖИВЛЕННЯ-ПРОДУВАННЯ ПЕРШОГО КОНТУРУ

2.1 Призначення системи

Система підживлення-продування призначена для:

- компенсації неорганізованих протікань теплоносія першого контуру (До 2,0 м3/год);
- заповнення та дозаповнення першого контуру розчином борної кислоти;
- підйому тиску в першому контурі під час проведення гідравлічних випробувань першого контуру;
- очищення та повернення в контур організованих протікань;
- зміни концентрації борної кислоти, у міру вигоряння палива при змінах навантаження, при пусках та зупинках реактора;
- забезпечення у всіх нормальних режимах роботи енергоблока необхідної якості теплоносія першого контуру, величина підживлення-продування при цьому становить від 20,0 т/год до 60,0 т/год;
- подачі замикаючої води на ущільнення ГЦН (до 2,0 м3/год на кожний ГЦН);
- здійснення режиму дезактивації першого контуру та дегазації теплоносія;
- розхолодження КД при непрацюючих ГЦН;
- початкового заповнення ГЕ САОЗ;
- підтримки заданого рівня теплоносія в КТ, що відповідає рівню потужності реактора;
- введення хімреагентів у перший контур з метою коригування водного режиму першого контуру;
- можливості подачі в перший контур у режимі знеструмлення, розчину борної кислоти з концентрацією не нижче поточної в деараторі підживлювальної води;
- зниження тиску в першому контурі впорскуванням в КТ при відмові впорскування від ГЦН або необхідності екстреного зниження тиску в першому контурі.

Система функціонує в режимах нормальної експлуатації, включаючи перехідні режими енергоблоку, а також порушення в системі нормального енергопостачання (знеструмлення енергоблоку). В аварійних ситуаціях, пов'язаних із розущільненнями першого чи другого контурів, необхідність працездатності системи у кожній конкретній ситуації визначається відповідною процедурою. У режимах нормальної експлуатації система забезпечує перелічені вище вимоги.

Критерієм виконання системою своїх функцій є забезпечення необхідних витрат, температури, концентрації борної кислоти теплоносія першого контуру. У цих режимах устаткування та арматура перебувають у робочому становищі, тобто. працює один з підживлювальних насосів, відкрита арматура на лініях продування та підживлення, введені в роботу регулятори на лініях продування та підживлення.

Враховуючи, що система підживлення-продування повинна безперервно функціонувати в період нормальної експлуатації енергоблока на потужності, насосні агрегати продубльовані з метою можливості виведення агрегатів на технічне обслуговування та ремонт [4].

2.2 Склад та опис технологічної схеми ТК

До складу системи підживлення-продування першого контуру (ТК) входять такі підсистеми:

- продування першого контуру;
- деаерації продувної та підживлювальної води першого контуру;
- підживлення першого контуру та подачі ущільнюючої води на ГЦН.

Підсистема продувки першого контуру включає:

- регенеративний теплообмінник продування 1ТС30W01;
- доохолоджувач продування 1ТС30W02;
- трубопроводи, запірну та регулюючу арматуру, ЗВТ.

Підсистема деаерації включає:

- деаератор підживлення 1ТК10В01;

- деаератор борного регулювання 1TN30B01;
- регенеративний теплообмінник підживлювальної води 1TK10W01;
- регенеративний теплообмінник «чистого» конденсату 1TN30W01;
- доохолоджувач підживлювальної води 1TK11W01;
- трубопроводи, запірну та регулюючу арматуру, ЗВТ.

Підсистема підживлення першого контуру та подачі ущільнюючої води на ГЦН включає:

- три підживлювальні насосні агрегати з допоміжними системами мастила та охолодження 1TK21(22,23)D01,02;
- трубопроводи, запірну та регулюючу арматуру, ЗВТ.

Усі підсистеми технологічно пов'язані між собою, а також із системами організованих протікань першого контуру (TY), СВО-1 (TC), СВО-2 (TE), «чистого» конденсату (TN), спалювання водню (TS), борного концентрату (TD), бакового господарства (TB), пари низького тиску (RS), що гріє, технічної води відповідальних споживачів (VF), промконтуру (TF), спецгазоочищення (TS), гідровипробувань та продування датчиків КВП (UD), вимірювання концентрації борної кислоти (СІКЛ).

На трубопроводах системи підживлення проходять через ГО встановлені дві швидкодіючі пневмоприводні арматури 1TK40S01, 1TK30S05 та зворотний клапан 1TK30S06. На трубопроводах продування три швидкодіючі пневмоприводні арматури 1TE10S04,05,06.

Підживлення деаератора 1TK10B01 здійснюється від системи TY з приямка 1TY60B01 насосами 1TY71,72,73D01, поверненням продувної води та зливом із ущільнень ГЦН.

Здувка газів, що не конденсуються, з 1TK10B01 і 1TY60B01 здійснюється в систему СГО.

Деаератор борного регулювання 1TN30B01 підключений до всмоктуючого трубопроводу підживлювальних насосів паралельно деаератору 1TK10B01. Деаератори 1TN30B01 та 1TK10B01 з пристрою однакові.

У деаераторі 1TN30B01 знаходиться «чистий» конденсат, який використовується для подачі в перший контур зниження концентрації борної кислоти. Заповнюється деаератор 1TN30B01 лише від системи чистого конденсату.

Теплоносій з деаератора 1TK10B01, перш ніж вступити на всмоктування підживлювальних насосів, проходить через регенеративний теплообмінник 1TK10W01.

«Чистий» конденсат з деаератора 1TN30B01, перш ніж вступити на всмоктування підживлювальних агрегатів, проходить через регенеративний теплообмінник 1TN30W01. Охолодним середовищем служить «чистий» конденсат.

Дренаж і переливання 1TK10B01 можливе лише в баки «брудного» конденсату.

Дренаж та перелив 1TN30B01 можливий лише в баки «чистого» конденсату.

2.3 Опис деаераторів 1TK10B01, 1TN30B01

Деаератор підживлювальної води 1TK10B01 розташований у приміщенні BC415/1 і призначений для дегазації підживлювальної води, деаератор борного регулювання 1TN30B01 розташований у приміщенні BC457/1 і призначений для дегазації «чистого» конденсату, що подається на всмоктування підживлювальних насосів при проведенні водообміну теплоносія першого контуру.

Деаератор підживлювальної води 1TK10B01 та деаератор борного регулювання 1TN30B01 по конструкції виконані ідентично. Деаератор складається з горизонтального бака-акумулятора з вбудованим підігрівачем і колонкою деаераційної, встановленої на баку. Усередині деаераційної колонки, встановленням відповідних перегородок та розподільчих тарілок, організовано:

- головна та периферійна розподільча камери;
- центральна та кільцева струменеві камери;
- мала та велика насадочні колони.

Усередині бака-акумулятора встановлені перегородки для організації потоків середовища. У нижній частині бака-акумулятора розташований трубний пучок вбудованого підігрівача.

Для підігріву та деаерації за проектом повинна використовуватися пара, що генерується з води, що знаходиться в баку-акумуляторі. Нагрівачем води в цій схемі служить трубний пучок, який надходить пара від редукційної установки з тиском близько 3,0 кгс/см2 (від РОУ 13/3,5 машзалу). Високий ступінь дегазації і запобігання повторному розчиненню у воді газів, що виділилися з неї, забезпечується організованим протиточним рухом і постійним контактом висхідного потоку пари і низхідного потоку конденсату: спочатку в баку-акумуляторі, потім в насадкових колонах і струминних камерах.

Деаератор забезпечує зниження вмісту:

- водню не менше ніж у 100 разів;

- радіоактивних шляхетних газів (РШГ) не менше, ніж у 10 разів;

- кисню не менше ніж у 500 разів. На даний момент цей режим не використовується.

Потоки, що надходять в деаератори, попередньо повинні підігріватися в регенеративних теплообмінниках 1TK10W01, 1TN30W01. Випар деаератора підживлення спрямовується у систему допалювання водню TS10. Підтримка тиску в деаераторах повинна здійснюватися за рахунок подачі пари, що гріє, в підігрівач. У разі відсутності пари, що гріє, і при падінні тиску в деаераторі підживлення передбачена подача азоту для розведення водню. Випар деаератора борного регулювання направляється через охолоджувач випару 1TN30W01 у венттрубу.

Оскільки в даний час система підігріву середовища в деаератор не працює, тиск в них не створюється і деаератори працюють під розрідженням.

Характеристика деаераторів TK10B01, TN30B01:

– номінальна продуктивність, т/год 75,0;
– продуктивність в аварійному режимі, т/год 120,0;
– робочий тиск в корпусі, кгс/см^2 ..... 1,2;
– робочий тиск в трубках нагрівача, кгс/см^2 ..... 2,5;
– розрахунковий тиск в корпусі, кгс/см^2 ..... 5,0;
– розрахунковий тиск в трубках нагрівача, кгс/см^2 ..... 5,0;

– тиск гідровипробування корпусу, кгс/см^2 ..... 2,0;
– тиск гідровипробування трубок нагрівача, кгс/см^2 ..... 8,0;
– робочий тиск гідрозатвору, кгс/см^2 ..... 2,0;
– тиск гідровипробування гідрозатвору, кгс/см^2 ..... 2,0;
– робоча температура в корпусі, °С 104,2;
– робоча температура в трубках нагрівача, °С 138,2;
– допустима температура стінок, °С 151,0;
– ємність геометрична корпусу, м^3 ..... 23,5;
– ємність геометрична гідрозатвору, м^3 ..... 0,6;
– ємність робоча деаератора, м^3 ..... 16,9;
– ємність робоча трубного простору, м^3 ..... 0,145;
– поверхня теплообміну нагрівача, м^3 ..... 53,5;
– висота гідрозатвору, мм 5520;
– довжина корпусу, мм 6800;
– висота корпусу з опорами, мм 2800;
– внутрішній діаметр корпусу, мм 2436;
– висота колонки, мм 2656;
– діаметр колонки, мм 1178;
– основний матеріал ..... 08Х18Н10Т.

Номограма залежності обсягу води в деараторах 1ТК10В01, 1TN30B01 від рівня (з урахуванням ВКП) представлена на рисунку 3.

Рисунок 3 - Номограма залежності обсягу води в 1TK10B01, 1TN30B01 від рівня (з урахуванням ВКП) [4]

2.4 Опис регенеративних теплообмінників 1TK10W01, 1TN30W01

РТО підживлення 1TK10W01 розташований у приміщенні BC151/1 і призначений для охолодження підживлювальної води, що йде з деаератора підживлення (1TK10B01).

РТО «чистого» конденсату 1TN30W01 розташований у приміщенні BC156/1 і призначений для охолодження «чистого» конденсату борного регулювання, що йде з деаератора (2TN30B01) на всмоктування ПН при проведенні водообміну теплоносія першого контуру.

Теплообмінник підживлення (1TK10W01) складається з шести однакових корпусів, послідовно з'єднаних по трубному і міжтрубному просторах.

Корпуси встановлені один над одним і з'єднані між собою патрубками та рухомими опорами. Теплообмінник виготовляється з двох частин по три корпуси, що

зварюються між собою під час монтажу. Нижній корпус має одну нерухому та одну рухливу опори.

Корпус теплообмінника є горизонтальним жорсткотрубним апаратом, одноходовим по трубному і міжтрубному просторах з протиточним рухом середовищ. «Гаряче» середовище надходить у міжтрубний простір теплообмінника, «холодне» – у трубне.

Корпус теплообмінника виконаний з труби Dy 325. У районі входу та виходу з теплообмінника «гарячого» середовища діаметр збільшений до Dy 360. Збільшення діаметра корпусу викликане необхідністю зменшити швидкість води, що надходить на труби. Вхід і вихід гарячого середовища в теплообмінник здійснюється через патрубки Dy 159 (виключення - корпусні перехідники Dy 245), з конічними перехідниками під трубу Dy 159. Вхід і вихід холодного середовища в камеру Dy 360 здійснюється патрубками Dy 159. Камери закінчуються плоскими фланців.

Поверхня теплообміну складається зі 124 труб Dy 18 довжиною 7,11 м, закріплених у трубних дошках вальцюванням та зварюванням. Розташування труб трикутником з кроком 23 мм. Положення труб у корпусі фіксується вісьмома дистанційними гратами з перфорованого листа товщиною 6 мм. Дистанційні решітки розташовані послідовно на верхній та нижній половинах трубного пучка. Між собою ґрати з'єднані шістьма маяковими трубами Dy 18.

2.5 Призначення та опис підживлювального агрегату першого контуру

Насосний підживлювальний агрегат першого контуру призначений для:

- заповнення організованих та неорганізованих протікань першого контуру;
- подачі замикаючої води на ущільнення головних циркуляційних насосів;
- розхолодження компенсатора тиску при зупинених ДЦН;
- заповнення гідроємностей САОЗ;
- гідравлічних випробувань першого контуру.

Для виконання завдання підживлення першого контуру при окремих можливих пошкодженнях насосів живлення виконано їх резервування, тобто встановлено три насосні підживлювальні агрегати.

Підживлювальний насосний агрегат допускає перекачування середовища наступної якості:

- радіоактивна до 0,1 Ku/л;
- деаерована вода з температурою до 70 °С;
- вміст борної кислоти до 40 г/дм3;
- що пройшла механічне очищення, з допустимим вмістом механічних домішок розміром не більше 100 мкм у кількості 0,3 мг/дм3.

З метою дотримання водно-хімічного режиму першого контуру якість підживлювальної води та води, що подається в систему ущільнення ГЦН, повинна відповідати нормам СОУ НАЕК 191:

– водневий показник pH, одиниць 5,9-10,3;
– масова концентрація аміаку, мг/дм^3, не менше 5,0;
– масова концентрація хлорид - іону, мг/дм^3, не більше 0,1;
– масова концентрація розчиненого кисню, мг/дм^3, не більше 0,02;
– масова концентрація натрію, мг/дм^3, не більше 0,5;
– масова концентрація заліза, мг/дм^3, не більше 0,05;
– масова концентрація кремнієвої кислоти, мг/дм^3, не більше.0,5;
– масова концентрація загального органічного вуглецю, мг/дм^3,
не більше 0,5;
– масова концентрація сульфат-іонів, мг/дм^3, не більше.....0,2.

На ущільненому першому контурі з температурою теплоносія 80 °С і більше при введенні в контур «чистого» конденсату, розчинів борної кислоти, гідроксиду калію або аміаку без попередньої їх деаерації, що мають концентрацію кисню більше 0,02 мг/дм3, повинно проводитися дозування -гідрату на всмоктування підживлювальних насосів у кількості, що забезпечує дво-триразовий надлишок гідразину по відношенню до концентрації кисню в «чистому» конденсаті або розчинах.

До складу кожного підживлювального агрегату входить наступне обладнання:

а) основний підживлювальний насос 1ТК21(22,23)D02 що складається з:

- відцентрового насоса ЦН60-180;
- електродвигуна 4АЗМА-800/6000УХЛ4;
- гідромуфти МГ-М-500;
- системи авторегулювання гідромуфти;

б) передвімкнений насос 1ТК21(22,23)D01 типу АХ90/49-К-2Г комплектно зі своїм електродвигуном;

в) маслосистема основного підживлювального агрегату.

В умовному позначенні електронасосного агрегату (насоса) цифри та літери позначають:

- ЦН – відцентровий насос;
- 60 – подача, м3/год;
- 180 – максимальний тиск, що розвивається насосом, кгс/см2.

Як основний насос у підживлювальному агрегаті застосовується насостипу ЦН 60-180. Для забезпечення безпеки експлуатації та полегшення збирання та розбирання насоса застосована двокорпусна конструктивна схема.

Насос ЦН 60-180 - відцентровий, горизонтальний, двокорпусний, секційний, чотириступінчастий. Базовими деталями насоса є зовнішній корпус, встановлений на плиті та кришка нагнітання, що центруються між собою на заточенні. Корпус насоса спирається на плиту чотирма лапами, які розташовані в горизонтальній площині, що проходить нижче осі насоса. Кріплення лап до рухоме плити, що допускає температурні розширення корпусу. Фіксоване положення осі насоса при тепловому розширенні корпусу досягається установкою на плиті фіксуючих штирів та штифтів. У розточках зовнішнього корпусу змонтовані внутрішній корпус, кришка напірна з заднім кінцевим ущільненням і переднє кінцеве ущільнення. Проточна частина насоса складається з підведення, робочих коліс, посаджених на вал по щільній посадці, направляючих апаратів, запресованих у секції. Герметичність стиків секцій забезпечується за рахунок

металевого контакту поясів, що ущільнюють. Додатково в стиках секцій встановлені гумові кільця ущільнювачі.

Робочі колеса разом із напрямними апаратами і секціями, стягнутими шпильками, утворюють внутрішній корпус, який встановлюється зовнішній корпус. Між робочими колесами та секціями розташовані ущільнення.

Внутрішній корпус складається з секцій, усередині яких встановлені напрямні апарати та кільця ущільнювачів, і ротор. Ущільнення стиків між секціями, що центруються між собою на заточках, забезпечується металевим контактом поясів, що ущільнюють.

У місцях ущільнень робочих коліс, у секціях та напрямних апаратах встановлюються змінні кільця ущільнювачів. Стики високого тиску між зовнішнім та внутрішнім корпусами, зовнішнім корпусом та кришкою нагнітання ущільнюються металевими прокладками. Внутрішній корпус у зовнішньому фіксується від провертання циліндричним штифтом.

Патрубки насоса виконані під приварювання до трубопроводів.

Ротор насоса представляє самостійне складання і складається з валу та чотирьох закріплених на ньому робочих коліс, захисних втулок та інших деталей. Для розвантаження ротора від осьового зусилля використовується пристрій, що врівноважує - гідроп'ята. Гідравлічна п'ята встановлена в напірній кришці насоса і є саморегулюючим пристроєм: зазор між гідроп'ятою і корпусом автоматично встановлюється за рахунок осьових зсувів ротора таким, що різниця сил тиску по обидва боки диска дорівнює зусилля на роторі насоса.

Опорами валу є підшипники ковзання з примусовою системою мастила. Контроль температури вкладишів підшипників здійснюється за допомогою термометрів опору.

Для обмеження переміщення ротора у бік напірного патрубка у задньому підшипнику виконаний упор ротора.

Переміщення ротора в осьовому напрямку контролюється візуально за вказівником, змонтованим на задньому підшипнику. Положення ризику повинне відповідати площині кришки підшипника з допуском 2 мм.

Кінцеві ущільнення ротора насосів 1TK21,22,23D02 механічні, торцевого типу. Торцеве одноступінчасте ущільнення з частковим гідравлічним розвантаженням. Контакт між робочими поверхнями кілець пари тертя, що забезпечує герметичність внутрішньої порожнини насоса створюється за рахунок зусилля пружин і гідростатичного тиску в порожнині насоса.

Охолодження пари тертя забезпечується протоком рідини, що перекачується через камеру ущільнення.

У застійних зонах для відмивання поверхні торцевих ущільнень валу змонтовано лінію подачі відмивної води від систем дезактивації приміщень та «чистого» конденсату. У всіх режимах роботи реакторної установки подача води на відмивання торцевих ущільнень здійснюється від системи «чистого» конденсату, від системи дезактивації приміщень воду подавати тільки при випорожненому деаераторі 1TN30B01. Допустимі протікання рідини через ущільнення не більше 5,0 л/год.

Для забезпечення працездатності ущільнень необхідно:

- стежити за усуненням ротора насоса в осьовому напрямку, максимальний розбіг не повинен перевищувати 3 мм;

- контролювати температуру рідини, що перекачується, яка не повинна перевищувати 70 °С.

Основні технічні характеристики підживлювальних агрегатів:

– тип насосу .....ЦН 60-180;
– подача, $м^3/ч$ .....від 10,0 до 60,0;
– тиск на напорі, $кгс/см^2$ .....від 25,0 до 180,0;
– максимальний тиск на напорі, $кгс/см^2$ 200,0;
– тиск на всмоктуванні, не менше, $кгс/см^2$ 4,7;
– температура середовища, що перекачується, °С 70,0;
– число обертів, об/хв, не більше 8900;
– потужність насосу, кВт 595;
– тип електродвигуна.....4АЗМ-800/6000;
– потужність, кВт 800;

– напруга, В 6000;

– частота обертання, об/хв 2979;

– тиск води на охолодження, кгс/см^2, менше.....6,0;

– температура води на охолодження агрегату, °С, менше ...30,0;

– температура води на охлодження агрегату

(максимальна), °С, менше .....33,0.

Допускається робота протягом 1 години при температурі масла на виході 80 °С.

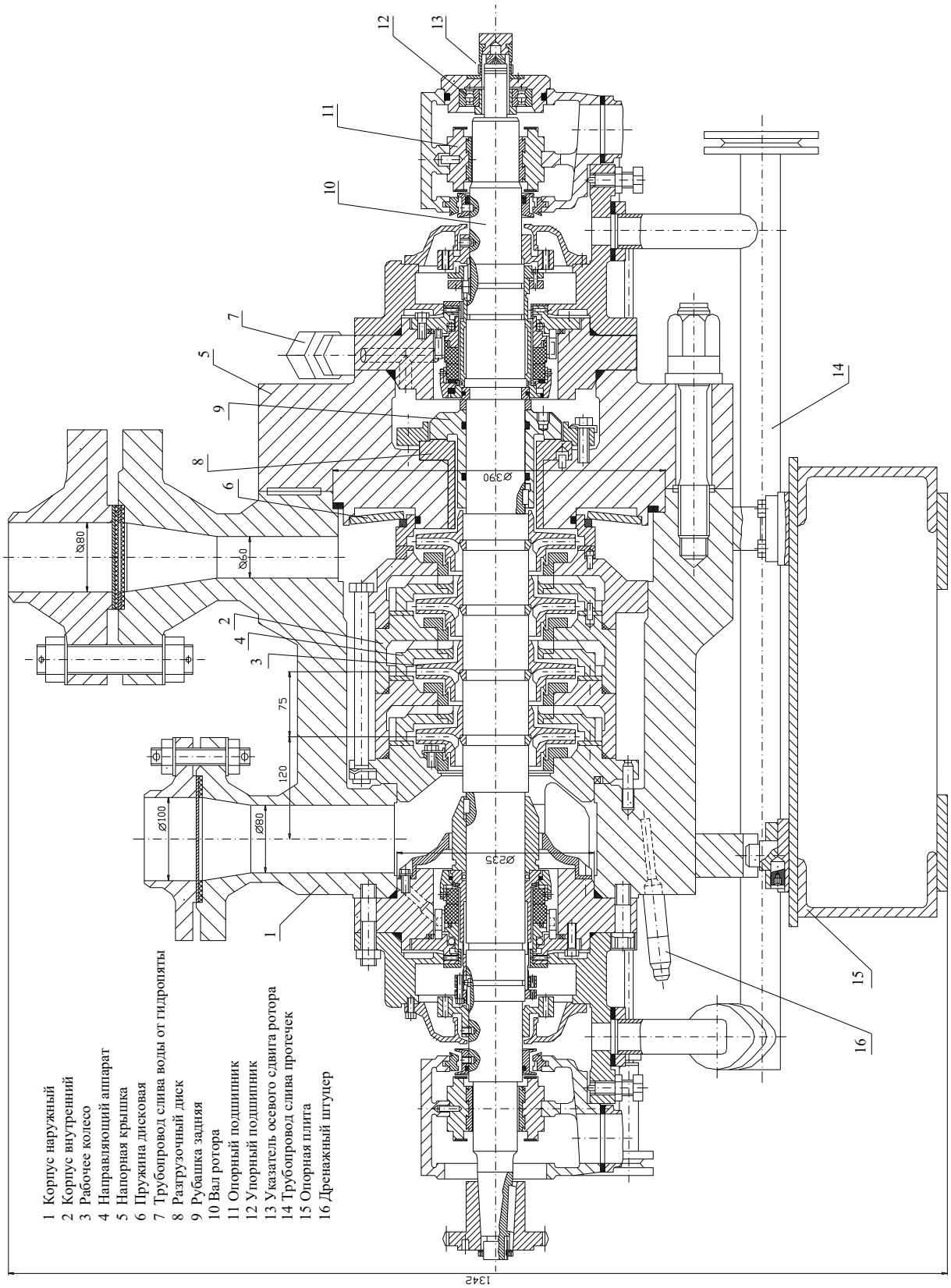

Рисунок 4 - Підживлювальний насос ЦН 60-180 [4]

2.6 Висновок з другого розділу

В даному розділі ми розглянули систему підживлення-продування першого контуру, яка необхідна нам для того, аби повноцінно дослідити проблему одночасного введення позитивної реактивності двома і більше способами. Особливо важливо було розібрати шлях й засоби доставки «чистого конденсату» до активної зони, що прямо впливає на транспортну затримку, через яку наявна дана проблема.

3 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, РОЗВАНТАЖЕННЯ ТА ОБМЕЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ РЕАКТОРА І ПРИСКОРЕНОГО ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

3.1 Призначення та склад ПТК АРМ-РОМ-ППЗ

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ у складі СУЗ енергоблока призначений для виконання таких основних функцій:

- група функцій АРМ – автоматичне регулювання потужності реактора в режимі підтримки заданого значення щільності нейтронного потоку (режим «Н») або тиску в головному паровому колекторі (режим «Т»), або в режимі обмеження потужності залежно від тиску в головному паровому колекторі (режим "С");

- група функцій РОМ – обмеження та зниження до безпечного рівня теплової потужності реактора при її підвищенні або за відключення основного технологічного обладнання енергоблоку – ГЦН, ТПН, СКТГ, БВТГ. Рівень обмеження автоматично встановлюється залежно стану основного технологічного устаткування енергоблока;

- група функцій ППЗ - формування та видача сигналів, що ініціюють спрацювання прискореного попереджувального захисту при непланових відключеннях основного технологічного обладнання енергоблоку.

Складові ПТК АРМ-РОМ-ППЗ є елементами інформаційно-керуючих систем, що поєднують функції нормальної експлуатації та безпеки, відносяться до класу безпеки 2 згідно з НП 306.2.141-2008 та мають класифікаційне позначення 2НУ.

ШФС, ШПК, КШВ та програмне забезпечення ПТК АРМ-РОМ-ППЗ, які безпосередньо беруть участь у реалізації керуючих функцій безпеки, відносяться до класу безпеки 2 та мають класифікаційне позначення 2НУ.

ШСІ, РС, РМТ та РМО ПТК АРМ-РОМ-ППЗ, які не беруть безпосередньої участі у виконанні функцій безпеки, є елементами систем нормальної експлуатації важливою для безпеки, відносяться до класу безпеки 3 та мають класифікаційне позначення 3Н.

Склад ПТК АРМ-РОМ-ППЗ: 7-9ШФС, 3КШВ, 3ШСІ, РС3, 7-9ШПК, шафа ЗІП, РМТ, РМО, пульти ПС-РОМ та ПУС-АРМ.

Електроустаткування ПТК АРМ-РОМ-ППЗ розміщено:

- ПТК АРМ-РОМ-УПЗ у приміщенні 1ДО832, відм. +8,40;
- Ключі «УПЗ», «АРМ» на 8ПА приміщення 1ДО804, відм. +8,40;
- пульти ПУС-АРМ, ПС-РОМ на 8ПА приміщення 1ДО804, відм. +8,40;
- Ключі знімання сигналізації, взводу ППЗ на 9П 1ДО804, відм. +8,40;
- Табло сигналізації першопричини на 9П 1ДО804, відм. +8,40.

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ розрахований на режим цілодобової безперервної роботи з урахуванням проведення технічного обслуговування та ремонту.

3.2 Властивості ПТК АРМ-РОМ-ППЗ

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ приймає вхідні:

- безперервні (аналогові) сигнали постійного струму;
- Дискретні сигнали.

Інформація щодо кожного технологічного параметра вводиться від трьох незалежних джерел, по одному кожному каналу.

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ формує вихідні дискретні керуючі сигнали:

- «РОЗВАНТАЖЕННЯ», що ініціює спрацювання попереджувального захисту «ПЗ 1» у ПТК АЗ-ПЗ;
- «УПЗ», який ініціює спрацювання прискореного попереджувального захисту (скидання групи УПЗ ОР СУЗ) у ПТК СДІУ;
- «БІЛЬШЕ» (команда збільшення потужності РУ) у ПТК СДІУ;
- «МЕНШЕ» (команда зменшення потужності РУ) у ПТК СДІУ;
- "УПЗ", режим роботи АРМ "АР", режим регулювання АРМ "Н", "Т" у ПТК СРТ.

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ формує вихідні інформаційні дискретні сигнали:

- першопричини спрацьовування РОМ та ППЗ на панель 9П БЩУ;
  стану обладнання РОМ на пульт ПС-РОМ;

- стан обладнання на пульт ПУС-АРМ.

Межі значення, що допускається, основної, наведеної до кінця діапазону вимірювальної частини каналу, похибки електричного тракту вимірювального каналу в нормальних умовах випробувань не більше ± 0,25 %, для електричного тракту вимірювального каналу температури не більше ± 0,5 %.

Як нормовані точнісні характеристики каналів управління приймають:

- абсолютну похибку поточного значення теплової потужності (± 1 %);

- абсолютну похибку спрацьовування РОМ (± 1 %);

- абсолютну похибку зняття керуючого сигналу РОМ (± 0,5 %).

Тривалість циклів введення даних для безперервних та дискретних сигналів не менше 10 мс. Затримки виконання дискретних функцій не перевищують:

- формування керуючих сигналів «ППЗ» та/або «РОЗВАНТАЖЕННЯ» - 0,1 з від моменту появи комбінації вхідних сигналів щодо відключення основного технологічного обладнання, що вимагає спрацьовування ППЗ та/або РОМ, до встановлення на відповідних виходах сигналів «ППЗ» та/або «РОЗВАНТАЖЕННЯ»;

- формування керуючих сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ» – 0,1 з від моменту появи комбінації вхідних сигналів щодо підвищення нейтронної потужності, що вимагає спрацьовування РОМ, до встановлення на відповідних виходах сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ»;

- формування керуючих сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ» – 50,0 с (100 с при відключенні ТПН або БВТГ) від моменту появи комбінації вхідних сигналів щодо підвищення теплової потужності, що вимагає спрацьовування РОМ, до встановлення на виходах сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ»;

- формування керуючих сигналів АРМ - 0,1 з від моменту зміни комбінації вхідних сигналів, що вимагає видачі керуючого впливу, до встановлення на відповідних виходах сигналів «БІЛЬШЕ» або «МЕНШЕ»;

- оповіщення персоналу про порушення нормальної експлуатації, зміну режимів регулювання, заборони, несанкціоноване підключення до АРМ – 0,1 з від моменту

отримання вхідного сигналу (комбінації вхідних сигналів) до включення відповідного елемента індикації ПУС-АРМ, ПС-РОМ, 9П БЩУ та появи повідомлень на моніторах РС (РМО);

- оповіщення персоналу про видачу керуючих сигналів АРМ, РОМ, ППЗ - 0,1 з від моменту появи керуючого сигналу до включення відповідного елемента індикації ПУС-АРМ, ПС-РОМ та 9П БЩУ;

- оповіщення персоналу про недостовірність вхідної інформації та про відмови, виявлені при технічному діагностуванні – 1 з від моменту виникнення відмови до включення відповідного елемента індикації ПУС-АРМ, 9П БЩУ, на моніторах РС (РМО);

- виклику даних, що відображаються на моніторах РС (РМО) - 1 с від введення директиви до початку відображення даних;

- вибірки даних з архіву з метою відображення та реєстрації - 4 с від введення директиви до початку відображення або реєстрації.

Швидкість виконання безперервних функцій:

- збирання та перетворення вхідних безперервних та дискретних сигналів та обробки отриманих даних відповідно до заданих технологічних алгоритмів функціонування – не менше 100 циклів за секунду;

- архівування значень технологічних та нейтронно-фізичних параметрів, даних про стан технологічного обладнання, надходження команд, заборони, режими регулювання та управління, видачі керуючих сигналів РОМ та ППЗ – не менше 100 значень за секунду для кожної з аналогових та дискретних величин;

- оновлення даних панельних ПК та РС – не рідше одного разу на секунду.

Ресурсні характеристики ПТК АРМ-РОМ-ППЗ:

- термін служби шаф не менше 30 років;

- термін служби електронних блоків щонайменше 15 років;

- Час безперервної роботи 10000 год;

- можливість безвідмовної роботи – 0,9999.

Первинне електроживлення ПТК АРМ-РОМ-ППЗ здійснюється від мережі надійного живлення СУЗ (шафи живлення 4-6ШСР-3-1) – 220 В (РС) та 380 В (ШФС, ШСІ) частотою 50 Гц. Живлення ШФС здійснюється від двох джерел живлення БП-24, підключених до ФСВ-1.

Активна потужність, яка споживається кожною окремою складовою ПТК АРМ-РОМ-ППЗ від мережі власних потреб АЕС, не перевищує потужності 1500 Вт (без урахування РМТ та РМО).

Допустимі тривалі відхилення напруги живлення, що встановилася, – від мінус 15 % до плюс 10 %, частоти – від мінус 2 % до плюс 2 % від номінального значення.

3.3 Опис роботи ПТК АРМ-РОМ-ППЗ

ПТК АРМ-РОМ-ППЗ формує сигнали «БІЛЬШЕ», «МЕНШЕ», «РОЗВАНТАЖЕННЯ» та «ППЗ», що надходять у підсистеми СУЗ та інші інформаційні та керуючі системи енергоблоку, відповідно до технологічних алгоритмів роботи.

Для виконання групи функцій АРМ передбачені режими роботи «АВТОМАТИЧНИЙ (АР)» та «ВІДКЛЮЧЕНИЙ (ВІДКЛ)».

Режим «АР» реалізує функції регулювання у повному обсязі відповідно до технологічних алгоритмів. Вихідні керуючі сигнали «БІЛЬШЕ» та «МЕНШЕ» видаються в ПТК СДІУ.

У режимі роботи «ВІДКЛ», вихідні керуючі сигнали «БІЛЬШЕ» та «МЕНШЕ» не видаються в ПТК СДІУ. Інші функції АРМ виконуються у повному обсязі.

Зміна режиму роботи АРМ здійснюється оператором БЩУ ключем «АРМ» на пульті 8ПА БЩУ: режим «АР» – положення «ВКЛ» та режим «ВІДКЛ» – положення «ВИМК». Незалежно від положення ключа, АРМ автоматично переходить у режим «ВІДКЛ»:

- при надходженні вхідного сигналу ПЗ-1 від першого або другого комплекту ПТК АЗ ПЗ – на час дії сигналу;

- при надходженні вхідного сигналу про виведення в режим перевірки першого або другого комплекту ПТК АЗ ПЗ – на 0,5 с після отримання сигналу, та 0,5 с після його зняття при наступному введенні комплекту ПТК АЗ ПЗ у роботу (перезапис уставок АРМ);

- у разі виявлення несправностей під час діагностування.

Для групи функцій АРМ реалізовано такі режими регулювання:

- режим «Н» – автоматична підтримка постійної щільності потоку нейтронів (нейтронної потужності) у діапазоні від 3% до 120% від номінального значення нейтронної потужності;

- режим «Т» – автоматична підтримка постійного тиску в ЦПК;

- режим «С» – обмеження потужності щодо перевищення тиску в ЦПК.

Вибір режиму регулювання АРМ проводиться оператором БЩУ з пульта ПУС-АРМ на 8ПА БШУ.

Для підвищення надійності спрацьовування у ПТК АРМ-РОМ-ППЗ реалізовано три рівні формування вихідних сигналів на основі мажоритарної логіки «2 з 3»: у блоках БФЗ-3 (програмно-оптична), БВС-1 (релейна, на основі твердотільних реле) та в шафі КШВ (монтажна).

Формування сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ», «ППЗ», «БІЛЬШЕ», «МЕНШЕ» забезпечується трьома незалежними каналами (трьома ШФС) ідентичними за своїм конструктивним виконанням та функціями, що виконуються.

Інформація щодо кожного технологічного параметра вводиться від трьох незалежних джерел для кожного ШФС за допомогою трьох ШПК, які виконують функцію сполучення. Кожен канал реалізований на основі мажоритарної логіки, приймаючи сигнали з двох інших каналів, на виході каналу формується сигнал «2 із 3», який надходить у КШВ.

Інформація з ШФС за кабелями ETHERNET за протоколом TCP-IP передається на PC, що дозволяє провести візуальний контроль інформаційної та діагностичної інформації на моніторах PC.

3.4 Пристрій та робота ШФС

ШФС забезпечує:

- збирання та перетворення вхідних аналогових та дискретних сигналів у цифровий код за допомогою вхідних блоків БВТ-3 (далі – БВТ), БВА-3-1, БВА-3-2 (далі – БВА) та БВД-3 (далі – БВД);

- обробку даних відповідно до алгоритмів ПТК АРМ-РОМ-УПЗ за допомогою блоків БФЗ-3, БФЗ-3-1 (далі – БФЗ);

- формування та видачу керуючих сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ», «УПЗ», «БІЛЬШЕ», «МЕНШЕ» в КШВ за допомогою блоку БВС-1 (далі – БВС);

- формування та видачу інформаційних сигналів на панель 9П, пульти ПС-РОМ та ПУС-АРМ БЩУ за допомогою блоку БС-1 (далі – БС);

- діагностику технічних засобів ПТК АРМ-РОМ-ППЗ контролю працездатності з формуванням цієї інформації на РС у вигляді блоку БДН-3 (далі – БДН).

У БФЗ виконується формування алгоритмів захисту, при цьому кожен канал по оптоволоконним кабелям передаються сигнали спрацьовування алгоритмів з БФЗ двох інших каналів.

На фасаді ШФС розташовані індикатори:

- «АРМ» – блимає червоним кольором у разі відсутності живлення на одному із вводів БП-24, несправності ФСВ або при несправності блоків, що входять до складу САРМ;

- «1 ВВЕДЕННЯ» – світиться червоним кольором у разі відсутності живлення на одній із фаз першого введення;

- «2 ВВЕДЕННЯ» – світиться червоним кольором у разі відсутності живлення на одній із фаз другого введення;

- «РОМ-ППЗ» – блимає червоним кольором у разі відсутності живлення на одному із вводів БП-24, несправності ФСВ або при несправності блоків, що входять до складу СБРУ.

На передній панелі ШФС розташовані індикатори:

- «ГОТОВ» – вхідні сигнали перебувають у технологічному режимі;
- «УПЗ», «РОЗВАНТАЖЕННЯ» – формування команд РОМ-УПЗ;
- «БІЛЬШЕ», «МЕНШЕ» – формування команд АРМ.

3.5 Опис БДН

БДН призначений прийому пакетів діагностичних даних від блоків, зчитування реєстраційних даних БФЗ, формування та передачі пакета діагностичних і реєстраційних даних у РС.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- світіння «РОБОТА» – всі компоненти БДН працюють без порушень, миготіння «РОБОТА» – виявлено несправність, яка не впливає на виконання ПТК АРМ-РОМ-УПЗ функцій регулювання (немає однієї напруги на введенні БДН, не працює хоча б один із датчиків температури , несправність вимірювального процесора (ІП) БДН);
- відсутність свічення «НЕІСПР» – усі контрольовані блоки працюють без порушень, миготіння «НЕІСПР» – хоча б від одного з контрольованих блоків не отримані дані діагностики, встановлені ознаки помилок блоків, що діагностуються.

3.6 Опис БВТ

БВТ призначений для:

- прийому аналогового сигналу різниці термоелектрорушійної сили, джерелом якого є два включені зустрічно-послідовно термоелектричні перетворювачі (з номінальною статичною характеристикою та індивідуальним градуюванням в діапазоні від 0 °С до 40 °С);
- перетворення вхідного значення цифровий код, відповідний аналоговому сигналу;
- передачі інформації про значення та стан валідності сигналів у БФЗ;
- передачі інформації про результати самодіагностування у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- світіння «РОБОТА» – нормальне функціонування БВТ;

- світіння «КП» – відсутність інформаційного обміну між КП та ДП, миготіння свідчить про несправність КП;

- світіння «ФП» – відсутність інформаційного обміну між ФП та ДП, миготіння свідчить про несправність ФП;

- миготіння «ЖИВЛЕННЯ» – відсутність напруги на одному з вводів живлення БВТ.

3.7 Опис БВС

БВД призначений для:

- Введення дискретних сигналів типу «сухий контакт»;

- передачі інформації у цифровому коді про стан сигналів у БФЗ;

- передачі інформації про результати самодіагностики у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- світіння «РОБОТА» – нормальне функціонування БВС;

- світіння «КП» – відсутність інформаційного обміну між КП та ДП, миготіння свідчить про несправність КП;

- світіння «ФП» – відсутність інформаційного обміну між ФП та ДП, миготіння свідчить про несправність ФП;

- миготіння «ЖИВЛЕННЯ» – відсутність напруги на одному з вводів живлення БВС.

3.8 Опис БФЗ-3

БФЗ-3 призначений для:

- прийому цифрових кодів від БВС та БВА;

- Прийому інформації роботи алгоритмів від БФЗ-3 двох інших каналів АРМ;

- виконання алгоритму регулювання та формування команд АРМ «БІЛЬШЕ», «МЕНШЕ» в БВС;

- Формування інформаційних сигналів для БС;

- прийому констант регулювання від панельного ПК за її зміни;

- передачі інформації про стан каналу регулювання БФЗ-3 двох інших каналів АРМ;

- передачі інформації про результати самодіагностування у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- Свічення «РОБОТА» - нормальне функціонування БФЗ, миготіння - немає однієї напруги на введенні БФЗ;

- відсутність свічення «НЕСПР» – усі контрольовані блоки працюють без порушень, постійне свічення сигналізує про несправність ДП.

3.9 Опис БФЗ-3-1

БФЗ-3-1 призначений для:

- прийом цифрових сигналів від блоків БВТ, БВД, БВА;

- Прийому інформації роботи алгоритмів від БФЗ-3 двох інших каналів РОМ-ППЗ;

- виконання алгоритму регулювання та формування команд РОМ-ППЗ «РОЗВАНТАЖЕННЯ», «ППЗ» у БВС;

- Формування інформаційних сигналів для БС;

- прийому констант регулювання від панельного ПК за її зміни;

- передачі інформації про стан каналу регулювання у БФЗ-3-1 двох інших каналів РОМ-ППЗ;

- передачі інформації про результати самодіагностування у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- Свічення «РОБОТА» - нормальне функціонування БФЗ, миготіння - немає однієї напруги на введенні БФЗ;

- відсутність свічення «НЕСПР» – усі контрольовані блоки працюють без порушень, постійне свічення сигналізує про несправність ДП.

3.10 Опис БС

БС призначений для:

- прийому регістру сигналізації блоку БФЗ;
- перетворення даних для відображення на БЩУ у КШВ;
- передачі інформації про результати самодіагностування у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- світіння «РОБОТА» – нормальне функціонування БС, миготіння – відсутність напруги живлення одному з вводів БС;
- Постійне світіння «1» – відсутність лічених даних регістру сигналізації.

3.11 Опис БВС

БВС призначений для:

- видачі та контролю вихідних керуючих сигналів;
- Визначення стану вихідних ключів;
- передачі інформації про результати самодіагностування у БДН.

Опис роботи індикації (світлодіодів):

- світіння «РОБОТА» – нормальне функціонування БВС, миготіння – відсутність напруги живлення одному з вводів БВС;
- Постійне світіння «НЕСПР» – свідчить про несправність БВС.

3.12 Пристрій та робота КШВ

У КШВ реалізовано третій ступінь формування вихідних сигналів на основі мажоритарної логіки «2 з 3» (монтажне) з видачею керуючих дискретних сигналів «РОЗВАНТАЖЕННЯ», «ППЗ», «БІЛЬШЕ» та «МЕНШЕ».

КШВ реалізований таким чином, що ПТК АРМ-РОМ-ППЗ видасть керуючі дискретні сигнали тільки в тому випадку, якщо ці сигнали будуть сформовані хоча б двома ШФБ.

КШВ формує вихідні керуючі сигнали ПТК АЗ-ПЗ, ПТК СГИУ і ПТК СРТ.

КШВ формує вихідні інформаційні сигнали на панель першопричини 9П БЩУ, пульти ПС-РОМ та ПУС-АРМ БЩУ.

3.13 Пристрій та робота РМТ

Склад РМТ: комп'ютер з встановленим ПТК АРМ-РОМ-УПЗ, монітор РКІ 24", клавіатура, маніпулятор "миша", стіл з кошиком САРМ, СБРУ. РМТ знаходиться в приміщенні групи АЗ лабораторії СУЗ.

РМТ використовується як технологічне обладнання для проведення налаштування та перевірки функціонування блоків та забезпечує:

- перевірку функціонування панельних ПК ШФБ;
- налаштування нижнього та верхнього рівнів БВА;
- зчитування, порівняння та запис ПЗ (прошивка) блоків;
- Перевірку функціонування БДН, БВТ, БВА, БВД, БФЗ, БС, USB-ОРТО;
- Проведення підстроювання БВТ, БВА, БФЗ;
- випробування функціонування алгоритмів роботи БФЗ;
- Перевірку функціонування РС.

Первинне електроживлення комплекту на РМТ здійснюється від власних потреб АЕС.

3.14 Пристрій та робота ШСІ

ШСІ призначений для формування на ІТТ реєстраційних даних відповідно до алгоритмів функціонування ПТК АРМ-РОМ-ППЗ.

ШСІ забезпечує:

- прийом пакету даних технологічної інформації від БДН трьох ШФБ (по оптоволоконному кабелю з виходу № 2 БДН ШФБ);
- обробку отриманих даних за принципом «2 із 3»;
- Формування інформаційних дискретних сигналів на ІТТ;
- формування деяких сигналів першопричини на 9П БЩУ;
- діагностику технічних засобів у вигляді БДН із передачею на РС.

На фасаді ШСМ розташовані індикатори «РОБОТА», «НЕСПР»:

- Світіння індикатора «РОБОТА» – всі компоненти ШСІ працюють без порушень, миготіння індикатора «РОБОТА» – у роботі виявлено несправність;
- відсутність свічення індикатора «НЕСПР» – усі контрольовані блоки працюють без порушень, миготіння індикатора «НЕСПР» – хоча б від одного з контрольованих блоків не отримано даних діагностики.

Первинне живлення ШСІ здійснюється від зовнішньої триканальної мережі живлення, що підключається до XWAGO1 кожного субблоку живлення СП-1. До кожного СП-1 приєднані блоки БП-24 та ФСВ.

3.15 Висновки з розділу

В даному розділі розглянуто програмно-технічний комплекс автоматичного регулювання, розвантаження та обмеження потужності реактора та прискореного попереджувального захисту, яка необхідна нам для того, аби повноцінно дослідити проблему одночасного введення позитивної реактивності двома і більше способами та проведення практичного досліду на тренажері БЩУ.

4 ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ВВЕДЕННЮ ЧИСТОГО КОНДЕНСАТУ

Практичні дослідження виконувались під час практики на ДП «НАЕК «Енергоатом» ВП «Південноукраїнська АЕС». Проводились вони за допомогою тренажеру БЩУ 1-го енергоблоку. Всього здійснено 3 спроби з введенням «чистого конденсату» до активної зони.

На рисунках 5-19 можна побачити необхідні параметри реакторної установки для даного досліду, а також спрацювання та зняття сигналу ПЗ-2.

4.1 Перше введення « чистого конденсату»

На рисунку 5 можна побачити параметри установки перед введенням «чистого конденсату». На рисунку 6 виведені параметри відразу після введення «чистого конденсату». Також показані параметри після введення «чистого конденсату» на рисунках 7 та 8. Аналізуючи ці рисунки та рисунок 9 можна побачити, що:

- в 6:45:03 вмикається сигнал ПЗ-2 за фактом відкриття арматури 1TN30S06 при відкритій арматурі 1TN30S04;
- до 6:48:46 вводиться «чистий конденсат» та закривається арматура 1TN30S06;
- сигнал ПЗ-2 знімається в 6:49:45, через хвилину після закінчення вводу «чистого конденсату»;
- в 6:57:34 і до 7:09:28 ми фіксуємо зростання потужності ректора, що є наслідком введення «чистого конденсату».

Таким чином ми бачимо, що з 6:49:45 ми мали технічну можливість вводити позитивну реактивність за допомогою підняття ОР СУЗ, при тому, що досі мали вплив на реактивність «чистого конденсату» в активній зоні, що суперечить вимогам про технічну реалізацію заборони введення позитивної реактивності двома і більше способами.

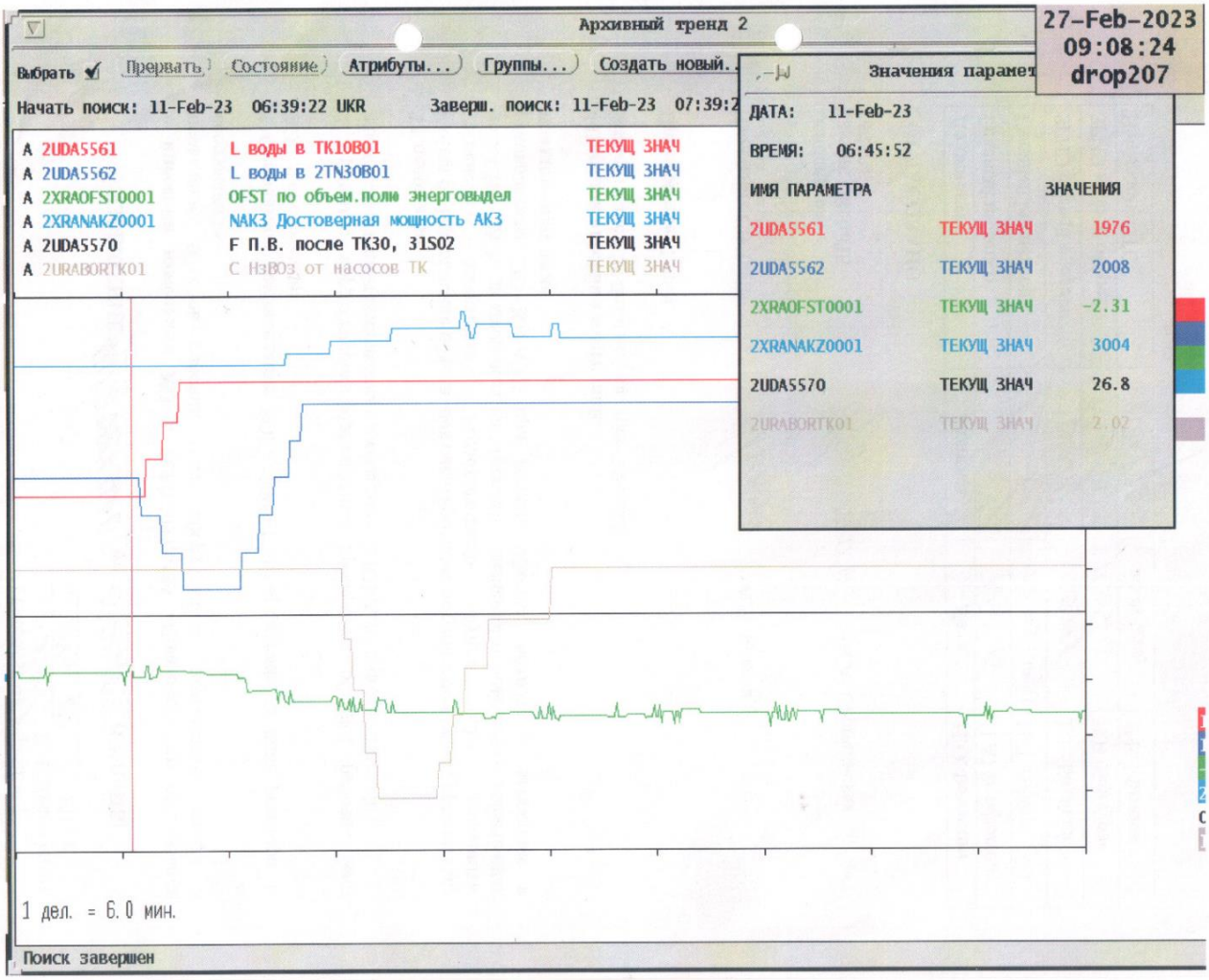

Рисунок 5 – Перше введення «чистого конденсату», відмітка 1

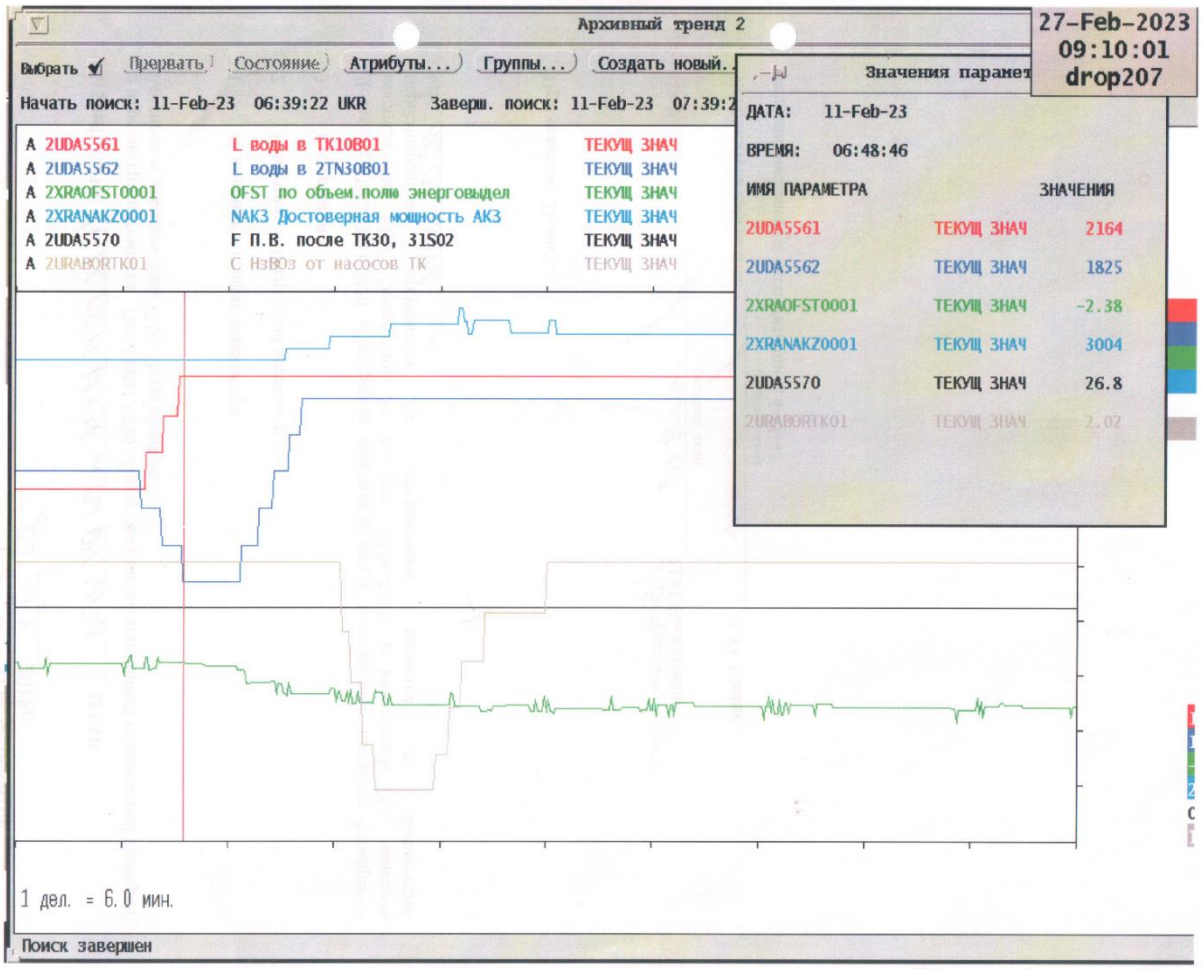

Рисунок 6 – Перше введення «чистого конденсату», відмітка 2

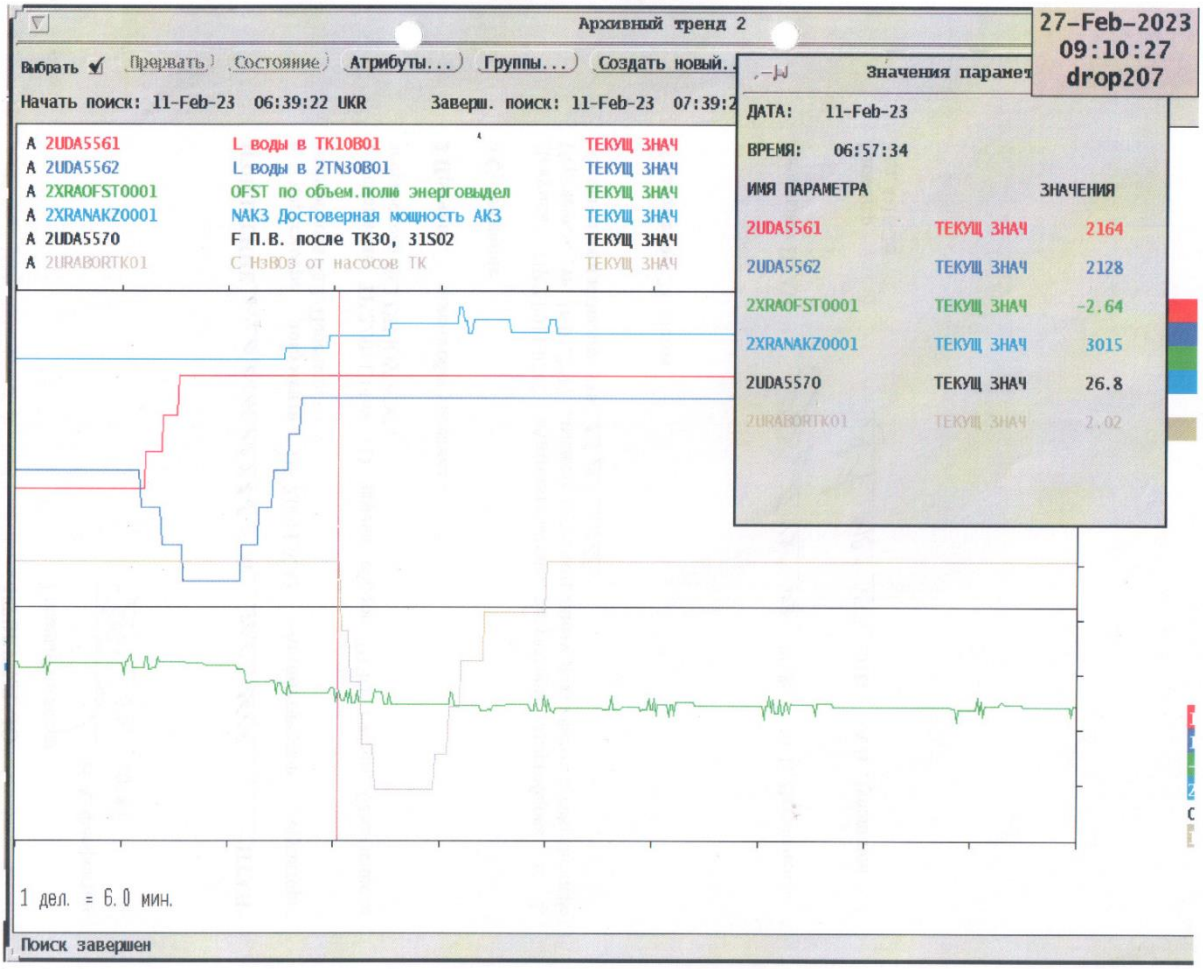

Рисунок 7 – Перше введення «чистого конденсату», відмітка 3

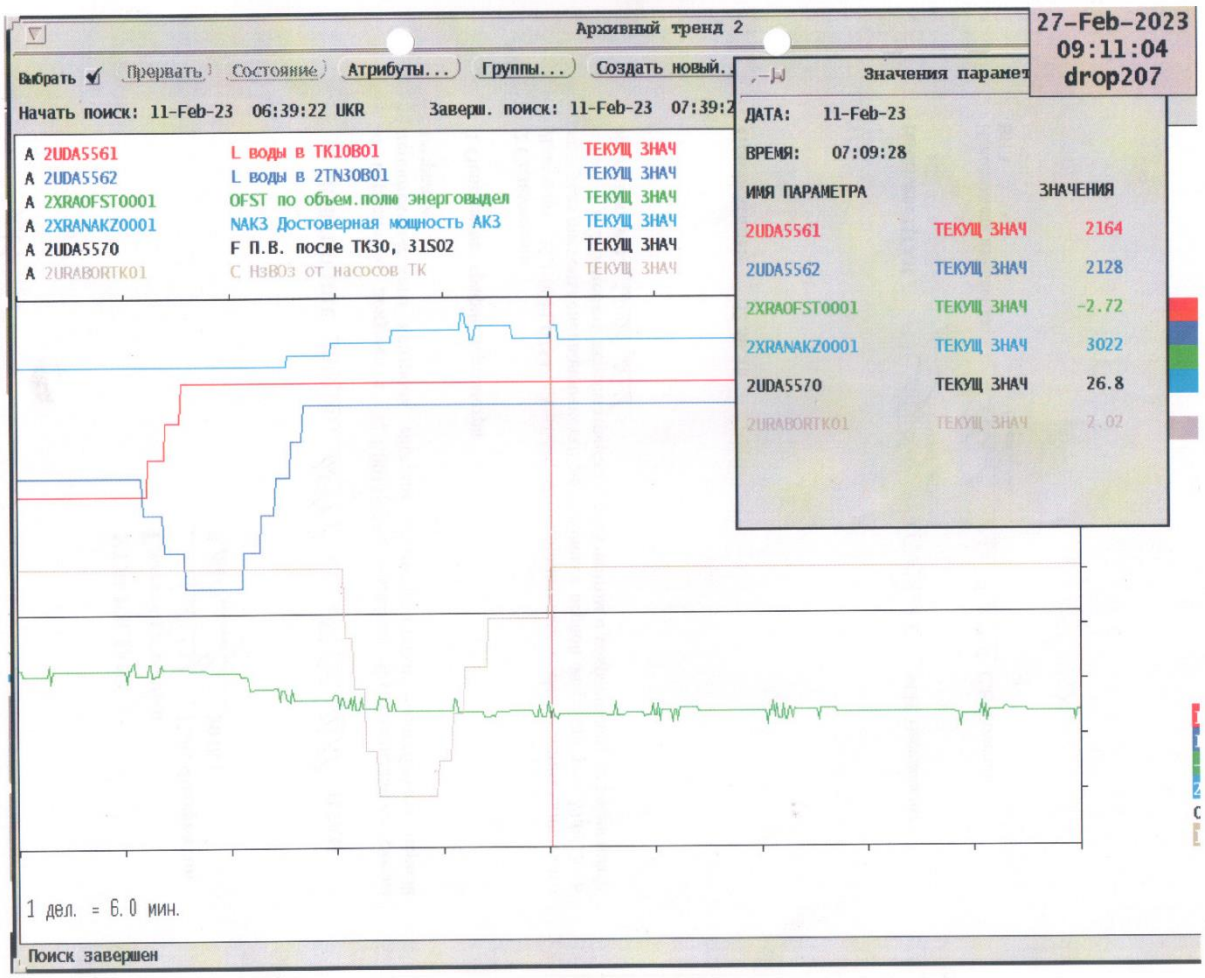

Рисунок 8 – Перше введення «чистого конденсату», відмітка 4

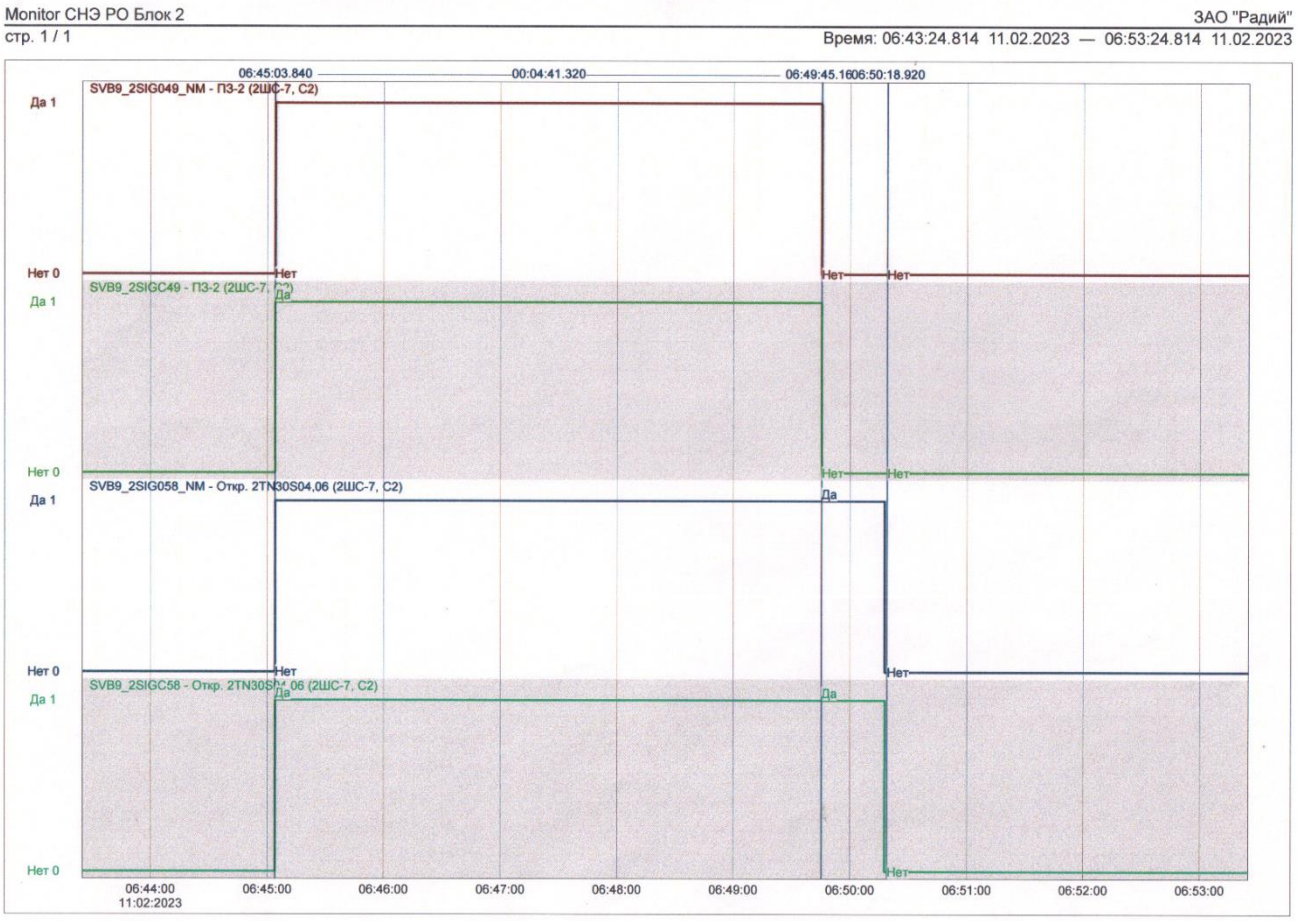

Рисунок 9 – Перша введення «чистого конденсату», сигнали ПЗ-2

4.2 Друге введення «чистого конденсату»

На рисунка 10-14 можна побачити аналогічну ситуацію до першого введення «чистого конденсату». На них можна побачити, що:

- в 18:54:38 вмикається сигнал ПЗ-2 за фактом відкриття арматури 1TN30S06 при відкритій арматурі 1TN30S04;
- до 18:57:45 вводиться «чистий конденсат» та закривається арматура 1TN30S06;
- сигнал ПЗ-2 знімається в 18:59:09;

- в 19:07:23 ми фіксуємо зростання потужності ректора, що є наслідком введення «чистого конденсату».

Таким чином ми бачимо, що з 18:59:09 ми мали технічну можливість вводити позитивну реактивність за допомогою підняття ОР СУЗ, при тому, що досі мали вплив на реактивність «чистого конденсату» в активній зоні, що суперечить вимогам про технічну реалізацію заборони введення позитивної реактивності двома і більше способами.

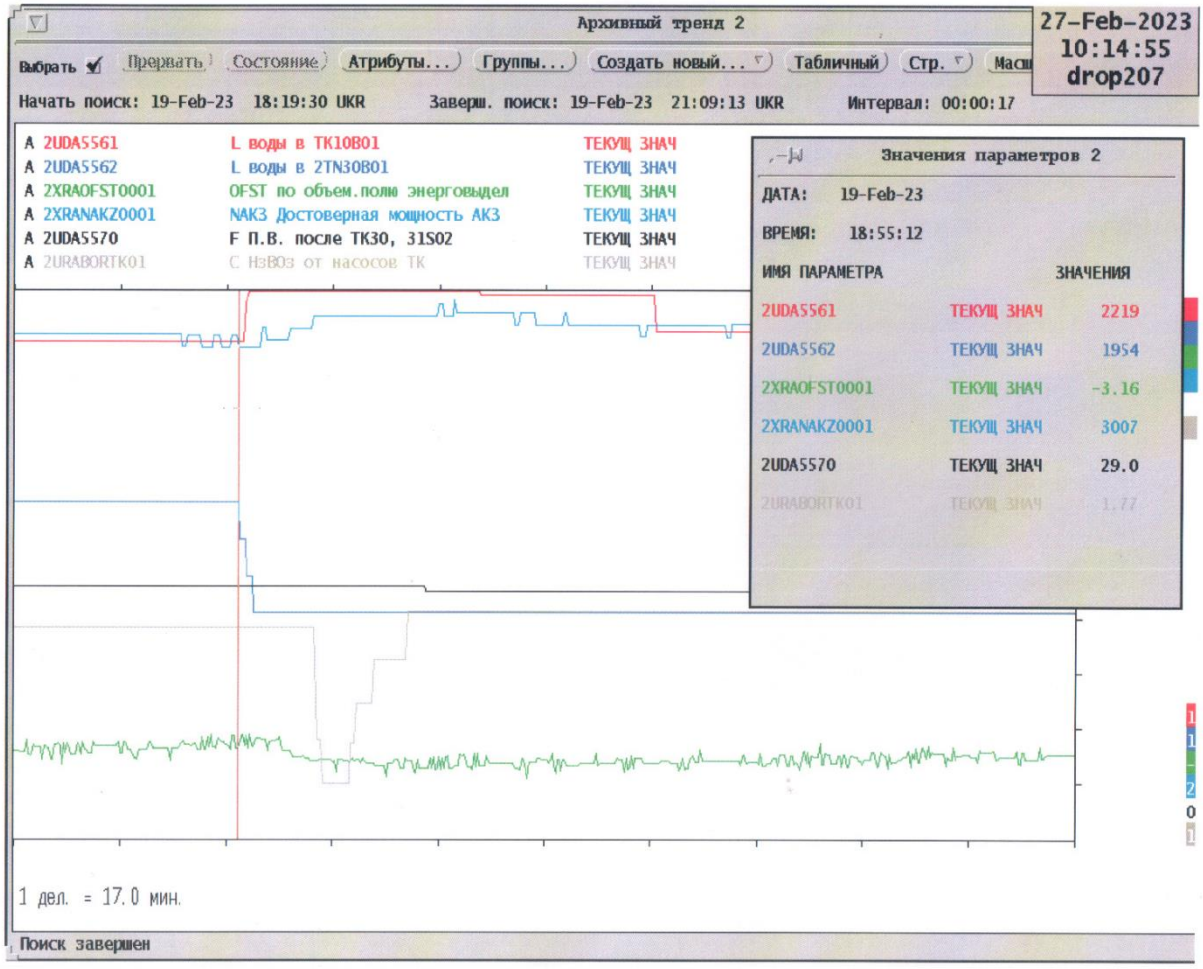

Рисунок 10 – Друге введення «чистого конденсату», відмітка 1

Рисунок 11 – Друге введення «чистого конденсату», відмітка 2

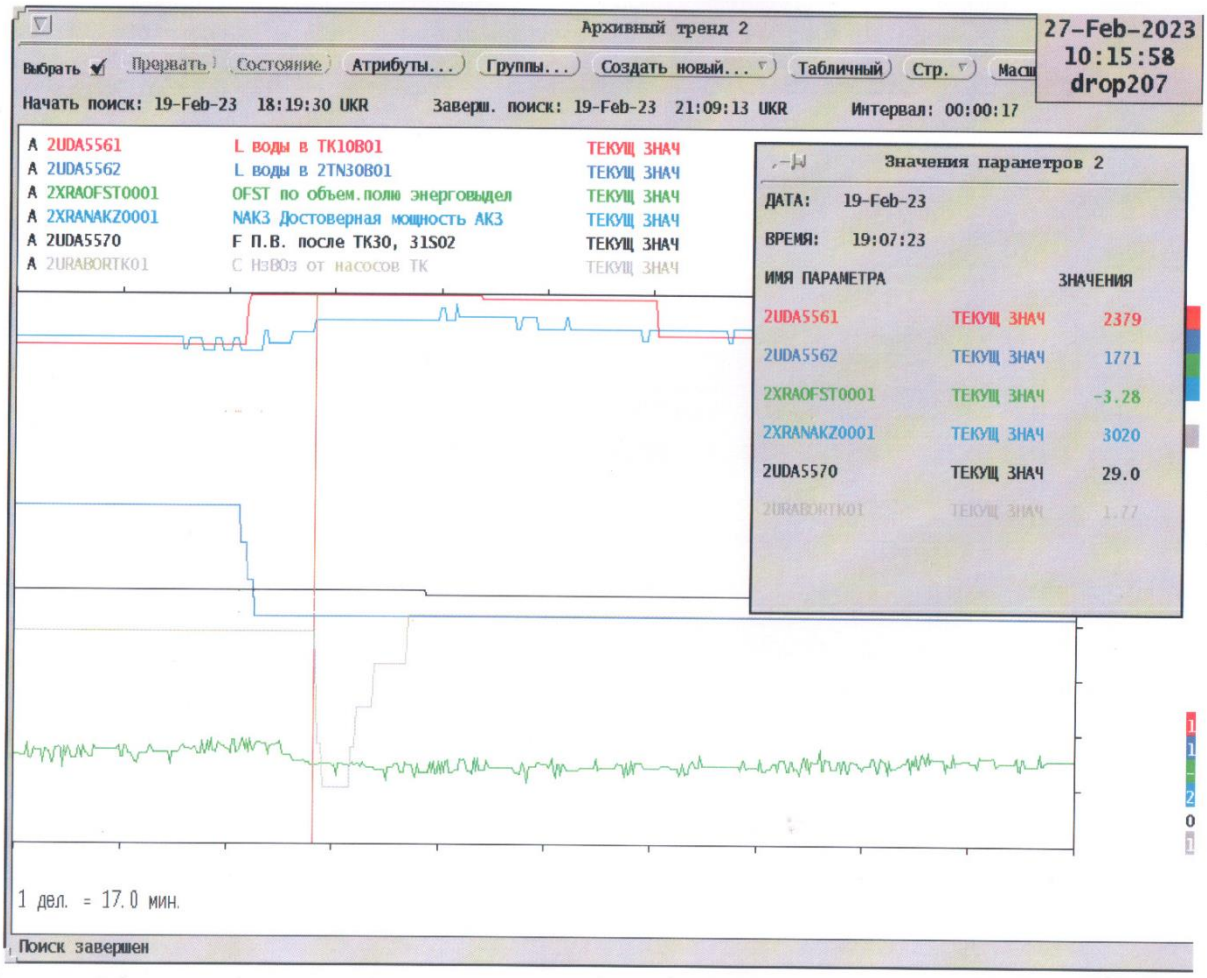

Рисунок 12 – Друге введення «чистого конденсату», відмітка 3

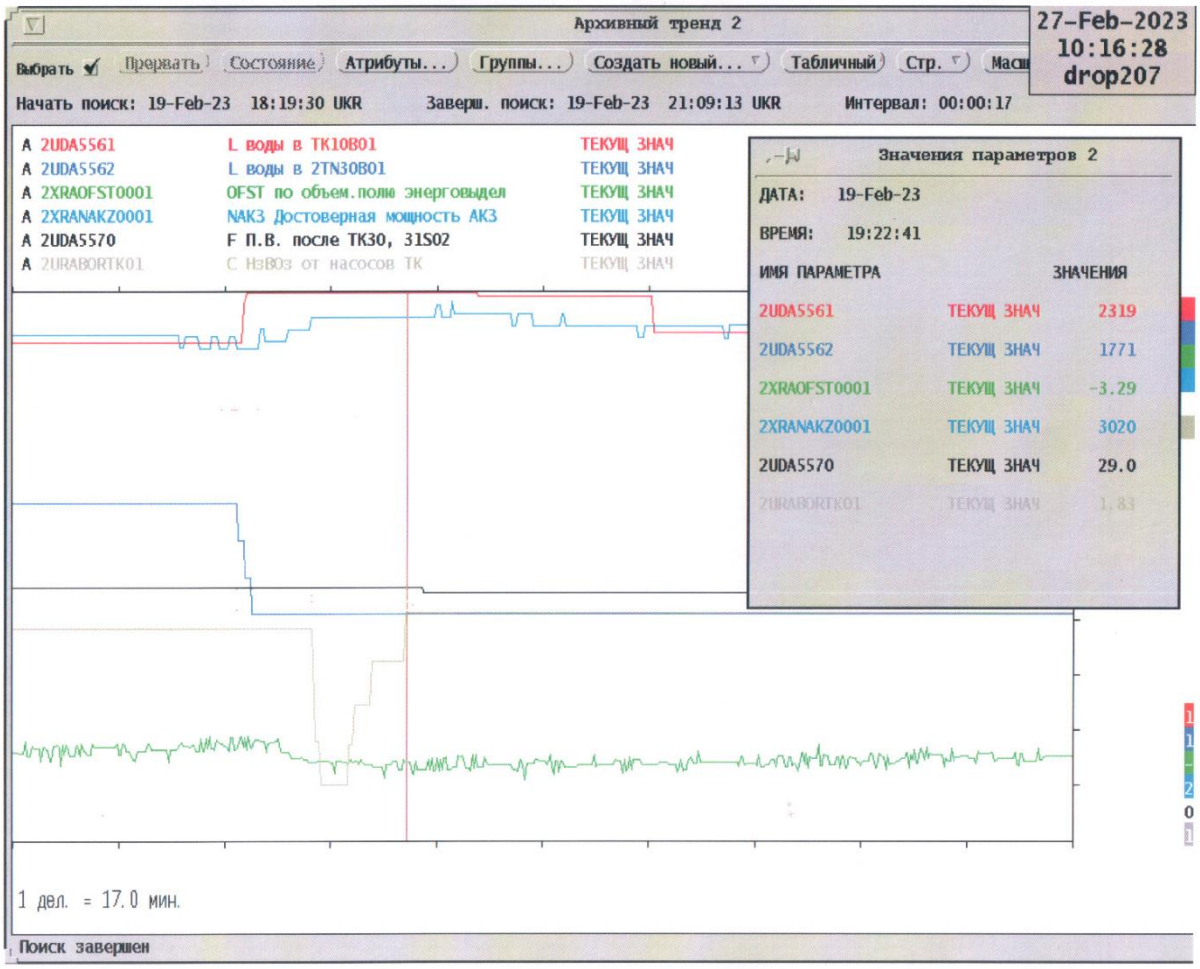

Рисунок 13 – Друге введення «чистого конденсату», відмітка 4

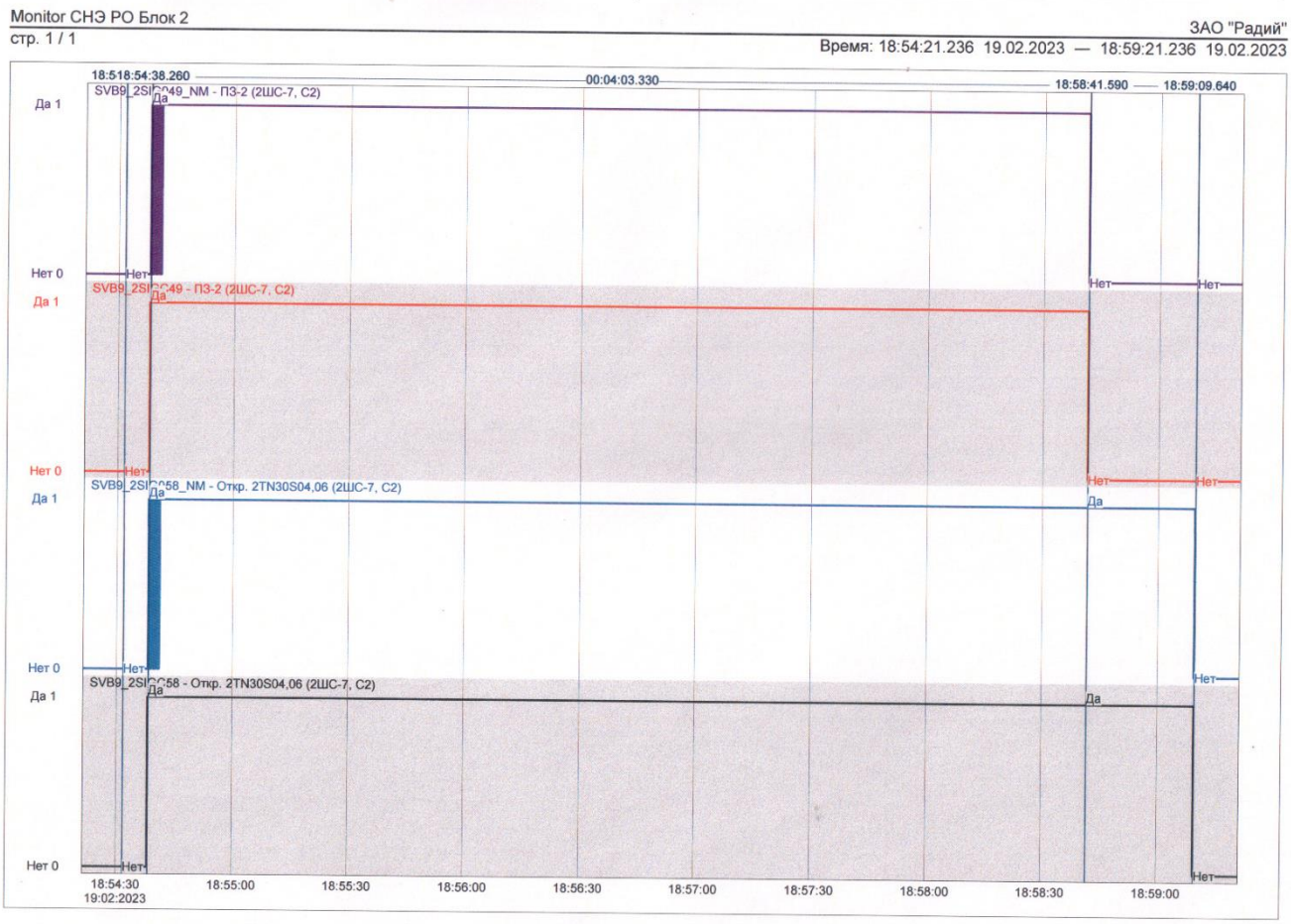

Рисунок 14 – Друге введення «чистого конденсату», сигнали ПЗ-2

4.3 Третє введення «чистого конденсату»

На рисунка 15-19 можна побачити аналогічну ситуацію до першого та другого введення «чистого конденсату». На них можна побачити, що:

- в 22:09:17 вмикається сигнал ПЗ-2 за фактом відкриття арматури 1TN30S06 при відкритій арматурі 1TN30S04;
- до 22:11:11 вводиться «чистий конденсат» та закривається арматура 1TN30S06;
- сигнал ПЗ-2 знімається в 22:12:08;

- починаючи з 22:21:35 ми фіксуємо зростання потужності ректора і стабілізацію показника потужності на вищому рівні, що є наслідком введення «чистого конденсату».

Таким чином ми бачимо, що з 22:12:08 ми мали технічну можливість вводити позитивну реактивність за допомогою підняття ОР СУЗ, при тому, що досі мали вплив на реактивність «чистого конденсату» в активній зоні, що суперечить вимогам про технічну реалізацію заборони введення позитивної реактивності двома і більше способами.

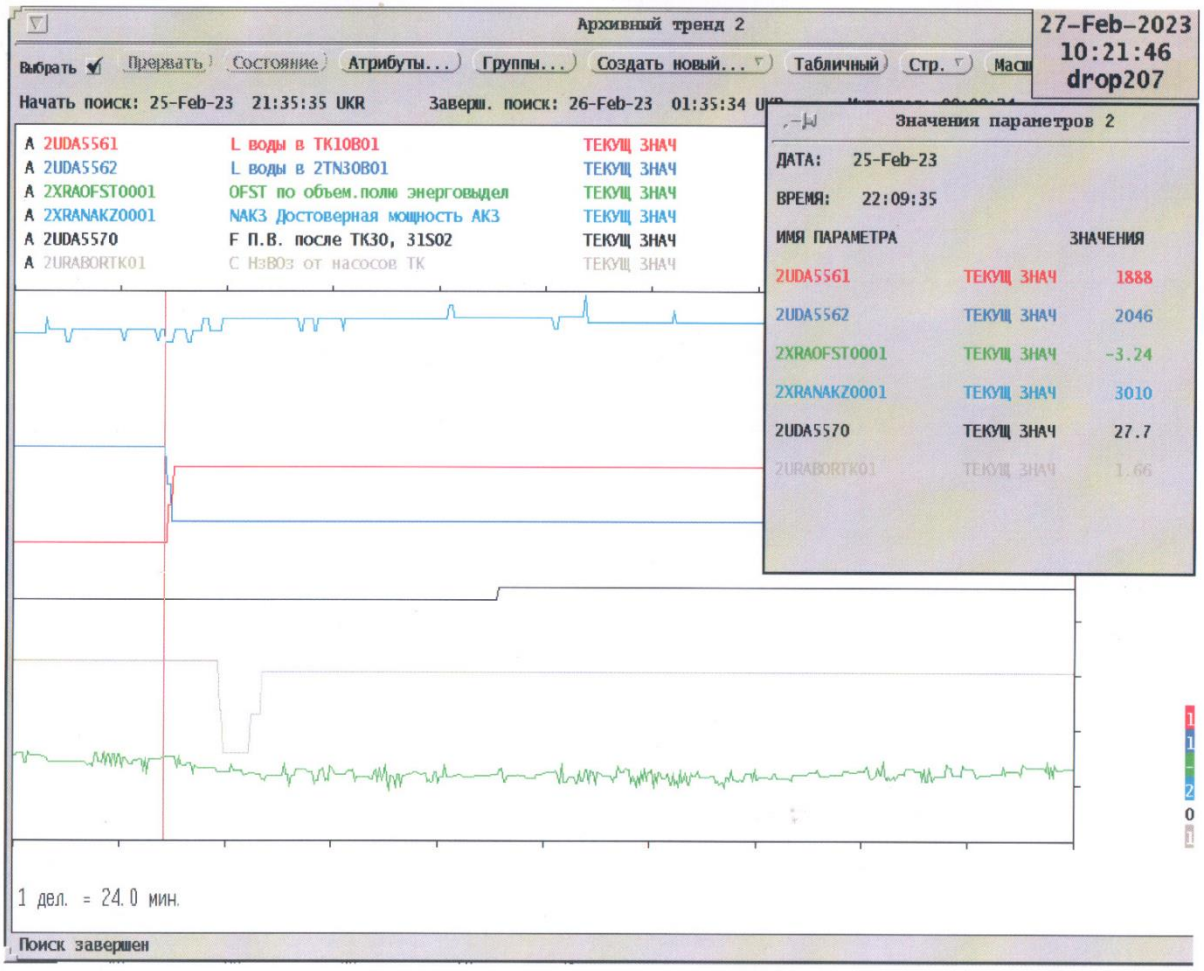

Рисунок 15 – Третє введення «чистого конденсату», відмітка 1

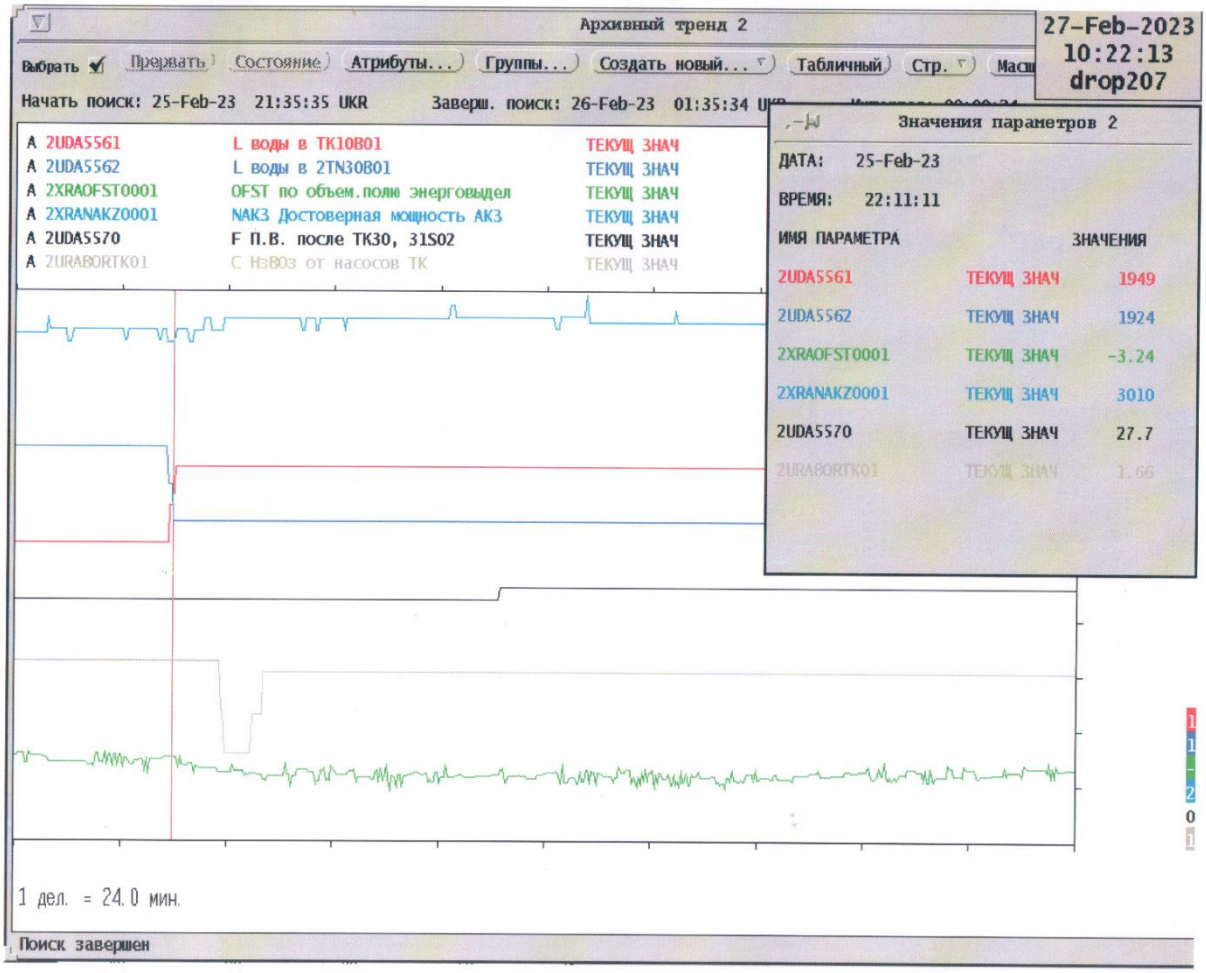

Рисунок 16 – Третє введення «чистого конденсату», відмітка 2

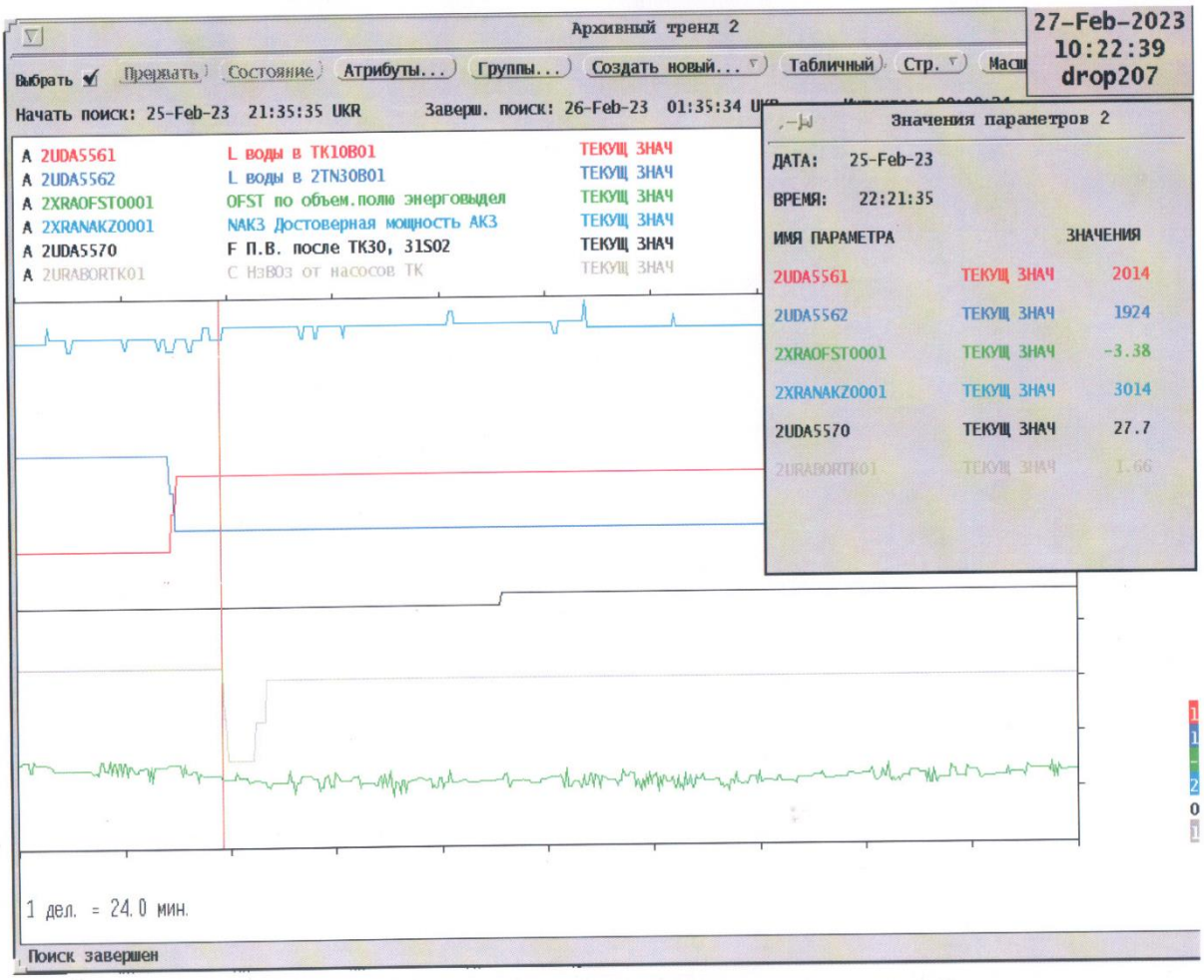

Рисунок 17 – Третє введення «чистого конденсату», відмітка 3

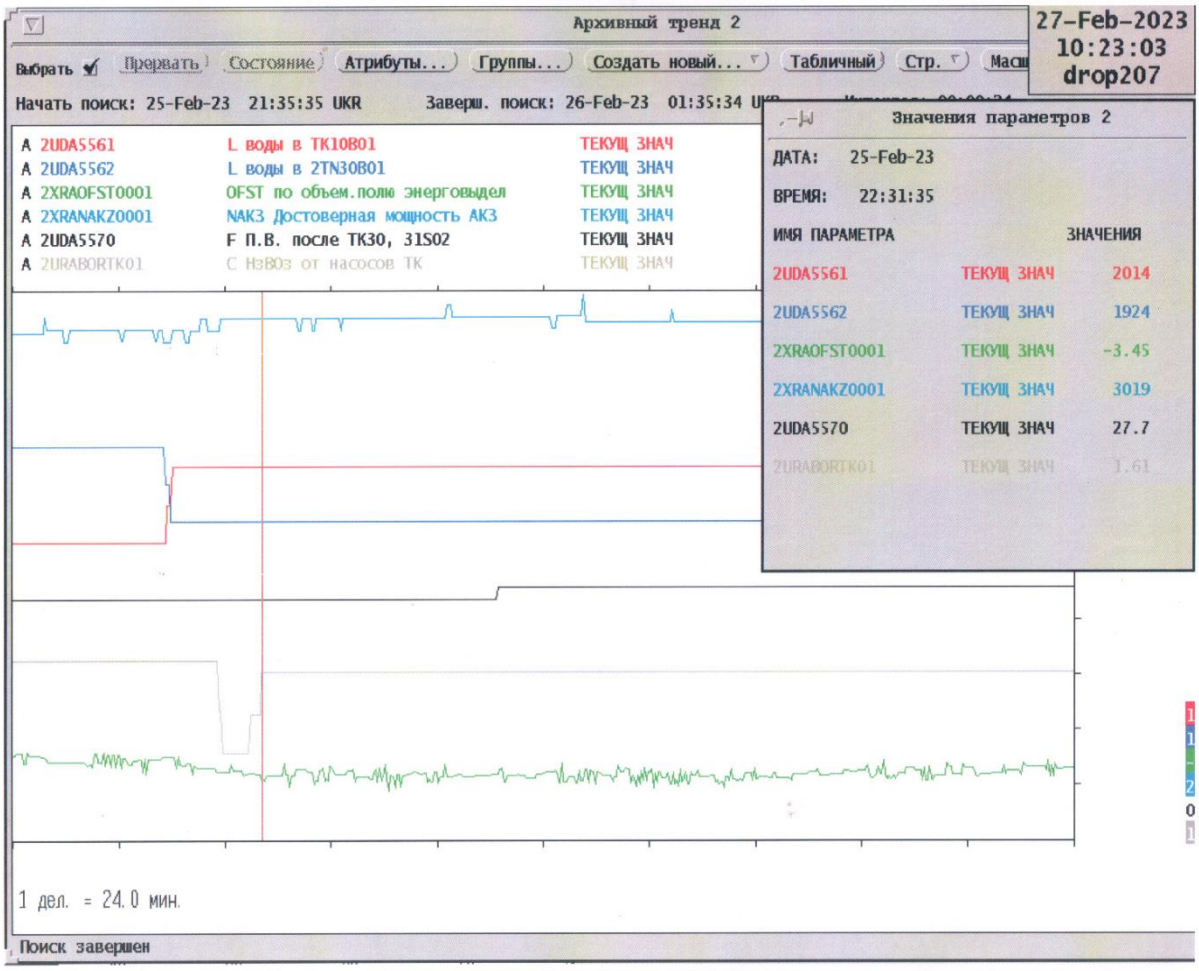

Рисунок 18 – Третє введення «чистого конденсату», відмітка 4

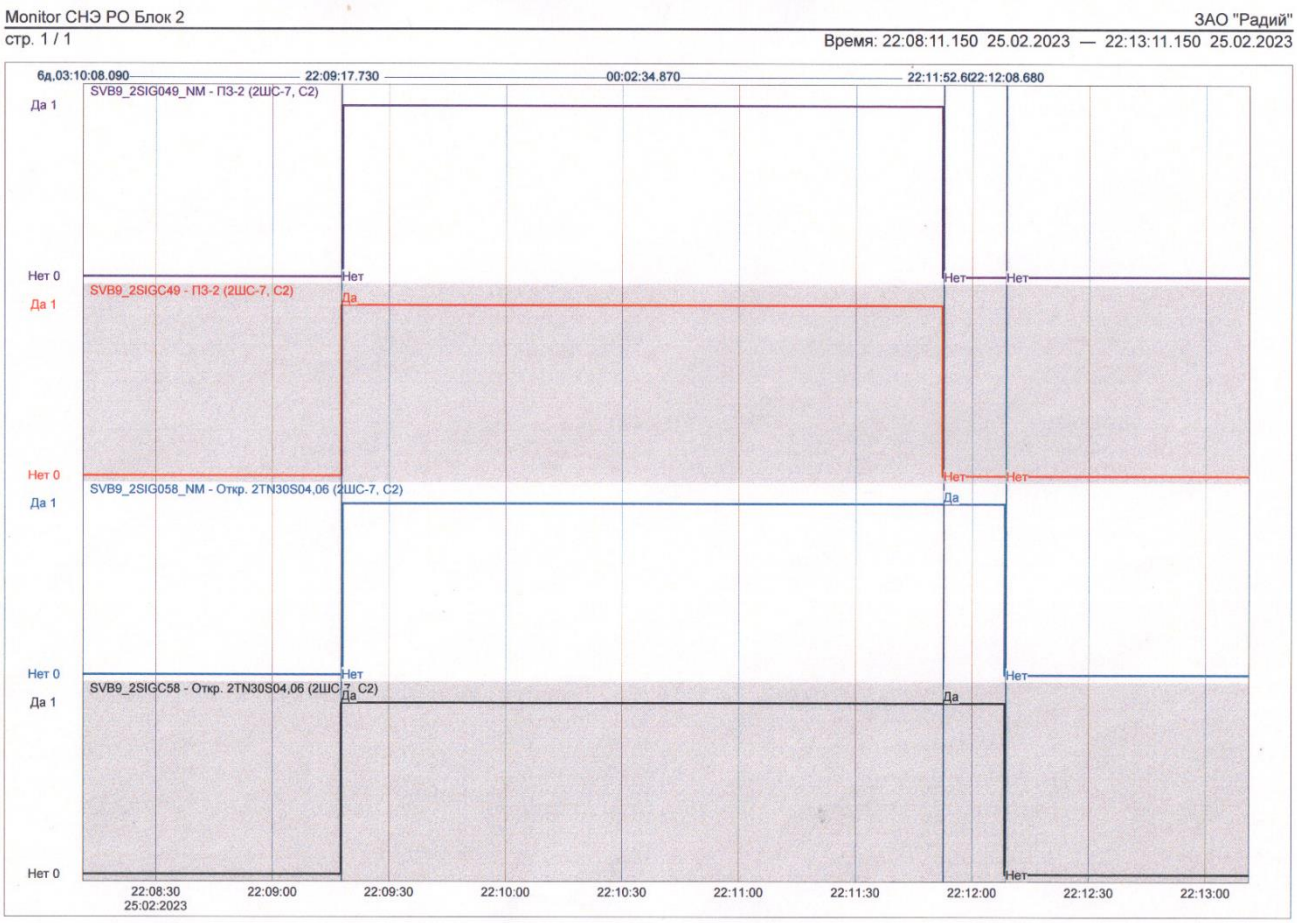

Рисунок 19 – Третє введення «чистого конденсату», сигнали ПЗ-2

4.4 Висновок до третього розділу

За допомогою практичного дослідження, проведеного на тренувальному БЩУ й енергоблоку ПАЕС ми визначили наявність проблеми та побачили який вплив вона має під час введення «чистого конденсату» до активної зони. За наявними даними можна побачити, що транспортна затримка «чистого конденсату» складає близько 10 хвилин, через що наявна проблема одночасного введення позитивної реактивності двома і більше способами.

Модифікації насосного обладнання системи підживлення-продування дозволять за менший час подавати чистий конденсат, що призведе до зменшення часу заборони ПЗ-2, що дозволить краще та ефективніше керувати ядерною установкою.

Модифікація системи попереджувального захисту другого роду дозволять у повній мірі виконувати вимогу на технічну заборону одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами. Необхідно враховувати час транспортної затримки для унеможливлення одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Необхідність даного розділу викликана високим рівнем потенційної небезпеки, пов’язаної з роботою АЕС. Забезпечення безпеки та охорони здоров’я працівників є ключовими питаннями у функціонуванні атомної енергетики. Ядерний реактор є ключовою складовою атомної енергетики, але водночас є й джерелом великої кількості ризиків для працівників. Дотримання всіх вимог охорони праці під час роботи з ядерним реактором має вирішальне значення для забезпечення безпеки не лише працівників атомної станції, а й населення та навколишнього середовища. Для мінімізації будь-якого негативного чинника, що може спровокувати негативну ситуацію, необхідно виконувати всі діючі на АЕС правила з техніки безпеки, а також проводити регулярні перевірки справності обладнання.

Дана магістерська дисертація головною метою дослідження становить виконання вимог ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.

В цьому розділі визначені основні технічні та організаційні заходи з радіаційної безпеки на АЕС, а також запропоновані необхідні заходи з електробезпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з радіаційної безпеки на АЕС

На енергоблоці АЕС технічні засоби системи радіаційного контролю повинні забезпечувати:

- радіаційний контроль стану захисних бар'єрів;
- радіаційний технологічний контроль;
- радіаційний дозиметричний контроль;
- радіаційний контроль навколишнього середовища;
- контроль за нерозповсюдженням радіоактивного забруднення;

- радіаційний контроль за умов, відмінних від режиму нормальної експлуатації;

- радіаційний контроль середовищ, що гріють і нагріваються при відпуску тепла з енергоблоку.

На енергоблоці має бути забезпечений:

- моніторинг скидів та викидів;

- контроль за збиранням, видаленням, зберіганням твердих та рідких радіоактивних відходів;

- контроль рівнів забруднення об'єктів довкілля за межами АЕС (СЗЗ та зона спостереження);

- оцінка рівня опромінення населення на основі розрахунку доз опромінення критичних груп;

- контроль джерел іонізуючого випромінювання.

Оперативна інформація про важливі радіаційні параметри, за якими встановлені межі безпечної експлуатації, повинна надходити на БЩУ та РЩУ, а також оперативному персоналу, який відповідає за підтримку енергоблоку в радіаційно-безпечному стані.

Також має бути забезпечений безперервний контроль відповідно до регламенту радіаційного контролю:

- кількості радіоактивних речовин, що надходять з водними скиданнями або, у разі збирання водних скидів у накопичувальній ємності, контроль перед їх скиданням у зовнішнє середовище;

- кількості радіоактивних речовин, що надходять із газоаерозольними викидами у навколишнє середовище.

При перевищенні встановлених допустимих рівнів радіаційних параметрів та при радіаційних аваріях повинні бути забезпечені:

- додатковий контроль навколишнього середовища;

- додатковий контроль за значенням та швидкістю зростання перевищуваного параметра;

- інформування посадових осіб про факт перевищення;

- реєстрація в установленому порядку факту перевищення встановлених контрольних та допустимих рівнів скидів та викидів.

При плануванні радіаційно-небезпечних робіт повинен проводитись розрахунок доз опромінення на основі результатів радіаційного моніторингу приміщень, де вони проводитимуться.

Індивідуальному дозиметричному контролю повинен підлягати персонал АЕС та сторонніх організацій, що відвідують зону контрольованого доступу (ЗКД) та/або працюють із джерелами іонізуючого випромінювання.

Персонал АЕС зобов'язаний суворо дотримуватися режиму зон, встановлений НД. Порядок перетину встановлених меж зон людьми та транспортування радіоактивних матеріалів через межі зон має бути відображений у відповідних інструкціях, затверджених адміністрацією АЕС.

Адміністрація АЕС має систематично аналізувати результати дозиметричного контролю персоналу, а також радіаційного моніторингу території проммайданчика, СЗЗ та зони спостереження.

Дані індивідуального дозиметричного контролю та дози опромінення персоналу та осіб, які відвідують зону суворого режиму, повинні зберігатися та надаватися до відповідних органів.

Роботи з підвищеною радіаційною небезпекою, виконання яких не передбачено технологічними картами та інструкціями з радіаційної безпеки, повинні виконуватися за програмами, узгодженими ЦРБ та затвердженими ГІС.

Вихідними даними для аналізу ефективності радіаційного захисту та досягнутого рівня безпеки є:

- банки даних, що містять значення колективних доз за цехами та типами робіт за останні 5 років або за термін дії попередньої Програми підвищення рівня радіаційної безпеки та забезпечення радіаційного захисту;

- банк даних значень індивідуальних доз опромінення персоналу протягом останніх 5 років для окремих робіт;

- банки даних параметрів радіаційної обстановки в приміщеннях, що обслуговуються та напівобслуговуються, включаючи приміщення спецкорпусу за останні 5 років або за термін дії попередньої Програми підвищення рівня радіаційної безпеки та забезпечення радіаційного захисту;

- банки даних параметрів радіаційної обстановки у зоні спостереження, включаючи показання датчиків системи контролю експозиційної дози (відповідно до регламенту радіаційного контролю) за останні 5 років або за термін дії попередньої Програми підвищення рівня радіаційної безпеки та забезпечення радіаційного захисту;

- динаміка викидів та скидів за останні 5 років або за термін дії попередньої Програми підвищення рівня радіаційної безпеки та забезпечення радіаційного захисту;

- обсяги радіоактивних відходів, утворені за останні 5 років, їх переробка та зберігання.

Аналіз радіаційної безпеки проводиться з урахуванням новорозроблених чи перероблених НД, а також розпоряджень та вимог регулюючих органів.

Ядерна безпека при проведенні робіт на обладнанні ПТК АЗ-ПЗ забезпечується виконанням наступних умов та заходів безпеки:

- кваліфікацією та дисципліною персоналу, який бере участь у проведенні робіт;

- виконанням умов проведення робіт залежно від стану РУ та заходів безпеки, зазначених у цій програмі відповідно до ТРБЕ;

- виконанням вимог технологічних обмежень відповідно до цієї програми та інструкцій з експлуатації;

- проведенням інструктажу оперативному та ремонтному персоналу, який залучається до виконання робіт, щодо виконання дій при порушенні умов нормальної експлуатації;

- суворим виконанням пунктів програми.

Забороняється провадження на енергоблоці інших ЯНР або робіт, які можуть вплинути на безпечне виконання робіт з обладнанням ПТК АЗ-ПЗ.

Критерії успішного закінчення ядерно-небезпечних робіт з обладнанням ПТК АЗ-ПЗ:

- виконані всі пункти програми, за якою робилися роботи, відповідно до заявки;

- всі роботи на комплекті ПТК АЗ-ПЗ, що перевіряється, закінчені, робочі місця прибрані, бригада виведена з приміщення;

- комплект ПТК АЗ-ПЗ, що перевіряється, працездатний у проектному обсязі, зауважень щодо роботи обладнання немає;

- Комплект ПТК АЗ-ПЗ, що перевіряється, без зауважень введений в роботу.

5.1.2 Організація робіт з ядерним паливом при його переміщенні та зберіганні

При експлуатації енергоблоку необхідно дотримуватися вимог чинних правил, норм і стандартів щодо ЯРБ та вимог цього регламенту.

Під час експлуатації АЕС повинні забезпечуватися:

а) фізичний захист безпеки ЯП;

б) ЯРБ на всіх етапах (стадіях) поводження з ЯП та його використання (транспортування, зберігання, завантаження, використання в робочому циклі, перевантаження, зберігання ВЯП на АЕС, відправка ВЯП на зберігання та переробку за межі АЕС);

в) 100% облік ЯП та відстеження його переміщення в межах АЕС;

г) прийом СЯП від Постачальника та його зберігання на АЕС;

д) подача СЯП у РВ на перевантаження реактора;

е) зберігання у БВ, вивіз ВЯП (у БВ одного з блоків, відправлення за межі АЕС);

ж) тимчасове зберігання ВЯП у спеціалізованому вагоні ВГ-ТК-13 на майданчику відстою або у транспортному коридорі РВ енергоблоку при міжблочних перевезеннях (за наявності технічного рішення, погодженого з Держатомрегулювання).

Усі роботи з ЯП повинні виконуватися за спеціальними інструкціями або програмами, затвердженими ДВС, з дотриманням правил ЯРБ, а також вимог щодо охорони праці.

Для контролю виконання заходів щодо забезпечення ядерної безпеки та переміщенням ЯП під час перевантаження повинні призначатися КФ. Усі роботи з переміщення ЯП в РВ повинні проводитись під наглядом КФ.

Транспортування СЯП або ВЯП у межах території АЕС та поза нею повинно виконуватися лише з використанням справних, спеціально обладнаних для перевезення ЯП транспортних засобів та транспортних пакувальних комплектів. Транспортно-технологічне обладнання повинне розміщуватись лише у спеціально відведених для цього місцях зберігання.

Забороняється виконувати завантаження в активну зону СЯТ, що не пройшов вхідний контроль.

Контроль та облік ядерних матеріалів, що діляться, повинен здійснюватися за спеціальними інструкціями, що регламентують облік і контроль ядерних матеріалів, що діляться, і джерел іонізуючих випромінювань, розроблених відповідно до НД та законів, що діють в Україні.

При проведенні робіт з перевантаження реактора повинен здійснюватися безперервний контроль за щільністю нейтронного потоку та періодом його зміни ВІУРом, що знаходиться на БЩУ, якого тимчасово може підміняти НС РЦ або НСО. Контроль на пульті ПМ здійснює КФ оптико-акустичних сигналізаторів.

Перевантаження ЯП повинно проводитись ПМ з дистанційним способом керування зі стаціонарного пульта.

Завантаження СЯП у реактор дозволяється за наявності технічного рішення про склад паливного завантаження, погодженого з Держатомрегулювання.

При зберіганні ВЯП має бути забезпечене гарантоване відведення залишкових енерговиділень ТВС, розміщених у стелажах БВ, та здійснюватися постійний контроль за рівнем та температурою води у БВ, а також періодичний контроль за концентрацією борної кислоти у БВ.

Перевантаження ЯП повинно проводитись при введених в а.з. реактора ПС СУЗ та інших засобах на реактивність. Концентрація РБК у контурі охолодження а.з. і БП має бути доведена до 16÷20 г/дм^3 .

При перевантаженні ЯП повинні бути виконані технічні та організаційні заходи щодо недопущення попадання води з концентрацією РБК менше 16 г/дм^3 у реактор, перший контур, БВ або БП.

Після проведення перевантаження а.з. повинен бути оформлений та затверджений акт про проведення перевантаження ЯП у реакторі з додатком картограми завантаження ЯП в а.з. реактора та підсумкової картограми розташування ВЯП у стелажах БВ.

Усі ТТО щодо переміщення СЯТ та ВЯП повинні виконуватися за спеціальними програмами, затвердженими ГІС. У разі потреби в програмах зазначаються додаткові заходи безпеки.

Усі ТТО з перевантаження а.з. реактора та завантаження СЯТ повинні регламентуватися робочою програмою та робочим графіком перевантаження, які повинні розроблятися відповідно до схеми перевантаження, номенклатури палива даного завантаження а.з., на підставі картограм завантаження ЯТ реактора, БВ, чохлів.

Операції з будь-якого переміщення СЯТ, ВЯП повинні виконуватися в послідовності, визначеній програмою та робочим графіком.

Кожна ЯНР при виконанні ТТО повинна проводитись тільки після того, як буде повна впевненість у можливості доведення операції до кінця без аварії та відмов обладнання та пристроїв, що беруть участь у цій операції. У разі труднощів, неясностей у виконанні тих чи інших операцій будь-який працівник, який бере участь у виконанні робіт, зобов'язаний припинити подальше виконання робіт і звернутися за роз'ясненням до свого керівництва.

5.2 Електробезпека на АЕС

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги з електробезпеки, це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011.

Згідно вимог ДСТУ 7237:2011 для забезпечення захисту від випадкового дотику людини до струмовідних частин ЕУ на АЕС застосовують наступні види захисту:

- основне (робоче) ізолювання струмовідних частин ЕУ (захисне ізолювання);

- додаткове, посилене, подвійне ізолювання струмовідних частин;
- захисні оболонки;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмовідних частин;
- ізолювання робочого місця;
- мала напруга; захисне вимкнення;
- попереджувальна сигналізація (звукова, світлова тощо);
- блокування;
- встановлення знаків безпеки;
- електрозахисні засоби; засоби індивідуального захисту.

Для запобігання ураженню електричним струмом під час дотику до металевих неструмовідних частин, які можуть бути під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, застосовують окремо або в поєднанні наступні види захисту:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимкнення живлення;
- зрівнювання потенціалів;
- застосування обладнання відповідного класу за електрозахистом;
- захисний електричний поділ кіл;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, майданчики;
- системи наднизької напруги (безпечної, захисної).

Також для забезпечення діючих вимог з електробезпеки на АЕС виконується певний ряд додаткових заходів, таких як:

- періодичні перевірки електроустаткування та проведення вимірів електричних параметрів;
- розроблення та впровадження заходів щодо попередження аварійного відключення електроенергії;
- організація навчання та підвищення кваліфікації працівників щодо правил електробезпеки;

- контроль за дотриманням правил електробезпеки під час проведення ремонтних робіт та експлуатації обладнання.

Також на АЕС діє система управління безпекою, що включає в себе процедури та інструкції, що стосуються електробезпеки. Ця система визначає відповідальності за електробезпеку, процедури проведення робіт з електрообладнанням, вимоги до технічного стану обладнання, а також перелік необхідних заходів у разі аварійної ситуації.

Правила безпечної експлуатації електроустановок на АЕС забезпечують ефективну організацію роботи з електроенергією та запобігають можливим аварійним ситуаціям. До них можуть належати:

- встановлення відповідної маркування та ідентифікації електроустановок;
- забезпечення належної технічної документації, дотримання правил монтажу та підключення електроустаткування;
- проведення перевірок та випробувань установок і систем електроживлення, контроль параметрів електричної мережі, виявлення та усунення несправностей;
- розроблення та впровадження систем аварійного відключення електроенергії, які дозволяють запобігти можливій аварійній ситуації;
- організація вимкнення і заземлення електроустаткування під час ремонтних робіт та обслуговування;
- проведення систематичних оглядів та ремонту електрообладнання;
- забезпечення правильного вибору та застосування засобів захисту від електричного струму, які відповідають стандартам та вимогам безпеки.

Для запобіганню негативного впливу електричного струму при обслуговуванні електроустановок, що знаходяться під напругою (при неможливості їх знеструмити) використовуються наступні засоби захисту, це:

- засоби індивідуального захисту;
- монтерський інструмент з ізольованими ручками;
- діелектричні рукавиці, боти;
- екрани;

- ізолювальні підставки та килимки;
- оперативні та струмовимірювальні кліщі, штанги;
- переносні заземлення, захисні огорожі.

Дотримання цих правил допомагає запобігти можливим аварійним ситуаціям та забезпечити безпеку працівників та навколишнього середовища. Для досягнення цих цілей на АЕС необхідно забезпечити відповідний рівень технічного обслуговування, дотримання правил та вимог безпеки, а також підвищувати кваліфікацію працівників та впроваджувати нові технології та підходи до безпеки на АЕС.

Таким чином, електробезпека на АЕС є однією з найважливіших складових безпеки експлуатації атомних електростанцій, і її дотримання вимагає ретельного контролю, виконання правил та вимог, а також високого рівня кваліфікації та відповідальності працівників АЕС.

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Виконання вимог безпеки в надзвичайних ситуаціях потребує розробки відповідних технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.

5.3.1 Обов’язки та дії персоналу АЕС у разі виникнення НС

У випадку виникнення НС кожний працівник мусить:

– припинити роботу (якщо це дозволено технологічним процесом виробництва);

– якнайшвидше сповістити про НС керівника та відповідальну посадову особу;

– приступити до ліквідації (локалізації) НС наявними засобами;

– за необхідності викликати підрозділи ДСНС.

Керівництво підприємства, а також особи, відповідальні за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, зобов’язані в разі виникнення НС:

– перевірити та продублювати повідомлення про НС, довести це до відома керівника підприємства;

– оцінити умови, з'ясувати кількість і місцезнаходження людей, за потреби вжити заходів щодо оповіщення працівників, населення про НС;

– під час загрози для життя людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

– забезпечити виведення з небезпечної зони людей, які не беруть безпосередньої участі в ліквідації НС;

– обмежити допуск людей та транспортних засобів до небезпечної зони.

У разі дій щодо локалізації (ліквідації) наслідків НС потрібно:

– організувати оповіщення й зустріч підрозділів ДСНС та інших служб, забезпечити узгодженість дій персоналу підприємства й підрозділів аварійно-рятувальної, медичної та інших служб;

– у випадку необхідності евакуації персоналу (частини персоналу) та матеріальних цінностей забезпечити необхідну кількість транспортних засобів.

Евакуація має забезпечити захист працюючого персоналу в разі неможливості вжиття інших заходів цивільного захисту під час виникнення надзвичайних ситуацій. Рішення про евакуацію приймається керівником підприємства або особою, яка його заміщує. Підставою для прийняття рішення про практичне здійснення евакуаційних заходів є фактичні показники стану довкілля у випадку надзвичайної ситуації та відповідне рішення Кабінету Міністрів України, органів місцевої державної влади, територіальних органів ДСНС.

У разі евакуації на керівника підприємства покладається:

– планування й проведення евакуації працівників;

– контроль за плануванням, підготовкою й проведенням евакуаційних заходів;

– визначення та підготовка безпечного району для розміщення евакуйованих працівників.

5.3.2 Особливості роботи системи оповіщення виробничого персоналу АЕС при НС

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях пропонується встановлення системи оповіщення виробничого персоналу АЕС.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

– поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення з постійним або тимчасовим перебуванням людей;

– трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямок руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;

– трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;

– ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

– ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації;

– дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2016 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовного оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів – обладнуються всі виробничі приміщення.

Система оповіщення повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС.

Кількість звукових та мовних оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

– у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
– у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи системи оповіщення від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи системи оповіщення від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003.

5.3.3. Пожежна безпека на АЕС

Однією з найважливіших складових безпеки на атомній електростанції є пожежна безпека. Пожежі на АЕС можуть мати серйозні наслідки, включаючи радіоактивне забруднення та загрозу життю та здоров'ю працівників та мешканців прилеглих територій. Тому, пожежна безпека є одним з найбільш важливих аспектів охорони праці на АЕС.

Пожежна безпека на АЕС регламентується ВБН В.1.1-034-2003, НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004 «Протипожежні норми проектування атомних електростанцій

із водо-водяними енергетичними реакторами», а також ППБ АС-2011 «Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій», Законом України «Про пожежну безпеку», «Правилами пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України».

Законодавство встановлює обов'язки АЕС щодо забезпечення пожежної безпеки, зокрема:

- розробка та виконання програм пожежної безпеки;
- забезпечення наявності відповідних систем пожежного захисту (автоматичних систем пожежної сигналізації та пожежогасіння тощо);
- проведення регулярних перевірок та обстежень пожежної безпеки на об'єктах АЕС;
- забезпечення наявності необхідної кількості та якості пожежної техніки та обладнання;
- проведення регулярних навчань та тренувань з пожежної безпеки для всього персоналу.

Також на АЕС встановлюються системи відстеження та контролю за потенційними джерелами загорянь, а також контроль за витоком палива та реагентів, що можуть спричинити пожежу.

Крім того, на АЕС діє диспетчерський пункт пожежної охорони, який має на меті контролювати ситуацію та вчасно реагувати на можливі загоряння. Для цього пункту пожежної охорони встановлюється високоточне обладнання, яке забезпечує моніторинг та аналіз потенційних загроз пожежі.

Важливим аспектом пожежної безпеки на АЕС є планування та виконання заходів щодо запобігання пожежам. Наприклад, на АЕС проводяться регулярні перевірки та обстеження обладнання з метою виявлення можливих джерел загорянь та їх усунення. Також розробляються та виконуються плани евакуації на випадок пожежі, що дозволяє максимально зменшити ризик травм та загибелі серед працівників.

Важливим елементом пожежної безпеки на АЕС є також контроль за забрудненням повітря під час пожежі. Для цього на АЕС встановлюються системи димовидалення та фільтрації повітря, що зменшує ризик виникнення радіоактивного забруднення.

Окрім вищезазначених заходів, пожежна безпека на АЕС включає в себе також забезпечення належного рівня підготовки персоналу до дій у випадку пожежі. Навчання та тренування з пожежної безпеки проводяться не тільки для працівників, які безпосередньо пов'язані з пожежною безпекою, а й для всього персоналу АЕС з метою забезпечення відповідної реакції в разі виникнення небезпеки.

Таким чином, на АЕС пожежна безпека є одним з найважливіших аспектів охорони праці, що регулюється законодавством та нормативними документами. Забезпечення пожежної безпеки на АЕС передбачає виконання ряду заходів, включаючи планування та виконання заходів щодо запобігання пожежам, контроль за потенційними джерелами загорання.

ВИСНОВКИ

Дана робота присвячена дослідженню одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами.

Під час написання магістерської дисертації було розглянуто й проаналізовано технічну документацію та інструкції з даної теми, а також проведено практичне дослідження по введенню «чистого конденсату» до активної зони. Детально проаналізовано спрацьовування попереджувального захисту другого роду, визначені похибки в її роботі, які порушують заборону на унеможливлення технічними засобами введення позитивної реактивності одночасно двома і більше засобами впливу на реактивність.

В першому розділі було розглянуто загальний опис програмно-технічного комплексу системи аварійного та попереджувального захисту реактора, його характеристики, властивості, пристрої та роботу системи.

В другому розділі була розглянута система підживлення-продування першого контуру, призначення, склад та опис технологічної системи. Особливо важливо було розібрати шлях й засоби доставки «чистого конденсату» до активної зони, що прямо впливає на транспортну затримку, через яку наявна дана проблема.

В третьому розділі розглянуто програмно-технічний комплекс автоматичного регулювання, розвантаження та обмеження потужності реактора та прискореного попереджувального захисту, яка необхідна нам для того, аби повноцінно дослідити проблему одночасного введення позитивної реактивності двома і більше способами та проведення практичного досліду на тренажері БЩУ.

В четвертому розділі за допомогою практичного дослідження, проведеного на тренувальному БЩУ 1-го енергоблоку ПАЕС було визначено наявність проблеми та наведено вплив, який вона має під час введення «чистого конденсату» до активної зони. За наявними даними ми побачили, що транспортна затримка «чистого конденсату» складає близько 10 хвилин, через що наявна проблема одночасного введення позитивної

реактивності двома і більше способами. Модифікація системи попереджувального захисту другого роду дозволять у повній мірі виконувати вимогу на технічну заборону одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами. Сигнал ПЗ-2 повинен враховувати час транспортної затримки після надходження сигналів про закриття арматур TN30S04 та TN30S06 для унеможливлення одночасного введення позитивної реактивності двома та більше способами.

Дослідження можливої модифікації насосного обладнання системи підживлення-продування також можуть дозволити за менший час подавати чистий конденсат, що призведе до зменшення часу заборони ПЗ-2, що дозволить краще та ефективніше керувати ядерною установкою.

У четвертому розділі було розроблені та погоджені заходи з охорони праці, розглянуті технічні та організаційні заходи радіаційної, електро- та пожежної безпеки на АЕС.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Програмно-технічний комплекс системи аварійного та попереджувального захисту енергоблоку № 1 Інструкція з експлуатації ІЕ.1.0011.0631.

2 Система підживлення-продування першого контуру енергоблока № 1. Інструкція з експлуатації. ІЕ.1.0001.0098.

3 Про затвердження Правил ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. Держатомрегулювання України; Наказ, Правила від 15.04.2008 № 73 Посилання: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0512-08#Text.

4 Технічне рішення 09.09.2011 № ТР.1.0011.2531 "Про виключення одночасного введення позитивного реактивності двома засобами впливу".

5 Технічне рішення 24.10.2012 № ТР.1.0011.2810 «Про монтаж захисту ПЗ-2 за винятком одночасного введення позитивної реактивності двома засобами впливу на енергоблоці №1».

6 Технічне рішення 01.11.2013 № ТР.1.0011.3087 «Про введення захисту ПЗ-2 за винятком одночасного введення позитивної реактивності двома засобами впливу на промислову експлуатацію на енергоблоці № 1».

7 Карта уставок технологічної сигналізації БЩУ першого контуру Енергоблок № 1 КУ.1.0011.0116.

8 Карта уставок аварійних захистів та блокувань реактора Енергоблок № 1 ПАЕС КУ.1.0011.0356.

9 Програма технічного обслуговування програмно-технічного комплексу системи аварійного та попереджувального захисту (птк аз-пз) енергоблок № 1 ПМ.1.0011.0224.

10. Методичні вказівки з розробки розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в магістерських дисертаціях студентів ТЕФ освітнього рівня «магістр». Укладач: С.Ф.Каштанов – Київ НТУУ «КПІ», 2020 р.,24 с.

11. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

12. Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій від 30.05.2007 №256: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1039-07#Text.

13. Правила пожежної безпеки в Україні від 19.10.2004 р. № 126: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1410-04#Text.

14. НП 306.2.141-2008 «Загальні положення безпеки атомних станцій».

15 АНФХ. Альбом нейтронно-фізичних характеристик ВП ПАЕС.

ДОДАТОК А

Технічне завдання

ДОДАТОК Б

Довідка впровадження