

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Модернізація системи внутрішньоріакторного
контролю атомної електростанції на прикладі
профранко-технічного комплексу нижнього рівня

Виконав: студент 2 курсу, групи 1511-3-01
спеціальності 151. Автоматизація та
комп'ютерно-інтегрованої технології
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та
комп'ютерно-інтегрованої технології
(назва освітньої програми)

Вальтер Оксана Олександрівна
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н. доц. Овчинникова І.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. дир. СВ Альтера Запорізького НУрат О.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Вальтер Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Модернізація системи внутрішньорічного контролю атомної електростанції на прикладі програмно-технічного комплексу низького рівня
керівник роботи Обвійникова Трина Анатоліївна, канд. тех. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 02 » серпня 2022 року № 597-с

2 Строк подання студентом роботи 05.12.2022р

3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технології інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис СВРК, обладнання СВРК, технічні характеристики СВРК, математичне та програмне забезпечення СВРК

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Нераліки існуючої системи, постановка задачі та задачі дослідження, результати модернізації системи ВРК, висновки

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Овчинникова Т.А. доцент		
2	Овчинникова Т.П. доцент		
3	Овчинникова Т.А. доцент		
4	Овчинникова Т.А. доцент		

7 Дата видачі завдання 02 червня 2022р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Визначення особливостей системи внутрішньореакторного контролю	04.07 - 31.07. 2022р	
	Аналіз існуючих систем внутрішньореакторного контролю	01.08 - 31.08 2022р	
	Визначення складу та функцій системи внутрішньореакторного контролю	01.09 - 30.09 2022р	
	Вибір технічних засобів автоматизації для реалізації систем керування	01.10 - 31.10 2022р	
	Визначення складу та функцій програмного та матем. забезпечення СВРК	01.11 - 30.11 2022р	
	Розробка шляхів модернізації системи внутрішньореакторного контролю	01.12 - 30.12 2022р.	
	Розробка презентації роботи, проходження нормоконтролю	08.01 - 31.01 2023р	
	Відготовка доповіді	01.02 - 04.02 2023р	

Студент Кач Вальтер О.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Овчинникова Т.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Овчинникова Т.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Вальтер О.О. Модернізація системи внутрішньореакторного контролю атомної електростанції на прикладі програмно-технічного комплексу нижнього рівня.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, науковий керівник І.А. Овчинникова. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім.Ю.М.Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2022.

В роботі було описано системи внутрішньореакторного контролю атомних електростанцій, які використовуються в світі та Україні. Проаналізовано новітні системи ВРК та досліджено етапи їхніх модернізацій. Описано модернізований програмно-технічний комплекс нижнього рівня СВРК-М.

Ключові слова: СВРК, АЕС, РЕАКТОРНА УСТАНОВКА, СВРК-М, ВВЕР-1000, ПТК НУ СВРК-М

ABSTRACT

Valter O.O. Modernization of the In-Reactor Control System of a Nuclear Power Plant (Case Study: Software and Hardware Complex of the Lower Level).

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in higher education, specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies, scientific supervisor I.A. Ovchinnikova. Zaporizhzhia National University. Yu.M. Potebna Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2022.

The work described the systems of intrareactor control of nuclear power plants, which are used in the world and in Ukraine. The latest VRK systems were analyzed and the stages of their modernization were studied. The modernized software and technical complex of the lower level of SVRK-M is described.

Keywords: IRCS, NPP, REACTOR INSTALLATION, IRCS-M,
WWPR-1000, S&H Complex of LL

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	8
Вступ	10
1. Опис систем внутрішньореакторного контролю	13
1.1 Важливість систем внутрішньореакторного контролю	13
1.2 Етапи розвитку систем внутрішньореакторного контролю	14
1.2.1 Системи ВРК першого покоління	14
1.2.2 Системи ВРК другого покоління	15
1.2.3 Системи ВРК третього покоління	16
1.3 Основні та допоміжні функції СВРК	17
1.4 Інформаційно-вимірювальна апаратура та обчислювальний комплекс СВРК	18
1.5 Технічні характеристики Систем ВРК	20
1.5.1 Точність вимірювання системи ВРК	20
1.5.2 Швидкодія системи ВРК	20
1.5.3 Надійність системи ВРК	21
1.5.4 Ремонтоспроможність системи ВРК	22
1.6 Обладнання Систем ВРК	22
1.6.1 Внутрішньореакторні перетворювачі параметрів	22
1.6.2 Перетворювачі параметрів основного обладнання	23
1.6.3 Лінії зв'язку та кабелі	24
1.6.4 Пристрої компенсації температури холодних спаїв термопар	24
1.6.5 Електронна апаратура системи ВРК	25
1.6.6 Математичне та програмне забезпечення системи ВРК	25
1.6.7 Математичне забезпечення апаратури системи ВРК	26
1.6.8 Програмне забезпечення апаратури системи ВРК	27
1.7 Постановка задачі дослідження	28
2. Новітні системи ВРК	30
2.1 Опис СВРК-М	30

2.2 Функції СВРК-М	31
2.3 Функції ПЗ СВРК-М	31
2.4 Склад обладнання СВРК-М	32
2.5 Переваги системи	33
2.6 Висновки	33
3. Попередній досвід модернізації систем ВРК	35
3.1 Заміна апаратури СВРК "ГІНДУКУШ"	35
3.2 Створення серійної СВРК-М	36
3.3 Модернізація ВК СВРК	38
3.4 Висновки	43
4. Модернізація ПТК НР СВРК-М	44
4.1 Призначення, характеристика та опис ПТК НР СВРК-М	44
4.2 Призначення та функції модернізованої ПТК НР СВРК-М	46
4.3 Склад ліній зв'язку та підключення зовнішніх ПВП	49
4.4 Опис роботи апаратури ПТК НР СВРК-М	60
4.4.1 Склад та робота МСКУ	62
4.4.2 Організація магістралі єдиного часу	67
4.4.3 Організація контролю температури перегріву теплоносія	69
4.4.4 Організація видачі сигналу ЗЗ-ІІ	69
4.5 Введення у роботу ПТК НР СВРК-М	71
4.6 Режим роботи ПТК НР СВРК-М	72
4.7 Ремонт ПТК НР СВРК-М	78
4.8 Обмеження з експлуатації ПТК НР СВРК-М	84
4.9 Можливі несправності та способи їх усунення	84
4.10 Висновки	94
Висновки	96
Список використаних джерел	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АЕС – Атомна електростанція
АЗ – Активна зона
АКНП – Апаратура контролю нейтронного потоку
АСК – Автоматизовані системи керування
АЦП – Аналого-цифровий перетворювач
БВН – Блок вентиляторів
БДПЗ – Блок детекторів прямої зарядки
БЗО – Блоки зв'язку з об'єктом
БЗТ – Блок захисних труб
БШК – Блок шумових каналів
БЩУ – Блочний щит управління
ВВЕР – Водо-водяний енергетичний реактор
ВК – Вимірювальний канал
ВР – Верхній рівень
ГЦК – Головний циркуляційний контур
ГЦН – Головний циркуляційний насос
ДПЗ – Детектор прямого заряду
ЕВ – Енерговиділення
ЕОМ – Електронна обчислювальна машина
ЗЗ-ІІ – Запобіжний захист другого роду
ЗІП – Запасні інструменти та приладдя
ЗМПЗ – Зовнішньо математичне та програмне забезпечення
ІВА – Інформаційно-вимірювальний апарат
ІВК – Інформаційно-вимірювальний комплекс
ККЗО – Концентратор комплексу зв'язку з об'єктом
КНВ – Канал нейтронний вимірювальний
КНС – Коефіцієнт нелінійних спотворень
МАПМ – Модульна асинхронна мережа, що перебудовується

МПЗ – Математичне та програмне забезпечення
МСКУ – Мікропроцесорний субкомплекс контролю та управління
ОК – Обчислювальний комплекс
ОП – Оперативна пам'ять
ОС – Операційна система
ПВТ – Підігрівач високого тиску
ПВП – Первинний вимірювальний перетворювач
ПГ – Парогенератор
ПЗУ – Постійний запам'ятовуючий пристрій
ПТК НР – Програмно-технічний комплекс нижнього рівня
РМОТ – Робоче місце оператора-технолога
РУ – Реакторна установка
СВРК – Система внутрішньореакторного контролю
СВРК-М – Система внутрішньореакторного контролю модернізована
СЧІ – Станція чергового інженера
СДК – Сервер даних та комунікацій
СУЗ – Система управління та захисту реактора
ТАВ – Теплова автоматика та вимірювання
ТВЗ – Тепловидільна збірка
ТО – Термоперетворювач опору
ТП – Термоелектричний перетворювач (термопара)
ТОП – Термоперетворювач опору платиновий
КОС – Керуюча обчислювальна система
ЯПВУ – Ядерна паровиробнича установка

ВСТУП

Актуальність теми. Основним режимом роботи АЕС є режим нормальної експлуатації, при якому керування основними агрегатами енергоблоку здійснюється системою автоматичного регулювання, що забезпечує підтримання значень основних технологічних параметрів у регламентних межах. Функції оператора в цьому режимі здебільшого обмежуються спостереженням за роботою обладнання та внесенням необхідних коректив у роботу автоматики та окремих агрегатів.

Специфіка технологічного процесу на атомній електростанції полягає у необхідності координованої роботи десятків основних допоміжних агрегатів та систем. Обмежена доступність багатьох приміщень енергоблоку, велика одинична потужність агрегатів та висока динаміка процесів потребує високого ступеня автоматизації. Застосування автоматизованої системи управління технологічними процесами дозволяє відносно невеликій кількості обслуговуючого персоналу здійснювати оптимальне управління об'єктом.

АСУ ТП включає до свого складу розгалужену систему пристроїв контролю, здатних попередити про можливість аварійних ситуацій задовго до їх виникнення, автоматичні пристрої включення резервного обладнання, пристрої зниження потужності до безпечного рівня при несправності у технологічному обладнанні, а також пристрої, що забезпечують «м'який» перебіг режимів аварій, зупинки енергоблоку. Завдяки наявності перерахованих вище систем є можливість зберігати в роботі або в стані готовності до негайного пуску багато систем і агрегатів.

Високий рівень автоматизації процесів на АЕС призводить до:

- зменшення ймовірності аварійних зупинок енергоблоку;
- можливості збереження часткової потужності енергоблоку у разі виникнення аварій в основному технологічному обладнанні;

- прискорення набору повного навантаження після аварійної зупинки або зниження потужності.

У перші роки розвитку ядерної енергетики предметами автоматизації були:

- контроль та реєстрація основних параметрів технологічного процесу;
- автономне регулювання окремих параметрів;
- попереджувальна сигналізація та аварійний захист у разі виникнення аварійно-небезпечних умов.

Автоматичні пристрої були слабо пов'язані між собою і мали обмежені обчислювальні можливості. Внаслідок цього основний тягар з обробки інформації покладался на оперативний персонал.

У зв'язку зі зростанням одиничних потужностей енергоблоків зростає і відповідальність за прийняті рішення, оскільки помилки загрожують великими економічними втратами.

Мета і задачі роботи. Ціллю даної роботи є підвищення якісних показників технологічного процесу, розробку та впровадження на енергоблоках АЕС комплексних автоматизованих систем контролю та управління ядерного реактора та турбіни з перспективою переходу до системи контролю та управління енергоблоком загалом, побудованої на базі високонадійних уніфікованих обчислювально-керуючих мікропроцесорних систем.

Об'єктом дослідження є ядерний реактор, специфіка якого обумовлена наступними факторами:

- широкий діапазон зміни щільності нейтронного потоку в активній зоні за різних режимів його роботи;
- близькі до критичних значень теплотехнічних параметрів теплоносія першого контуру;
- запас ядерного палива, необхідний для роботи протягом кампанії, постійно розташовується в активній зоні;

–продукти розпаду ядерного палива не виводяться з активної зони, що викликає необхідність враховувати їх наявність при управлінні реакторною установкою.

Предметом дослідження є система внутрішньореакторного контролю.

Методи дослідження. При створенні математичних моделей використовувався балансовий метод, методи математичної статистики, моделювання, числові методи вирішення систем балансових та диференціальних рівнянь. Перевірка основних теоретичних положень виконана з використанням математичного моделювання та результатів експериментальних досліджень. Застосовується оперативний вимір та управління енерговиділенням з використанням коефіцієнтів нерівномірності енерговиділення за обсягом активної зони, що обчислюються системою внутрішньореакторного контролю.

Практичне значення одержаних результатів. Модернізована система внутрішньореакторного контролю, яка призначена для забезпечення безпечної та економічної експлуатації реактора в енергетичному діапазоні шляхом збору, обробки та подання інформації оператору про стан активної зони та першого контуру.

1 ОПИС СИСТЕМ ВНУТРІШНЬОРЕАКТОРНОГО КОНТРОЛЮ

1.1 Важливість систем внутрішньореакторного контролю

Розвиток систем внутрішньореакторного контролю пов'язаний зі зростанням вимог надійного контролювання розподілу енерговиділення активної зони. Також дана вимога визначалася збільшенням питомих навантажень та геометричних розмірів активних зон для підвищення одиничної потужності реакторів та зростання їх конкурентоспроможності у секторі промислового виробництва електричної енергії. Зростання питомих навантажень змушує до мінімуму скорочувати запаси між поточними та максимально допустимими значеннями основних параметрів, що характеризують теплотехнічну надійність АЕС. При цьому для реакторів з водяним теплоносієм (наприклад, ВВЕР) завжди існує загроза виникнення кризових явищ у процесі знімання.

Системи внутрішньореакторного контролю є підсистемою АСУ ТП АЕС. СВРК є автоматизованою системою, призначеною для тривалої безперервної роботи в оперативному контурі автоматизованого контролю та керування енергоблоком. Основне завдання СВРК є повний контроль активної зони реактора.

Зазначений контроль досягається шляхом розрахункового відновлення полів енерговиділення та температури у всьому обсязі АЗ за показаннями внутрішньореакторних перетворювачів температури та нейтронного потоку (енерговиділення), розташованих в окремих точках активної зони реактора. Система реалізує тривимірну томографію активної зони у реальному часі протікання технологічного процесу. До того ж, СВРК визначає та контролює основні теплотехнічні та енергетичні характеристики першого контуру та ряд характеристик другого контуру.

Система ВРК забезпечує контроль енерговиділення в АЗ під час роботи реактора лише на рівні потужності від 10 до 110 % номінального значення. СВРК є повнофункціональною системою, яка самостійно реалізує операції збору та обробки інформації, її контролю та аналізу, реєстрації та надання на блоковий щит управління. Водночас, будучи однією із систем контролю та керування енергоблоком, вона підтримує інформаційний обмін із суміжними підсистемами та може передавати дані в громадську мережу для їх використання у неоперативному режимі.

1.2 Етапи розвитку систем внутрішньореакторного контролю

1.2.1 Системи ВРК першого покоління

Неодмінною умовою безпеки експлуатації для перших промислових реакторів вважалося оснащення всіх ТВЗ засобами визначення потужності. СВРК першого покоління – це лише прототипи сучасних систем ВРК, які представляли собою прямі теплотехнічні вимірювання для визначення потужностей та відносних потужностей ТВЗ без широкого використання спеціальної вимірювальної та обчислювальної апаратури для автоматизації та оперативності контролю.

Дані системи мали багато недоліків: інерційність, обмеженість діапазону вимірювання, відсутність можливості контролю об'ємного розподілу енерговиділення в активній зоні. Останній недолік почав частково компенсуватися застосуванням збірок ДПЗ у кількох ТВЗ та періодичними спеціальними вимірами енерговиділення за допомогою активаційних детекторів. Так, наприкінці 60-х — на початку 70-х років ХХ століття для перших ВВЕР-440 була розроблена активаційна система контролю розподілу нейтронного потоку по висоті та радіусу активної зони. У цій системі контроль здійснювався шляхом активації у вертикальних каналах сталевого дроту, які містять марганець при безперервному контролі щільності потоку нейтронів у

кожному з цих каналів за допомогою ДПЗ. Загальна кількість каналів контролю дорівнює 12. Після цього, у внутрішньореакторному контролі нейтронного потоку в реакторах типу ВВЕР відбувалося застосування тільки збірок ДПЗ з емітерами з різних матеріалів. Наприклад, перші проекти використовували ДПЗ-1М з родієвим емітером і ДПЗ-4п з ванадієвим емітером для ВВЕР-440. Число родієвих ДПЗ - від 4 до 7 (за висотою), число ванадієвих ДПЗ - від 1 до 2. Усього в реакторі встановлювалося 12 збірок описаного типу. Апаратурою СПН2-01 фіксувалися всі сигнали від ДПЗ та від термопар, розміщених в АЗ.

1.2.2 Системи ВРК другого покоління

З кінця 70-х років ХХ ст почали включати повноцінні СВРК, тобто автономно керовані спеціалізовані комплекси програмно-технічних засобів різних модифікацій, до проектів серійних енергоблоків (В-213) з реакторами ВВЕР-440 та в перші проекти ВВЕР-1000 (В-187, В-302, В-338). У цей час розробниками була створена уніфікована електронна апаратура СВРК-01. Шляхом додавання нових або заміни старих пристроїв ця апаратура дозволяла міняти технічні характеристики та програми без зміни структури системи загалом. До того ж, дана апаратура забезпечувала можливість роботи системи в автономному режимі, тобто без зовнішньої ЕОМ, але це частково обмежувало функціональні можливості системи.

Для обчислювального комплексу СВРК була використана ЕОМ типу СМ-2М, що забезпечує повне відновлення поля енерговиділення в обсязі активної зони та розширює інші функціональні можливості. Вибір типу зовнішньої ЕОМ для СВРК визначався орієнтацією на технічні засоби лінії СМ-2, прийнятих для блокових інформаційно-обчислювальних комплексів усіх АЕС із ВВЕР-1000. Діяльність обчислювального комплексу системи ВРК забезпечувалася зовнішнім математичним ПЗ, яке для серійних ВВЕР-1000

отримало назву «Хортиця» (за назвою острова на Дніпрі). Програмне забезпечення для ВВЕР-440 отримало назву «Капрі» (за назвою острова в Тірренському морі). Наразі на багатьох енергоблоках функціонують дані системи через низку причин: модернізація СВРК, вироблення ресурсу технічними засобами, введення в експлуатацію нових сортів палива, зміна регламенту.

1.2.3 Системи ВРК третього покоління

Системи ВРК третього покоління – це сучасні системи, які увібрали найкращі характеристики попередніх СВРК. Вони побудовані на базі останніх досягнень у сфері програмно-технічних засобів та інформаційних технологій. Дані системи використовуються на діючих енергоблоках із ВВЕР-440 і з ВВЕР-1000 під час проведення заходів щодо модернізації обладнання через те, що потрібне продовження ресурсів та/або підвищення встановленої номінальної потужності реактора. Отже, СВРК цього покоління увійшли до нових проектів енергоблоків з ВВЕР-1000 підвищеної безпеки (В-428, В-446, В-412) та для проектів з реакторами ВВЕР-1200. Загальними характеристиками всіх СВРК нового покоління є: суттєве розширення кількості аналізованої цифрової та аналогової інформації завдяки підключенню великого обсягу нових каналів контролю та обміну інформації з іншими блочними системами та підсистема контролю та управління для забезпечення комплексного аналізу поточного стану та прогнозування розвитку процесів в активній зоні реактора та РУ; вдосконалення швидкодії за рахунок застосування більш досконалих функціональних блоків обробки сигналів та спеціального програмного забезпечення для усунення ефектів запізнення підвищення точності за допомогою використання як первинних перетворювачів, так і вимірювальної апаратури більш високого класу точності, а також удосконалених алгоритмів обробки; покращення надійності

шляхом виконання апаратури відповідно до вимог, що пред'являються до систем захисту, застосування надійних операційних систем та запровадження розвинених процедур самодіагностики; розширення функціональних можливостей, включаючи захисні та керуючі функції; більш досконалі системи архівації та подання оперативної інформації на пристроях відображення інформації; інтеграція СВРК до загальноблочних АСУ ТП.

1.3 Основні та допоміжні функції СВРК

Основними користувачами аналізованих систем є оперативний персонал. Отож, основні функції СВРК зводяться до наступних:

а) вимірювання, збір та обробка інформації про контрольовані параметри АЗ першого (та частково другого) контуру;

б) розрахунок та надання оперативному персоналу інформації про розподіл за обсягом АЗ наступних параметрів:

- 1) потоку нейтронів;
- 2) теплової потужності, у тому числі паливних касет;
- 3) температури палива та теплоносія, і там, де немає термоелектричних перетворювачів;
- 4) запасу до кризи теплообміну під час кипіння;
- 5) вигорання палива у кожній касеті;
- 6) енерговиділення;
- 7) накопичення шлаків;
- 8) коефіцієнт запасу реактивності;
- 9) стан АЗ реакторної установки загалом;
- 10) витрати теплоносія;
- 11) загального енерговироблення;

в) видача сигналів у підсистему автоматичного керування та регулювання для автоматичного керування розподілом енерговиділення в АЗ;

г) видача сигналів у підсистему технологічної сигналізації про відхилення контрольованих параметрів, видача сигналів на монітори;

г) подання інформації про поточний стан контрольованих частин реакторної установки та ступінь деградації;

д) архівація даних;

е) прийом та обробка інформації від СУЗ, автоматичної системи контролю нейтронного потоку.

Окрім основних функцій СВРК виконує деякі допоміжні функції:

а) прогнозування режимів експлуатації АЗ;

б) порівняння розрахункових та вимірних параметрів;

в) введення даних для навантаження АЗ;

г) розрахунок поправок до показань перетворювачів температури;

г) контроль відповідності підключення внутрішньореакторних перетворювачів проекту;

д) контроль стану сигналізації про відмову технічних пристроїв.

1.4 Інформаційно-вимірювальна апаратура та обчислювальний комплекс СВРК

Електричні сигнали перетворювачів первинних фізичних параметрів (температура, витрата, тиск, рівень, щільність нейтронного потоку) надходять лініями зв'язку в інформаційно-вимірювальну апаратуру і обчислювальний комплекс. В ІВА проводиться вимір, попередня обробка та виведення інформації оператору, а в ОК здійснюється розрахунок теплотехнічних та ядерно-фізичних параметрів, які характеризують роботу активної зони та реактора, також виведення результатів розрахунку оператору. Робота інформаційно-вимірювальної апаратури здійснюється за алгоритмами та програмами, які в сукупності утворюють МПЗ системи.

Інформаційно-вимірювальна апаратура СВРК складається з двох однакових комплектів апаратури, що складаються з пристрою відображення інформації (дисплей) з телевізійним монітором та клавіатурою. Зазначене обладнання розміщується у приміщенні блочного щита управління. Обидва комплекти пов'язані між собою, що забезпечує високу надійність контролю найважливіших параметрів реактора за допомогою дублювання.

Обчислювальний комплекс включає дві електронно-обчислювальні машини, кожна з них пов'язана з обома комплектами апаратури основним і резервним каналами зв'язку. Резервування зв'язків підвищує надійність роботи системи при різних комбінаціях відмови ЕОМ та апаратури. Обробка інформації, що отримується від апаратури, здійснюється обома електронно-обчислюваними машинами за основним каналом зв'язку у нормальному режимі роботи. При відмові одного з комплектів, інформація в ЕОМ надходить резервним каналом від іншого комплекту апаратури. Також, можливий режим роботи, коли одна з машин здійснює оперативну обробку інформації, а інша проводить неоперативні розрахунки.

СВРК має зв'язок з керуючою обчислювальною системою АЕС, що надає можливість здійснювати взаємний обмін необхідною інформацією. Також, система ВРК приймає сигнали позареакторних перетворювачів першого та другого циркуляційних контурів. Дана інформація дозволяє виконувати розрахунки узагальнених параметрів, які визначають стан активної зони, а ще найважливіших параметрів, які характеризують роботу реакторної установки в цілому (загальна теплова потужність, витрата теплоносія в зоні та петлях тощо).

Таким чином, за обсягом контролю та розрахунків СВРК фактично виконує функції системи контролю реакторної установки. Отже, можна зробити висновок, що попри те, що СВРК - це інформаційна система, роль, яку вона відіграє є дуже вагомою.

1.5 Технічні характеристики Систем ВРК

1.5.1 Точність вимірювання системи ВРК

СВРК вимірює відносне розподілення енерговиділення за допомогою ДПЗ з похибкою не більше 2%, температуру за допомогою термопар з похибкою не більше 1,5°C або за допомогою термоперетворювачів опору – не більше 0,5°C, вимірювання сигналів датчиків загальних вимірів – не більше 0,25%. За допомогою технічних та організаційних засобів забезпечуються ці високі метрологічні показники. До них можна віднести розробку та застосування більш досконалих терморадіаційностійких кабелів, пристроїв для компенсації температури холодних спаїв термопар, спеціально розроблених роз'ємів із золоченими контактами, застосування гальванічної розв'язки вимірювальних ланцюгів тощо.

Попри високий рівень промислових перешкод це дозволило забезпечити вимірювання малих сигналів термопар і термоперетворювачів опору з похибкою трохи більше 0,25%. Підвищення метрологічних характеристик досягнуто завдяки таким програмними методами, як фільтрація великих відхилень виміряних сигналів та калібрування системи термоконтролю. Також регулярно проводиться метрологічна перевірка компонентів системи у процесі експлуатації системи. Перевірка електронної апаратури АЦП низького рівня проводиться кожен рік метрологічною службою АЕС так само, як і повіряється термоопір циркуляційних петель.

1.5.2 Швидкодія системи ВРК

Швидкодія системи частково характеризується часом поновлення інформації на екранах дисплей, вона не перевищує 2 секунди. Період опитування нормованих та дискретних сигналів не перевищує 0,2 секунди. Період розрахунку змінних станів активної зони не перевищує 2 секунди.

Зміна відеокадра на запит оператора не може виконуватися більше ніж за 2 секунди.

При цьому інерційність первинних перетворювачів параметрів установки може значно перевищувати ці величини. Вона становить кілька хвилин для термоелектричних перетворювачів та термоопорів, а також для датчиків прямої зарядки.

1.5.3 Надійність системи ВРК

Завдяки технічним засобам та організаційним заходам забезпечується надійність системи. Число внутрішньозонних перетворювачів вибирається, виходячи з необхідності забезпечення виявлення аномалій у стані активної зони. Допускається відмова значної частини перетворювачів в тому випадку, якщо поточний стан активної зони відомий. Надійність вимірювань температури компенсації у компенсаційному пристрої холодних спаїв термопар забезпечується дворазовим резервуванням термоопору.

Електронне обладнання та ЕОМ – найменш надійний елемент СВРК. Для підвищення надійності цієї частини використовуються: структурна надмірність, яка полягає в тому, що у разі відмови ЕОМ інформаційно-вимірювальна апаратура автоматично переходить до автономного режиму роботи; при цьому апаратура продовжує працювати під управлінням власного процесора і виводить оператору необхідну інформацію, розраховану за спрощеними алгоритмами, але достатню для того, щоб реактор міг працювати принаймні на дещо зниженому рівні потужності, цей режим зручний під час пусконаладжувальних робіт, коли ЕОМ ще не працює або не повністю налагоджена; апаратурна надмірність на рівні блоків, комплектів апаратури та ЕОМ, СВРК має у своєму розпорядженні два комплекти інформаційно-вимірювальної апаратури, дві ЕОМ.

1.5.4 Ремонтоспроможність системи ВРК

Для того, щоб швидко знаходити несправність в електронній апаратурі використовуються засоби самоконтролю та автоматичного пошуку несправності блоків, а також за допомогою тестових випробувань, які проводяться кожні 10 хвилин. Автоматично або вручну на запит оператора контролюється електроопір ізоляції ДПЗ.

1.6 Обладнання Систем ВРК

1.6.1 Внутрішньореакторні перетворювачі параметрів

Внутрішньореакторні перетворювачі параметрів мають функції вимірювання енерговиділення та вимірювання температури. Для вимірювання енерговиділення за обсягом активної зони використовуються датчики прямого заряджання з родієвим емітером. Їхні переваги – малі габарити, відсутність джерела живлення, простота конструкції, хороша відтворюваність, невисока вартість. Їхні недоліки - малий сигнал (одиниці мікроампер), велика постійна часу (близько 1 хв.), сильна залежність чутливості від вигорання емітера та інших причин.

Результуюча середньоквадратична похибка визначення лінійного енерговиділення – близько 5%. Періодична перевірка метрологічних характеристик ДПЗ не проводиться. Існує розрахунковий метод перевірки похибки датчику прямого заряду, який використовує надмірність ДПЗ активної зони.

Для вимірювання температури використовуються два типи перетворювачів температури: термоелектричний та термоперетворювач опору. Термоелектричні перетворювачі використовуються для вимірювань в активній зоні, вони менш точні, але значно стабільніші в умовах опромінення і більш надійні, ніж термоперетворювачі опору. Зазвичай використовуються термоелектричні перетворювачі градування хромель-алюмель. Інші типи

градування нестійкі при опроміненні, наприклад, платинові та вольфрам-ренієві, або мають недостатньо стабільні характеристики такі, як хромель-копель.

Поза активною зоною для вимірювання температури використовуються платинові термоперетворювачі опору. Також вони застосовуються у пристроях для компенсації температури холодних спаїв термоелектричних перетворювачів, вимірювання температури теплоносія в циркуляційних контурах та для калібрування всіх термоелектричних перетворювачів першого контуру.

1.6.2 Перетворювачі параметрів основного обладнання

До складу СВРК, окрім згаданих вище перетворювачів температури і нейтронного потоку, входять перетворювачі тиску теплоносія в першому і другому контурах, перепаду тиску на головних циркуляційних насосах, рівень теплоносія в парогенераторі, витрати у другому контурі, сигнали датчиків СУЗ: положення органів регулювання, рівень і період потужності за сигналами позакорпусних іонізаційних камер.

Для вимірювання тиску, перепаду тиску, рівня теплоносія використовуються перетворювачі типу Сапфір різних діапазонів вимірювання. Необхідно зауважити, що безпосередньо витрата теплоносія у петлях першого контуру реактора ВВЕР не вимірюється. Це пов'язано з тим, що відсутні можливості розміщення в контурі реактора розроблених та стандартизованих витратомірів (змінного перепаду тиску), які відповідають вимогам стандарту на ці типи витратомірів. Інші типи витратомірів знаходяться поки у стадії розробки, наприклад, кореляційного типу по шумах активності ізотопу ^{16}N у першому контурі, по температурних шумах.

Сучасні реактори типу ВВЕР мають відмінності за кількістю та складом перетворювачів теплотехнічних параметрів. Вони утворюють систему внутрішньореакторних датчиків, які є вимірювальними каналами з різними

поєднаннями розташованих в них перетворювачів температури, енерговиділення та рівня. У такий спосіб, помітно розширюється оснащеність активної зони різними перетворювачами, підвищується якість діагностики стану активної зони та безпека експлуатації реактора.

1.6.3 Лінії зв'язку та кабелі

Спеціально для СВРК розроблений кабель передачі сигналів від ДПЗ, термоелектричних перетворювачів і термоперетворювачів опору. Він має підвищену термостійкість та радіаційну стійкість (до 105 рад). Вжито заходів щодо нерозповсюдження горіння, для чого зовнішня ізолююча оболонка покрита лудженим мідним обплетенням.

Однопарний кабель має мідну або хромель-алюмелеву, або хромель-капелеву пару проводів діаметром 0,7 мм. Проводи скручені та оточені двома ізольованими один від одного екранами. Це захищає кабель від впливу зовнішніх магнітних та електричних полів. Семипарний та дванадцятипарний кабелі мають усі мідні жили одну або кілька пар хромель-алюмель. Пари мають індивідуальні екрани, які поміщені у загальний екран ізольований від індивідуальних екранів. Загальний екран покритий ізолюючою оболонкою. Для під'єднання кабелю використовуються спеціальні з'єднувачі з латунними позолоченими контактами.

1.6.4 Пристрої компенсації температури холодних спаїв термопар

У зазначених пристроях реалізується метод компенсації, що ґрунтується на вимірюванні температури вільних кінців термопари за допомогою термоперетворювача опору. У пристроях забезпечується ізотермічне поле завдяки масивним теплопровідним пластинам, які теплоізольовані від зовнішнього середовища. Пристрої розташовуються на патрубках кришки реактора, завдяки чому довжина проводу від подовжувального перетворювача до пристрою компенсації мінімальна.

Пристрій здатний згладжувати зміни температури часу, а також має досить рівномірне температурне поле, різниця температур вільних кінців термопар не перевищує в найгіршому випадку $0,25^{\circ}\text{C}$. Температура всередині пристрою вимірюється двома платиновими термоопірами другого класу з індивідуальним градуванням.

Пристрої витримують температуру до 100°C у пароводяному середовищі, підвищений тиск, нейтронне та гамма-опромінення, зрошення водою з розчищеною борною кислотою.

1.6.5 Електронна апаратура системи ВРК

Електронна апаратура системи ВРК – автономно керована підсистема, яка виконує такі функції:

- збір інформації від аналогових та дискретних перетворювачів;
- посилення сигналу до нормованої величини;
- перетворення сигналів у цифровий код;
- запам'ятовування інформації, її арифметична та логічна обробка;
- надання алфавітно-цифрової та графічної інформації на електронно-променевому індикаторі;
- обмін інформацією з ЕОМ тощо.

Дана апаратура випускається у кількох модифікаціях, а для реакторів ВВЕР-440, ВВЕР-1000 є модернізований варіант.

1.6.6 Математичне та програмне забезпечення системи ВРК

Математичне та програмне забезпечення СВРК умовно поділяється на дві основні частини: МПЗ інформаційно-вимірювальної апаратури СВРК та МПЗ обчислювального комплексу СВРК.

МПЗ ІВА управляє роботою блоків та пристроїв апаратури, обробляє інформацію за заданими алгоритмами, виводить інформацію на зовнішні пристрої на запит оператора, обмінюється інформацією з ОК, між

комплектами апаратури, діагностує стан основних блоків та пристроїв апаратури.

МПЗ ОК здійснює обмін інформацією з обома комплектами апаратури, обробляє, реєструє та архівує інформацію за заданими алгоритмами, виводить інформацію на зовнішні пристрої ОК та на дисплей апаратури СВРК, обмінюється даними з керуючою обчислювальною системою.

1.6.7 Математичне забезпечення апаратури системи ВРК

Для забезпечення оператора необхідною інформацією в апаратурі СВРК реалізовано алгоритми попередньої обробки сигналів, що входять в апаратуру СВРК, включаючи опитування сигналів, їхню попередню обробку та згладжування, а також алгоритми розрахунку основних контрольованих параметрів та порівняння їх значень з режимними. Кількість параметрів, що визначаються в МПЗ апаратури, перевищує 40. Серед них потужність електрична визначається за параметрами 1-го і 2-го контурів, сигналами іонізаційних камер і ДПЗ, петлями, витратою теплоносія.

Математичне забезпечення ОК СВРК призначене для проведення розрахунку та надання оператору інформації про поточний стан активної зони.

МЗ ОК забезпечує такі функції, додаткові стосовно МЗ апаратури СВРК:

- підвищення достовірності та покращення метрологічних характеристик основних контрольованих параметрів;
- архівація оперативної інформації за час трохи більше доби;
- відновлення поля енерговиділення за обсягом активної зони та визначення основних характеристик найбільш напружених касет.

Архівована оперативна інформація може бути використана для аналізу причин виникнення та перебігу аварійних процесів, аналізу поведінки реакторної установки у нестационарних режимах роботи, комплексної перевірки СВРК, проведення експериментальних робіт з дослідження характеристик активної зони та реакторної установки.

МЗ кожного ОК забезпечує виконання таких задач:

- 1) прийом від апаратури СВРК масивів вхідних сигналів;
- 2) попередня обробка інформації:
 - a) відбраковування сигналів за ознакою виходу за допустимі межі;
 - b) розрахунок лінійних енерговиділень у місцях розміщення ДПЗ;
 - c) розрахунок температур та перепадів температур теплоносія на касетах та петлях за сигналами перетворювачів температури;
 - d) перетворення сигналів перетворювачів загальних вимірів у відповідні фізичні величини;
- 3) визначення основних параметрів:
 - a) теплової потужності реактора за значеннями параметрів 1 та 2 контурів та за показаннями ДПЗ, іонізаційних камер;
 - b) визначення теплової потужності всіх касет;
 - c) визначення енерговиділення за висотою всіх касет;
 - d) визначення параметрів 12 найбільш напружених касет, у тому числі запас до кризи теплообміну при кипінні, максимальний коефіцієнт нерівномірності енерговиділення в касеті та його місцезнаходження по висоті та ін;
- 4) порівняння контрольованих параметрів із допустимими уставками;
- 5) архівація оперативної інформації;
- 6) розрахунок та передача в апаратуру СВРК коефіцієнтів, необхідних для її функціонування;
- 7) виведення інформації на дисплеї та друкувальні пристрої, обмін інформацією з другим ВК та керуючою обчислювальною системою блоку.

1.6.8 Програмне забезпечення апаратури системи ВРК

Апаратура СВРК має три основні режими роботи: робочий, випробувальний, під керуванням ЕОМ. У робочому режимі апаратура працює під керуванням власного процесора. У загальному випадку вона забезпечує:

- збір, згладжування та відбраковування сигналів низького рівня;
- розрахунок основних параметрів реакторної установки;
- надання оператору вимірних значень у різному вигляді;
- передачу в ЕОМ вимірних значень сигналів;
- прийом з ЕОМ мінливих у процесі експлуатації установки констант, коефіцієнтів та уставок;
- контроль блоків та пристроїв апаратури тощо.

У випробувальному режимі апаратура працює під керуванням пакета випробувальних програм. Цей режим використовується для автоматизованого комплексного налаштування та проведення приймальних випробувань на заводі-виробнику, а також для перевірки працездатності апаратури при пусконаладжувальних та профілактичних роботах на майданчику АЕС.

Режим роботи під управлінням ЕОМ включається при відмові блоків групи управління (процесор, ПЗП, ОП, таймер).

1.7 Постановка задачі дослідження

Розвиток ядерної енергетики вимагає від всіх технічних систем підвищених надійності та безпечності роботи. Особливо це стосується систем внутрішньореакторного контролю у зв'язку із суттєвим збільшенням енерговиділення у активній зоні та питомих навантажень реакторів. Забезпечення виконання цих вимог приведе до підвищення конкурентоспроможності атомних реакторів у секторі промислового виробництва електричної енергії.

Зростання питомих навантажень ректора змушує до мінімуму скорочувати запаси між поточними та максимально допустимими значеннями основних параметрів, що характеризують теплотехнічну надійність АЕС. При цьому для реакторів з водяним теплоносієм (наприклад, ВВЕР) завжди існує загроза виникнення кризових явищ у процесі знімання.

Виходячи з вищесказаного, ціллю даної роботи є підвищення якісних показників технологічного процесу виробництва електроенергії та визначення оптимального поєднання навантаження реактора та показників надійності його роботи.

Для досягнення поставлених цілей сформовані такі задачі:

- проаналізувати сучасний стан систем внутрішньореакторного контролю;
- визначити основні функції апаратної та програмної частини системи внутрішньореакторного контролю;
- визначити можливість та шляхи модернізації системи внутрішньореакторного контролю;
- дослідити вплив структури структури та функцій системи внутрішньореакторного контролю на параметри функціонування атомного реактору.

2 НОВІТНІ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОРЕАКТОРНОГО КОНТРОЛЮ

2.1 Опис системи СВРК-М

Система внутрішньореакторного контролю СВРК-М забезпечує контроль нейтронно-фізичних та теплогідравлічних параметрів першого контуру реакторної установки, а також інформаційну підтримку оператора для оптимізації протікання технологічних процесів РУ. Періодичність оновлення інформації в оперативній базі даних СВРК-М становить 0,4 секунди, а періодичність поновлення значень на відеотерміналах БЩУ – 1 секунда.

Математичне та програмне забезпечення системи внутрішньореакторного контролю складається з комплексу алгоритмів та програм, реалізованих на програмно-технічних засобах ВР СВРК-М, що працюють спільно з програмно-технічними засобами ПТК НР СВРК-М.

ВР СВРК-М призначений для надання експлуатаційному персоналу АЕС інформації про поточний стан активної зони та деяких інших вузлів реакторної установки в реальному часі, а також реєстрації минулого та прогнозування очікуваного стану РУ.

2.2 Функції СВРК-М

Можна виділити основні функції СВРК-М:

- циклічний збір даних від внутрішньореакторних та загальнотехнологічних датчиків РУ;
- коригування інерційності сигналів датчиків прямого заряду;
- розрахунки нейтронно-фізичних та теплогідравлічних параметрів активної зони та першого контуру РУ;
- контроль поточних параметрів та формування сигналів про відхилення від меж технологічних уставок;

- відображення параметрів стану активної зони та РУ у формі відеограм, протоколів та графіків;
- ведення архіву вимірних та обчислених параметрів, а також дискретних подій та ознак відхилення від меж уставок;
- оперативна оцінка параметрів розподілу енерговиділення за висотою активної зони та порівняння їх із уставками, що залежать від ступеня вигорання палива;
- передача сигналу ПЗ-2 у систему управління та захисту при перевищенні меж уставок локального енерговиділення та/або запасу до кризи теплообміну;
- поточний безперервний прогноз розподілу енерговиділення;
- прогноз розподілу енерговиділення на запит оператора при заданих керуючих впливах;
- контроль якості оперативного відновлення поля енерговиділення.

2.3 Функції програмного забезпечення СВРК-М

Можна виділити наступні функції ПЗ СВРК-М:

- прийом та перетворення аналогових та дискретних сигналів від датчиків ВРК та теплогидравлічних параметрів РУ;
- первинна обробка значень вимірюваних аналогових сигналів (згладжування, усереднення, масштабування);
- контроль метрологічних характеристик електричних трактів вимірювальних каналів;
- контроль працездатності вимірювальних каналів (опір ізоляції, обриви ліній зв'язку, відбраковування вимірів при виході параметра за межі діапазону допустимих значень);

- введення поправок до значення вимірних параметрів, розрахунок значень температур, лінійних енерговиділень у місцях розташування ДПЗ, значень загальнотехнологічних параметрів;
- контроль та оперативна сигналізація відхилень від регламентних кордонів технологічних параметрів та показників стану технологічного обладнання;
- розрахунок теплової потужності РУ та інших теплофізичних величин (за показаннями ДПЗ, теплової потужності петель першого, другого контурів та по теплової потужності ПВТ);
- визначення середньозваженого значення теплової потужності активної зони РУ.

2.4 Склад обладнання СВРК-М

СВРК-М складається з наступних частин:

ІВК СВРК-М:

- первинних вимірювальних перетворювачів;
- допоміжних пристроїв та ліній зв'язку;
- ПТК НР СВРК-М.

ПТК ВР СВРК-М:

- ТС ВР СВРК-М на базі ПС5120 та ПС5140;
- спеціального програмного та інформаційного забезпечення на базі ОС

Implix-Linux.

Нижній рівень реалізовано на базі відмовостійких промислових контролерів МСКУ-4, а верхній рівень – з урахуванням промислових робочих станцій ПС5140 із застосуванням резервованих комутаторів Ethernet зв'язку з нижнім рівнем.

2.5 Переваги системи

Розглянувши СВРК-М можна зазначити ряд переваг таких, як:

- можливість контролю нейтронно-фізичних та теплогідравлічних параметрів активної зони у стаціонарних та перехідних режимах, у тому числі в режимах роботи енергоблоку на підвищеній потужності;
- можливість контролю активних зон з паливом ТВЗ-WR виробництва компанії Westinghouse, включаючи активні зони зі змішаними завантаженнями;
- інформаційна підтримка оператора для експлуатації АЕС у маневрових режимах;
- можливість запровадження нових паливних циклів;
- високий рівень апробації технічних рішень завдяки багаторічному досвіду експлуатації на енергоблоках АЕС.

2.6 Висновки

1. Внаслідок робіт з модернізації системи внутрішньореакторного контролю на енергоблоках українських АЕС було створено СВРК нового покоління.

2. СВРК-М забезпечує можливість контролю активної зони за її поточним станом з відповідним підвищенням економічності та безпеки експлуатації палива в активній зоні реактора, у тому числі: можливість роботи реактора у більш маневреному режимі; перехід до контролю стану активної зони за локальними параметрами, що визначають безпеку активної зони, включаючи максимальне лінійне навантаження на ТВЕЛ та запас до кризи теплообміну; можливість підвищення робочої потужності реактора; можливість запровадження нових паливних циклів. СВРК-М є багатофункціональною інтегрованою багаторівневою системою з

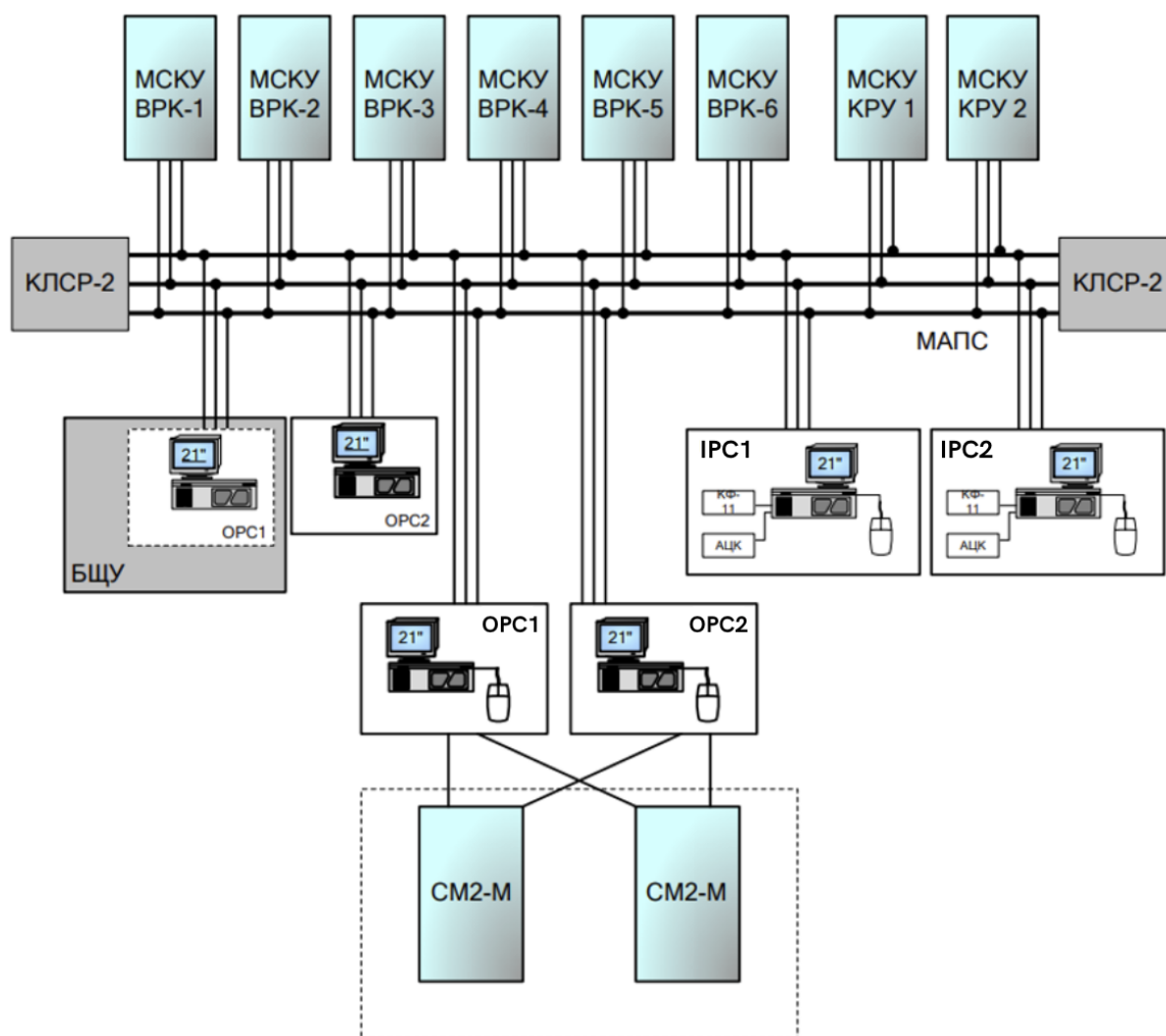
резервуванням найбільш важливих функцій, відкрито для подальшого розширення.

3. Представлена система здатна виконувати керуючі, захисні, інформаційні, діагностичні функції та забезпечити підвищення якості, надійності та безпеки експлуатації ядерного палива та енергоблоків АЕС.

3 ПОПЕРЕДНІЙ ДОСВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ВРК

3.1 Заміна апаратури СВРК "ГІНДУКУШ"

В якості першого етапу враховано роботи з модернізації існуючого СВРК актуальність заміни зношеного ресурсного обладнання СВРК-01-01(02) було реалізовано проект програмно-технічний комплекс нижчого рівня СВРК-М (рис.3.1).



КЛСР2 – контролер локальної мережі резервований; МСКУ-ВРК – вимірювальні комплекси внутрішньореакторного контролю; МСКУ КРУ – вимірювальні комплекси контролю загальнотехнічних параметрів РУ; ОРС – операторська робоча станція; ІРС – інженерна робоча станція; ОРС – обчислювальна робоча станція; МАПС – локальна обчислювальна мережа нижнього рівня (НУ)

Рисунок 3.1 – Структурна схема ПТК НУ СВК-М

Особливості ПТК НУ СВРК-М:

- розподілена система на базі мережевих технологій;
- застосування уніфікованих трійованих МСКУ ПС1001.90 та високопродуктивних робочих станцій ПС5101 у виконанні «для АЕС» з переважним застосуванням високонадійних комплектуючих закордонних виробників;
- резервування вимірювальних та обчислювальних каналів, мережевих зв'язків;
- підвищена точність і роздільна здатність вимірювань сигналів ДПЗ, ТП, ТЗ;
- реалізація автономного режиму розрахунку параметрів РУ з удосконаленими алгоритмами розрахунку теплогідравлічних параметрів;
- «м'яке» стикування з ЗМПЗ «Хортиця» без істотних змін у програмному забезпеченні із збереженням інформаційного протоколу обміну.

Процеси розробки, виготовлення та впровадження ПТК НУ СВРК-М виконувались відповідно до чинних нормативних документів з ядерної та радіаційної безпеки. Закладені у ПТК НУ СВРК-М схемо-технічні рішення пройшли всебічну апробацію у телеметричному режимі та у процесі дослідно-промислової експлуатації.

3.2 Створення серійної СВРК-М

Наступним етапом модернізації СВРК став проект створення повномасштабної сучасної системи внутрішньореакторного контролю. При цьому слід зазначити, що поряд із розробкою СВРК-М у проектах виконувалась розробка та постачання нової інформаційно-обчислювальної системи енергоблок.

При виборі проектних рішень для СВРК-М та ІТТ були прийняті такі технічні рішення:

- застосування єдиних для ІТТ та СВРК-М уніфікованих технічних засобів: комплексів МСКУ2, робочих станцій ПС5110, ПС5120, комплекту технічних засобів єдиного часу;
- використання у загальносистемному програмному забезпеченні єдиної операційної системи ОС Linux;
- дворівнева структура систем на основі локальних обчислювальних мереж, як локальна мережа нижнього рівня застосована дубльована мережа МАПМ на базі коаксіального кабелю РК-75, верхнього рівня – стандартна мережа Ethernet за протоколом TCP/IP на оптоволоконних лініях зв'язку.

Структурну схему повномасштабної СВРК-М наведено на рисунку 3.2.

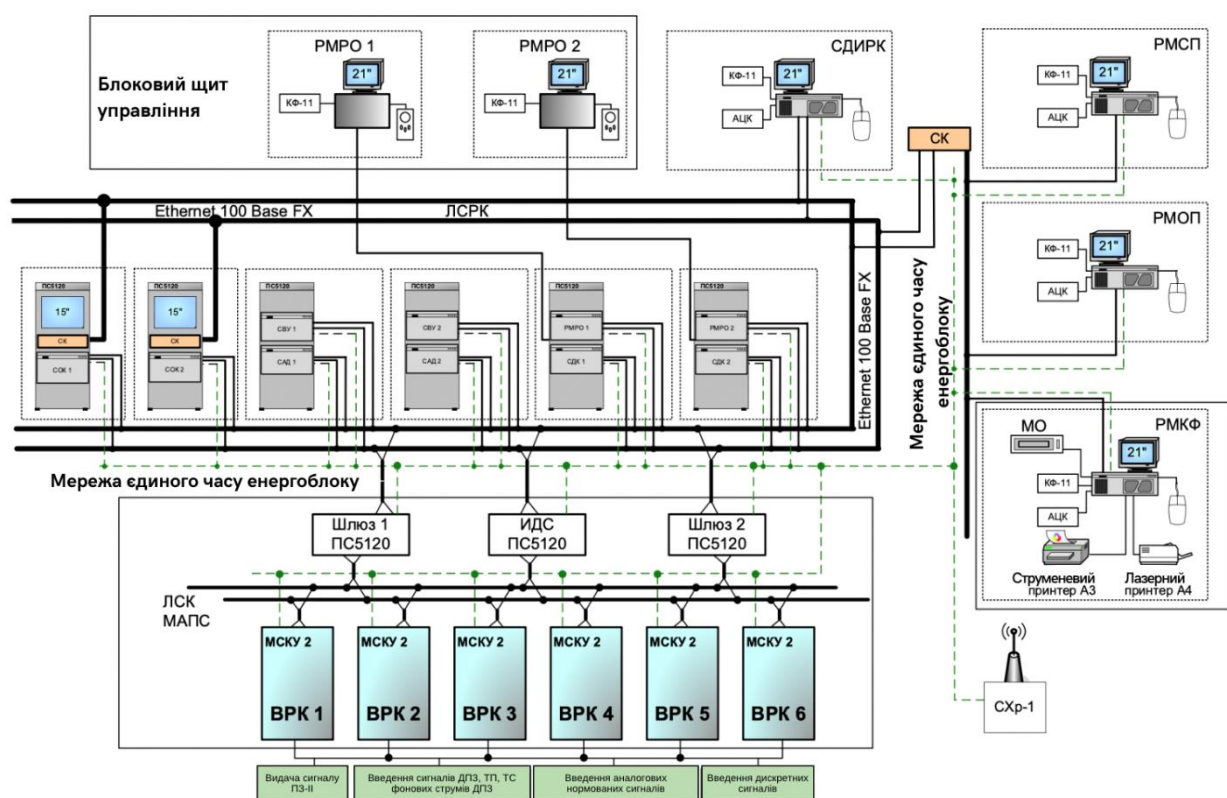


Рисунок 3.2 – Структурна схема повномасштабної СВРК-М

Розроблений проект серійної СВРК-М із МПЗ «Круїз» забезпечує:

- підвищення якості та ефективності режимів роботи реакторної установки шляхом покращення експлуатаційних параметрів СВРК за рахунок:

1) підвищення точності та швидкодії процесів контролю та діагностики стану активної зони та її динамічної поведінки на базі використання сучасних програмно-технічних засобів та методів розрахунку;

2) забезпечення можливості розрахунку нейтронно-фізичних характеристик палива різних видів та виробників при змішаних завантаження активних зон;

3) надання оперативному персоналу БЦУ достовірної та повної інформації про параметри ТВС та активну зону з можливістю подання інформації про поле енерговиділення в покасетному, пошаровому та погане уявлення;

4) покращення споживчих функцій та можливостей відображення нейтронно-фізичних та тепло-гідравлічних параметрів технологічного процесу;

5) забезпечення контролю активної зони та реалізації інформаційної підтримки оператора в нестационарних та перехідних режимах, у режимах придушення ксенонових коливань, при реалізації алгоритмів управління режими маневрування потужністю РУ;

б) реалізації прогнозних розрахунків поточного режиму для заданих керуючих впливів;

7) ефективних процедур архівування значень параметрів з можливістю оперативного доступу до інформації про роботу РУ протягом 1х (і більше) кампанії;

8) організації ефективних засобів адміністрування системи, включаючи віддалений доступ з боку обслуговуючого та супроводжуючого персоналу ВЯБ та ЦТАІ;

9) реалізації можливості видачі сигналів попереджувального захисту у систему СУЗ за локальними параметрами енерговиділення;

б) збільшення глибини вигорання палива, без порушення встановлених меж безпечної експлуатації за рахунок оптимізації полів енерговиділення;

в) приведення системи внутрішньореакторного контролю енергоблоку ВВЕР1000 у відповідність до вимог діючих в Україні норм і правил ядерної та радіаційної безпеки;

г) створення автоматизованого багаторічного архіву даних історії експлуатації активної зони;

г) можливість подальшого розширення функцій з діагностування основного технологічного обладнання РУ щодо контролю герметичності першого контуру та вібродинамічного стану (зміна його вібронавантажень), внутрішньореакторної шумової діагностики, а також виявлення у першому контурі вільних та слабо закріплених предметів та визначення залишкового ресурсу.

На підставі досвіду розробки та впровадження СВРК-М на АЕС було розроблено та затверджено ДП НАЕК «Концепція модернізації та супроводу експлуатації АЕС України», що базується на таких основних засадах:

- реалізація єдиної технічної політики модернізації СЗРК на базі серійної СВРК-М із МПЗ «Круїз» для всіх енергоблоків АЕС України;
- комплексне забезпечення розробки та супроводу експлуатації СВРК-М протягом усього життєвого циклу;
- науково-технічний супровід подальшого розширення функціональних можливостей у процесі експлуатації.

При цьому слід зазначити, що проект серійної СВРК-М дозволяє проводити як повну заміну діючих СЗРК, так і почергову заміну верхнього та нижнього рівнів із забезпеченням повної сумісності за електричними та інформаційними інтерфейсами зв'язку з діючим обладнанням.

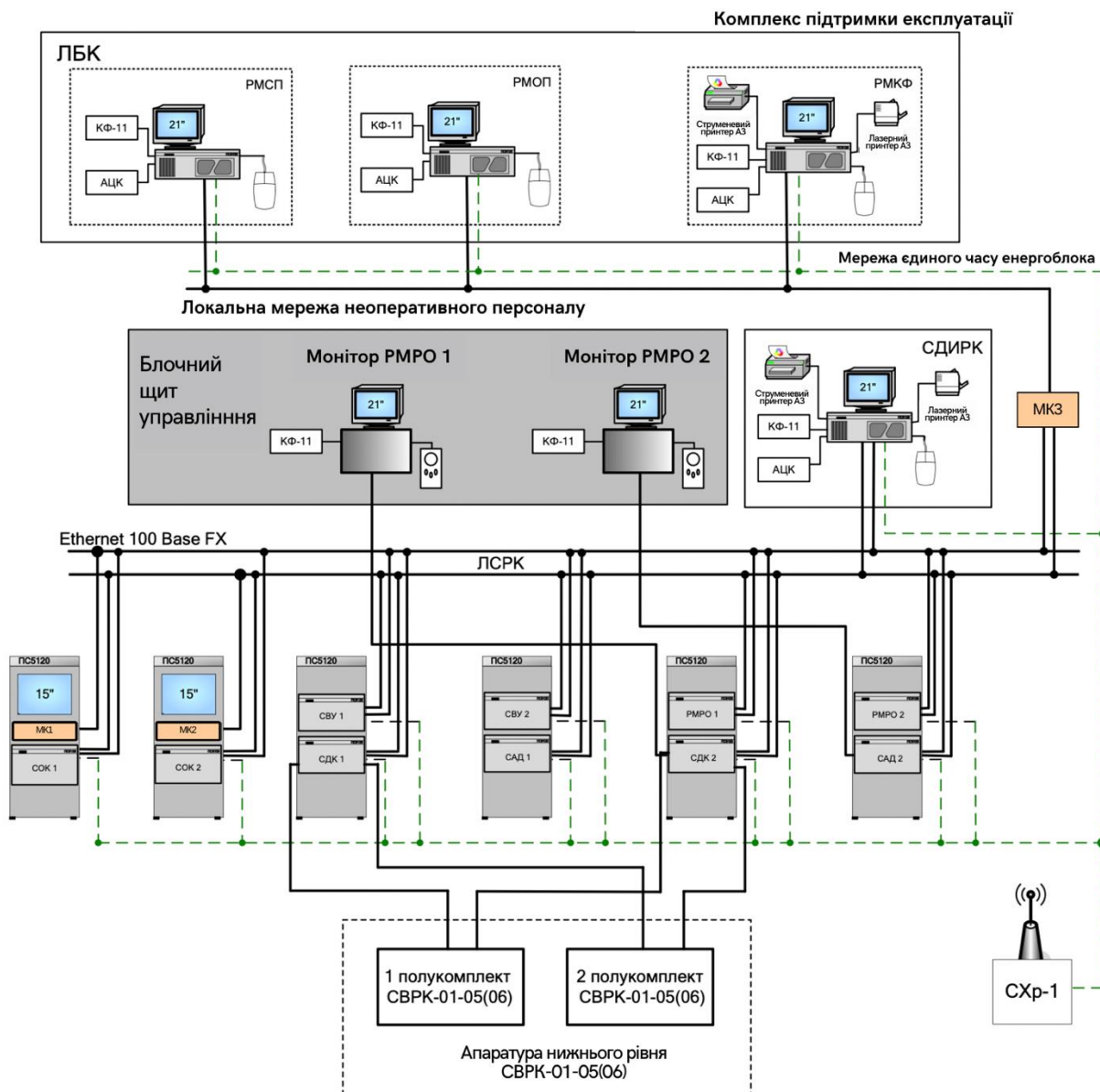
3.3 Модернізація ВК СВРК

У зв'язку з широким застосуванням на АЕС України змішаних паливних завантажень, що містять ТВС-М, ТВС-2, ТВСА, найбільш актуальною стає

завдання безпечної та економічної експлуатації АкЗ РУ. При цьому на багатьох енергоблоках АЕС України апаратура «Гіндукуш» має деякий запас щодо продовження ресурсу подальшої експлуатації, водночас для експлуатації змішаних паливних завантажень необхідна заміна ЗМПЗ "Хортиця".

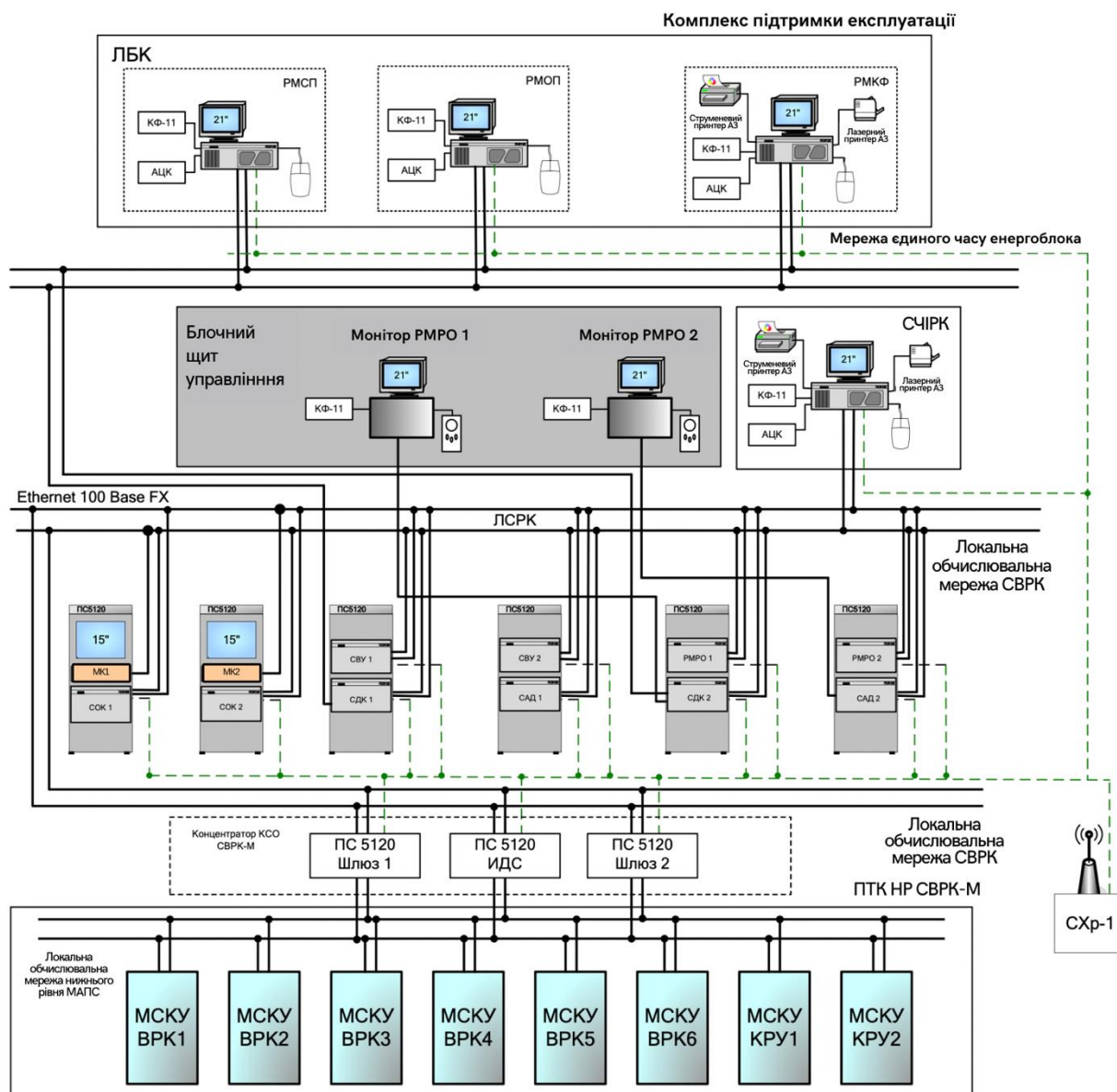
Для забезпечення безпечної та економічної експлуатації АкЗ РУ на даних енергоблоках проводиться часткова модернізація СВРК із заміною ВР СВРК на ВР СВРК-М із МПЗ «Круїз». При цьому в одному проекті модернізації СЗРК передбачено функціонування ВР СВРК-М спільно з апаратурою СВРК-01-05(06), а в іншому проекті СВРК-М поєднується функціонування ПТК НР СВРК-М з верхнім рівнем серійної СВРК-М. Структурні схеми ВР СВРК-М та СВРК-М наведено на рисунках 3.3, 3.4.

Особливістю обох проектів модернізації СВРК є відпрацювання в телеметричному режимі багатоплатформної версії МПЗ «Круїз» операційну систему Linux. Переклад МПЗ «Круїз» в ОС Linux здійснюється в рамках «Концепції модернізації та супроводу експлуатації СВРК-М АЕС України» з метою забезпечення довготривалої сумісності базового загальносистемного програмного забезпечення в ОС Linux з досить швидко оновлюваною номенклатурою технічних засобів робочих станцій ПС5120. Крім того, переклад МПЗ «Круїз» в ОС Linux спрощує супровід програмного забезпечення СВРК-М у процесі експлуатації як розробниками системи, так і експлуатуючим персоналом АЕС.



РМСП – робоче місце супроводжувача програміста; РМОП – робоче місце обслуговуючого персоналу; РМКФ – робоче місце контролюючого фізика; РМРВ – робоче місце оператора реакторного відділення; СДІРК – станція чергового інженера; СІК – сервер оперативного контролю; САД – сервер архівування даних; СВУ – сервер верхнього рівня; СДК – сервер даних та комутацій; МК – мережний комутатор

Рисунок 3.3 – Структурна схема ВР СВРК-М



РМСП – робоче місце супроводжуючого програміста; РМОП – робоче місце обслуговуючого персоналу; РМКФ – робоче місце контролюючого фізика; РМРВ – робоче місце оператора реакторного відділення; СЧІРК – станція чергового інженера; СОК – сервер оперативного контролю; САД – сервер архівування даних; СВР – сервер верхнього рівня; СДК – сервер даних та комутацій; МК – мережний комутатор

Рисунок 3.4 – Структурна схема СВРК-М енергоблока

3.4 Висновки

1. У проектах серійних енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000, розроблених у роки минулого століття, було закладено дворівневу систему внутрішньореакторного контролю з нижнім рівнем апаратури СВРК-01-01, СВРК-01-02, СВРК-01-05(06) («Гіндукуш») та верхнім рівнем на базі обчислювальних комплексів СМ-2М та зовнішнього математичного та програмного забезпечення «Хортиця». При цьому слід зазначити, що в проекті РУ спочатку була включена апаратура «Гіндукуш» з функціями автономного режиму розрахунку параметрів РУ і надалі після завершення розробки ЗМПЗ «Хортиця» СВРК була доповнена верхнім рівнем на базі обчислювальних комплексів СМ-2М.

2. Виявлено вузькі місця ЗМПЗ «Хортиця»:

- процедури адаптації вимагали складного та тривалого налаштування після кожного перевантаження палива;
- обмежені можливості використання змішаних завантажень активних зон при впровадженні нових видів та сортів палива;
- відсутність можливості обліку змін у конструкції та властивостях поглиначів органів регулювання.

3. Створено сучасну серійну СВРК-М, що дозволяє здійснювати поетапну реконструкцію діючих систем на базі уніфікованих схемотехнічних рішень, забезпечуючи при цьому безпечну та економну експлуатацію активних зон з урахуванням.

4 МОДЕРНІЗАЦІЯ ПТК НР СВРК-М

4.1 Призначення, характеристика та опис ПТК НР СВРК-М

ПТК є сукупністю засобів вимірювальної та обчислювальної техніки, програмного забезпечення для виконання функцій АСУ ТП. При використанні ПТК в управлінні виключається велика кількість приладів, які показують, та самопишучих приладів. ПТК збирає та обробляє інформацію про стан обладнання, видає оператору результати у вигляді попереджувальної та аварійної сигналізації. Оператор має можливість викликати на екран дисплея значення параметрів, що його цікавлять. При такому способі керування можна не встановлювати громіздкий щит керування і звільнити оператора від безперервного спостереження за багатьма технологічними параметрами. До складу однієї АСУ ТП можуть входити кілька ПТК, кожен з яких функціонує автономно, але має засоби взаємодії з іншими. ПТК АСУ ТП вирішує завдання створення системи нижнього рівня в рамках багаторівневої системи технологічного управління, що створюється в даний час, а також автоматизованої системи диспетчерського управління, забезпечуючи вищі рівні ієрархії значним обсягом технологічної інформації про стан і режими функціонування контрольованого та керованого обладнання підстанцій та прилеглих ділянок.

Найважливішим інструментом підвищення ефективності виробництва є модернізація АСУ ТП з урахуванням сучасних мікропроцесорних програмно-технічних комплексів. Реальний досвід експлуатації таких систем на об'єктах енергетики та низки галузей промисловості підтверджує кардинальне зниження наднормативних простоїв обладнання, запобігання аварійним ситуаціям з вини оперативного персоналу, підвищення ресурсу обладнання, пряму економію енергоресурсів. І це не повний перелік джерел зниження собівартості, що забезпечуються впровадженням сучасних АСУ ТП. За більш

високої функціональності та надійності вартість їх застосування практично зрівнялася з вартістю традиційної релейної автоматики, а витрати на обслуговування на етапі експлуатації нижчі.

Структура ПТК визначається засобами та характеристиками взаємозв'язку окремих компонентів комплексу (контролерів, пультів оператора, віддалених блоків виводу-введення-виведення), тобто його мережевими можливостями. Гнучкість і різноманітність можливих структур ПТК залежить від кількості наявних мережеских рівнів, можливих типів зв'язку кожному рівні мережі (шина, зірка, кільце), параметрів мережі кожного рівня: можливих типів кабелю, максимально можливих відстаней, максимальної кількості вузлів (компонентів комплексу), що підключаються до кожної мережі, швидкості передачі інформації при різних типах кабелю, метод доступу компонентів до мережі (випадковий за часом доставки повідомлень або гарантує час їх доставки).

Зазначені властивості ПТК характеризують: можливість розподілу апаратури у виробничих цехах; обсяг виробництва, який може бути охоплений системою автоматизації, реалізованою на даному ПТК; граничну динаміку передачі оперативної інформації через будь-яку з наявних мереж, можливість перенесення блоків введення-виведення безпосередньо до датчиків і виконавчих механізмів, що дозволяє суттєво заощадити витрати на кабель та зменшити перешкоди через передачу низьковольтних аналогових сигналів на великі відстані. Для компенсації аварійних ситуацій, що вимагають узгодженої в часі роботи низки контролерів, важливим є забезпечення необхідного часу передачі пріоритетних сигналів по мережі. Наявність інформаційної мережі передачі великих масивів інформації між пультами операторів і з-поміж них і сервером корпоративної мережі підприємства, і навіть характеристики цієї мережі (включаючи її протоколи) дозволяють будувати висновки про можливості зв'язків аналізованої системи автоматизації коїться з іншими вищими рівнями управління виробництва.

4.2 Призначення та функції модернізованої ПТК НР СВРК-М

ПТК НР СВРК-М входить в склад системи внутрішньореакторного контролю СВРК-М корпусного водо-водяного енергетичного реактора ВВЕР-1000 та призначений для забезпечення контролю безпечної та економічної експлуатації реактора на енергетичному рівні потужності шляхом збирання, обробки та передачі інформації у ВР СВРК-М.

ПТК НР СВРК-М виконує такі функції:

- прийом, вимірювання вхідних електричних сигналів від первинних перетворювачів та перетворення їх у цифровий код;
- первинну обробку виміряних сигналів;
- періодичний обмін даними з ВР СВРК-М;
- формування вихідних сигналів «Видача ЗЗ-ІІ роду»;
- введення та підтримка єдиного часу;
- формування сигналів контролю блоків і пристроїв апаратури в функціонуванні для діагностичних повідомлень на робочих станціях ВР СВРК-М.

Склад первинних вимірювальних перетворювачів СВРК наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Склад та призначення ПВП СВРК

Найменування ПВП	Призначення	Кіль- сть шт.	Діапазон вимірюваних величин
БДПЗ-Н-5.01-01	Вимірювання нейтронного випромінювання (енерговиділення)	62	від 0 мкА до 5 мкА від мінус 0,5 мкА до 0,5 мкА
БДПЗ-Р-5.01-25	Вимірювання нейтронного випромінювання (енерговиділення) та визначення	2	від 0 мкА до 5 мкА від мінус 0,5 мкА до 0,5 мкА

	рівня теплоносія в АкЗ реактора (12-37, 04-21)		
Термоелектричний перетворювач типу (К) ТХА-1590	Вимірювання температури теплоносія I контуру на виході з ТВС	95	від мінус 50 °С до 1260 °С (LOCA)
	Вимірювання температури загалом об'єм реактора під кришкою верхнього блоку	3	від мінус 50 °С до 1260 °С (LOCA)
	Вимірювання температури в «гарячих» та «холодних» нитках ГЦК	16	від мінус 50 °С до 1260 °С (LOCA)
Термоелектричний перетворювач типу (К) с двома ТП ТХА-1590	Вимірювання температури на корпусі реактора	1	від мінус 50 °С до 1260 °С (LOCA)
Термоперетворювач опору ТОП-1390 (НСХ 50П)	Вимірювання температури в «гарячих» та «холодних» нитках ГЦК	8	Від мінус 50 °С до 400 °С
	Вимірювання температури в II контурі	8	від мінус 50 °С до 400 °С
	Вимірювання температури на вході та виході теплообмінника проміжного контуру	3	від мінус 50 °С до 400 °С
Термометричний чутливий елемент опорів ЭЧП (НСХ 50П)	Вимірювання температури «холодних» кінців ТП в УТ-0186 та КС-545 по два у кожному пристрої	38	від мінус 50 °С до 150 °С

Окрім ПВП СВРК система ПТК НР СВРК-М приймає та обробляє сигнали від загальностанційних систем:

- джерел нормованих сигналів з діапазоном вимірювання від 0 до 5 мА – формувачі струму систем НУ, НЗ, НV, НW, НХ, НS, НQ;

- джерел сигналів від АКНП з діапазоном вимірювань від 0 до 6 В;

- джерел вхідних дискретних сигналів типу «сухий контакт»;

- потенційних дискретних сигналів від 0 В до 24 В.

ПТК НР СВРК видає дискретні сигнали ЗЗ-П типу «сухий контакт», які формуються у ВР СВРК-М в ПТК АЗ-ПЗ (12 шт.). Склад допоміжних пристроїв СВРК наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Склад та призначення допоміжних пристроїв

Найменування	Призначення	Кількість, шт.
Пристрій Термостатування ПТ-0186	Встановлено на патрубках ТК БЗТ для підключення та компенсації температури холодних кінців ТП. Усередині встановлено два ЕЧП	14
Коробка сполучна КС-545	Встановлена на нитках ГЦК 1 – 4 для підключення та компенсації температури холодних кінців ТП. Усередині встановлено два ЕЧП	4
	Встановлено в зоні корпусу реактора для підключення та компенсації температури холодних кінців ТП. Усередині встановлено два ЕЧП	1
Шлейф термоконтролю (ТК) ИТКЯ.685623.513 (-01, -02, -03, -04)	Для передачі електричних сигналів від роз'ємів пристроїв термостатування до вузла електричного з'єднання на бетонній шахті ДП-20	14
Шлейф енерговиділення (ЕВ) ИТКЯ.685623.510 (-01, -02, -03)	Для передачі електричних сигналів від роз'ємів БДПЗ до вузла електричного з'єднання на бетонній шахті ДП-20	62
Термостійка «вставка» ДТ-6-83-4	Для передачі електричних сигналів від роз'ємів БДПЗ-Р до джгутів ЕВ та ВП	2
Джгут енерговиділення (ЕВ) ДТ-7-88-2	Для передачі електричних сигналів від роз'ємів «вставки» до вузла електричного з'єднання на бетонній шахті ДП-20	2

4.3 Склад ліній зв'язку та підключення зовнішніх ПВП

Джерелом вхідної інформації про розподіл енерговиділення в АЗ є ДПЗ. Сім детекторів, що розташовуються на одній вертикалі, конструктивно об'єднані у КНД за допомогою герметичного чохла. Чохол та його ущільнення на кришці корпусу реактора розраховані на робочий тиск теплоносія першого контуру. КНВ встановлюється в центральну трубку тепловиділяючі касети. У серійному реакторі ВВЕР-1000 встановлюється 62 шт. КНВ та 2 шт. БДПЗ-Р, розподілені таким чином, щоб з урахуванням симетрії завантаження палива отримувати інформацію про розподіл енерговиділення по всьому об'єму АкЗ. Сигнали детекторів КНД по шлейфах ЕВ і БДПЗ-Р по джгутах ЕВ передаються на проходку ГП-20 кабельної траси СВРК-М і далі терморадіаційностійких кабелів типу КПЭТИНГ $7 \times 2 \times 0,35$ передаються ПТК НР СВРК-М. Шлейфи (джгути) ЕВ, розташовані на БЕР реакторної установки, мають з'єднувачі, що дозволяють від'єднувати їх від проходження ГП-20 під час ППР при розбиранні реактора. Передача сигналів через герметичну оболонку блоку здійснюється за допомогою проходок, з боку реактора та розрахованих на граничний тиск в оболонці, що виникає при аварійній ситуації.

Інформація про температуру на виході з паливних касет видається з допомогою 95 шт. термоелектричних перетворювачів типу ТХА-1590, розташованих над частиною тепловиділяючих касет. Крім того, є 3 шт. термопар типу ТХА-1590, розташованих у загальному обсязі реактора під кришкою верхнього блоку. У БЗТ термопари групуються 14 пучків по 7 шт. у кожному пристрої термостатування ПТ-0186 (14 шт.), встановлених на патрубках ТК БЗТ. У пристрої термостатування заводяться холодні кінці семи термопар. У середині ПТ-0186 є платинові термоперетворювачі опору (2 шт.) для вимірювання температури холодних кінців термопар. Далі сигнали термопар та ТО по терморадіаційностійкими кабелями типу КПЕТІНГ з мідними жилами передаються до ПТК НР СВРК-М.

Трасою проходження кабелів термоконтролю аналогічно кабелям енерговиділення є роз'єми і проходки. Температура теплоносія в «холодних» та «гарячих» нитках ГЦК вимірюється за допомогою 16-ти термопар та 8-ми термоперетворювачів опору. «Холодні» кінці термопар однієї петлі ГЦК заводяться в сполучну коробку КС-545, від якої сигнали термоконтролю передаються по кабелю в ПТК НР СВРК-М. У кожній коробці встановлені по два ЕЧП, що вимірюють температуру холодних кінців ТП заведених в КС-545. Для організації незалежного вимірювання температури у петлях ГЦК системою ПАМС у КС-545 додатково встановлено ще два ЕЧП. Аналогові нормовані струмові сигнали 0 – 5 мА надходять за кабельним лініям зв'язку в ПТК НР СВРК-М від формувачів струмових або безпосередньо з ППП. Аналогічно у ПТК НР СВРК-М заводяться дискретні сигнали, що характеризують стан обладнання та систем I-го, II-го контурів (головний циркуляційний насос (ГЦН), арматура, парогенератор та ін.).

Від АКНП до ПТК НР СВРК-М вводяться сигнали напруги постійного струму та дискретні сигнали. Усі сигнали (крім ЕВ) дублюються у повному обсязі. Вихідний дискретний сигнал типу «сухий контакт» видається кожною шафою МСКУ по одному каналу ПТК АЗ-ПЗ 1 і 2 комплект.

До складу модернізованої ПТК НР СВРК-М входять:

- мікропроцесорні субкомплекси контролю та управління - 6 шт.;
- шафи промклемники (кросові): УВК-05Ф - 2 шт.;
- шафи промклемників (кросові): ПК - 3 шт.;
- мережетворюча апаратура;
- комплект програмного забезпечення.

Технічні засоби ПТК НР СВРК-М за функціональним призначенням поділяються на:

- МСКУ внутрішньореакторного контролю та контролю ЯПВУ;
- МСК ВРК-1; МСК ВРК-2; МСК ВРК-3; МСК ВРК-4; МСК ВРК-5;
- МСК ВРК-6.

- дубльована (з двома магістралями) промислова мережа Ethernet,
- відповідає стандарту Ethernet 802.3 з пропускнуою здатністю 100 Mbit/s (100 Base-FX), фізичне середовище – оптоволокну;
- МСКУ функціонують під управлінням сукупності керуючих та
- прикладних програм.

МСКУ є комплексом технічних засобів, до складу якого входять: контролери мікропроцесорні (КМп), блоки зв'язку з об'єктом різного типу. Кожен блок є конструктивно автономним і функціонально закінченим виробом. Будь-яка конфігурація МСКУ містить ядро, що складається з одного або трьох мікропроцесорних контролерів, з'єднаних між собою спеціальними зв'язками.

Підключення різних пристроїв введення/виведення як дисплеїв, пристроїв друку, функціональних клавіатур, пультів, щитових пристроїв цифрової та алфавітно-цифрової індикації, а також вихід у локальні мережі забезпечується через блоки зв'язку за інтерфейсами.

Склад МСКУ:

- шафа;
- контролер мікропроцесорний КМп-20/34;
- БСО, номенклатура наведена у таблиці 4.3, розміщення у шафах МСКУ наведено на рисунках 4.1 – 4.6;
- блок шумових каналів БШК-1;
- модуль контролю обладнання МКО-1;
- резервована система електроживлення – розподільник живлення РП-83 та блок живлення БПт-147;
- світильник;
- вентилятор;
- розподільник сигналів РС-54/1, кросоптоволоконний;
- кросове обладнання (системні кабелі, ПСд, ПКр).

Перелік та основні технічні характеристики БЗО наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Номенклатура та основні технічні характеристики БЗО

Тип БЗО	Найменування БЗО	К-ть каналів шт.	Діапазон вимірів	Межа основної допустимої похибки, %	Зауваження
ПКВ-2М	Перетворювач каналів вимірювальних	7 7 14	Від 0 мкА до 5 мкА; від мінус 0,5 мкА до 0,5 мкА; від 0 см до 2×10^{-5} см	$\pm 0,05$ $\pm 0,25$ –	Індикатор
ПНК(Р)-2/1	Перетворювач напруга-код	16	Від мінус 20 мВ до 20 мВ	$\pm 0,025$	-
ПНК(Р)-2/3	Перетворювач напруга-код	16	Від мінус 80 мВ до 80 мВ	$\pm 0,025$	-
ПТС(П)-8М3	Перетворювач сигналів термперетворювачів	8	Від 50 Ом до 150 Ом	$\pm 0,04$	-
ПНК(Р)-1М1	Перетворювач напруга-код	16	Від 0 В до 10 В	$\pm 0,02$	-
НД(РКФ)-16/3М	Нормалізатор дискретних сигналів	16	Замкнений контакт менше 500 Ом. Розімкнений контакт від 9,5 кІм до 11,0 кІм	-	«Сухий контакт»
НД(РТФ)-32/3	Нормалізатор дискретних сигналів	32	Рівень "0" від 0,0 В до 4,8 В; Рівень «1» від 19,2 В до 28,8 В	-	2гр по 16 каналів
ПВИ(РТ)-8/3М1	Перетворювач час-імпульсних сигналів	8	От 0,000 с до 2,048 с	$\pm 0,03$	
ФК-16/3М	Формувач контактний	16	Комутована напруга – не більше 50 В. Комутований постійний струм - не більше 0,1 А	-	«Сухий контакт»

тип блоку	Основний канал ВРК-1												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-2)						
	КМп-20/34 №01	КМп-20/34 №02	КМп-20/34 №03	ПКИ-2М №01	ПКИ-2М №02	ПКИ-2М №03	ПНҚ(Р)-2/1 №01	ПНҚ(Р)-2/1 №02	ПТС(П)-8М3 №01	ПНҚ(Р)-1М1 №01	ПНҚ(Р)-1М1 №02	НД(РКФ)-16/3М №01		ПВИ(РТ)-8/3М1					
діапазон				0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)			± 20 мВ		50 – 150 Ом	0 – 10 В		СК	ФЦН						
місце	КМп1	КМп2	КМп3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-2												ФК-16/3М						
	ПКИ-2М №04	ПКИ-2М №05	ПКИ-2М №06	ПКИ-2М №07	ПКИ-2М №08	ПКИ-2М №09	ПКИ-2М №10	ПКИ-2М №11	ПНҚ(Р)-2/3 №01	ПТС(П)-8М3 №03	ПТС(П)-8М3 №04	ПНҚ(Р)-1М1 №03		ПНҚ(Р)-1М1 №04	НД(РКФ)-16/3М №02				
діапазон	0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)											± 80 мВ	50 – 150 Ом	0 – 10 В		СК	ПЗ		
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
РП-83 №1										РП-83 №2									

Рисунок 4.1 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-1 HD01

тип блоку	Основний канал ВРК-2												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-1)						
	КМп-20/34 №01	КМп-20/34 №02	КМп-20/34 №03	ПКИ-2М №01	ПКИ-2М №02	ПКИ-2М №03	ПНҚ(Р)-2/1 №01	ПТС(П)-8М3 №01	ПТС(П)-8М3 №02	ПНҚ(Р)-1М1 №01	ПНҚ(Р)-1М1 №02	НД(РКФ)-16/3М №01		ПВИ(РТ)-8/3М1					
діапазон				0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)			± 20 мВ	50 – 150 Ом		0 – 10 В		СК	ФЦН						
місце	КМп1	КМп2	КМп3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-1												ФК-16/3М						
	ПКИ-2М №04	ПКИ-2М №05	ПКИ-2М №06	ПКИ-2М №07	ПКИ-2М №08	ПКИ-2М №09	ПКИ-2М №10	ПКИ-2М №11	ПНҚ(Р)-2/3 №01	ПНҚ(Р)-2/3 №02	ПТС(П)-8М3 №03	ПНҚ(Р)-1М1 №03		ПНҚ(Р)-1М1 №04	НД(РКФ)-16/3М №02				
діапазон	0 – 5 мкА ± 0,5 мкА											± 80 мВ	50 – 150 Ом	0 – 10 В		СК	ПЗ		
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
РП-83 №1										РП-83 №2									

Рисунок 4.2 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-2 HD02

тип блоку	Основний канал ВРК-3											МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-4)																		
	КМп-20/34 №01			КМп-20/34 №02			КМп-20/34 №03			ПКИ-2М №01	ПКИ-2М №02		ПКИ-2М №03	ПНК(Р)-2/1 №01	ПНК(Р)-2/1 №02	ПТС(П)-8М3 №01	ПНК(Р)-1М1 №01	ПНК(Р)-1М1 №02	НД(РКФ)-16/3М №01											
діапазон				0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)			± 20 мВ			50 – 150 Ом			0 – 10 В			СК														
місце	КМп1	КМп2	КМп3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-4											ФК-16/3М																		
	ПКИ-2М №04			ПКИ-2М №05			ПКИ-2М №06			ПКИ-2М №07			ПКИ-2М №08			ПКИ-2М №09			ПКИ-2М №10			ПКИ-2М №11			ПНК(Р)-2/3 №01	ПНК(Р)-2/3 №02	ПТС(П)-8М3 №03	ПНК(Р)-1М1 №03	ПНК(Р)-1М1 №04	НД(РКФ)-16/3М №02
діапазон				0 – 5 мкА			(± 0,5 мкА)						± 80 мВ			50 – 150 Ом			0 – 10 В			СК						ПЗ		
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31											
РП-83 №1										РП-83 №2																				

Рисунок 4.3 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-3 HD03

тип блоку	Основний канал ВРК-4											МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-3)																		
	КМп-20/34 №01			КМп-20/34 №02			КМп-20/34 №03			ПКИ-2М №01	ПКИ-2М №02		ПКИ-2М №03	ПНК(Р)-2/1 №01	ПНК(Р)-2/1 №02	ПТС(П)-8М3 №01	ПНК(Р)-1М1 №01	ПНК(Р)-1М1 №02	НД(РКФ)-16/3М №01											
діапазон				0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)			± 20 мВ			50 – 150 Ом			0 – 10 В			СК														
місце	КМп1	КМп2	КМп3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-3											ФК-16/3М																		
	ПКИ-2М №04			ПКИ-2М №05			ПКИ-2М №06			ПКИ-2М №07			ПКИ-2М №08			ПКИ-2М №09			ПКИ-2М №10			ПКИ-2М №11			ПНК(Р)-2/3 №01	ПНК(Р)-2/3 №02	ПТС(П)-8М3 №03	ПНК(Р)-1М1 №03	ПНК(Р)-1М1 №04	НД(РКФ)-16/3М №02
діапазон				0 – 5 мкА			(± 0,5 мкА)						± 80 мВ			50 – 150 Ом			0 – 10 В			СК						ПЗ		
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31											
РП-83 №2										РП-83 №2																				

Рисунок 4.4 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-4 HD04

тип блоку	Основний канал ВРК-5												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-6)																						
	КМп-20/34 №01			КМп-20/34 №02			КМп-20/34 №03			ПКИ-2М №01		ПКИ-2М №02		ПНК(Р)-2/1 №01		ПТС(П)-8М3 №01		ПТС(П)-8М3 №02		ПНК(Р)-1М1 №01		ПНК(Р)-1М1 №02		НД(РКФ)-16/3М №01		НД(РТФ)-32/3-3 №01									
діапазон	0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)						± 20 мВ		50 – 150 Ом		0 – 10 В		СК		24В																				
місце	КМп1		КМп2		КМп3		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-6												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-6)																						
	ПКИ-2М №04			ПКИ-2М №05			ПКИ-2М №06			ПКИ-2М №07				ПКИ-2М №08			ПКИ-2М №09			ПКИ-2М №10		ПКИ-2М №11		ПНК(Р)-2/3 №01		ПНК(Р)-2/3 №02		ПТС(П)-8М3 №03		ПНК(Р)-1М1 №03		НД(РКФ)-16/3М №02		НД(РТФ)-32/3-3 №02	
діапазон	0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)						± 80 мВ		50 – 150 Ом		0 – 10 В		СК		24В		ПЗ																		
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																
РП-83 №1										РП-83 №2																									

Рисунок 4.5 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-5 HD05

тип блоку	Основний канал ВРК-6												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-5)																								
	КМп-20/34 №01			КМп-20/34 №02			КМп-20/34 №03			ПКИ-2М №01		ПКИ-2М №02		ПНК(Р)-2/1 №01		ПНК(Р)-2/1 №02		ПТС(П)-8М3 №01		ПНК(Р)-1М1 №01		НД(РКФ)-16/3М №01		НД(РТФ)-32/3-3 №01													
діапазон	0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)						± 20 мВ		50 – 150 Ом		0 – 10 В		СК		24В																						
місце	КМп1		КМп2		КМп3		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																		
тип блоку	Дублюючий канал ВРК-5												МКО-1 (зв'язаний кабелем з ВРК-5)																								
	ПКИ-2М №04			ПКИ-2М №05			ПКИ-2М №06			ПКИ-2М №07				ПКИ-2М №08			ПКИ-2М №09			ПКИ-2М №10		ПКИ-2М №11		ПНК(Р)-2/3 №01		ПТС(П)-8М3 №03		ПТС(П)-8М3 №04		ПНК(Р)-1М1 №03		ПНК(Р)-1М1 №04		НД(РКФ)-16/3М №02		НД(РТФ)-32/3-3 №02	
діапазон	0 – 5 мкА (± 0,5 мкА)						± 80 мВ		50 – 150 Ом		0 – 10 В		СК		24В		ПЗ																				
місце	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																		
РП-83 №1										РП-83 №2																											

Рисунок 4.6 – Розміщення функціональних блоків у шафі ВРК-6 HD06

Ядром кожної шафи МСКУ є три мікропроцесорні контролери КМП-20/34, які забезпечують:

- функції управління та обробки інформації, що надходить від функціональних блоків через інтерфейс IP;
- міжконтролерний обмін інформацією за протоколом мережі Arcnet для виконання функцій вирівнювання, деградації та відновлення;
- прийом та ведення всесвітнього координованого часу;
- вихід у дубльовану локальну мережу МАПМ/Ethernet по оптоволоконній лінії.

Конструктивно КМП-20/34 займає два інтерфейсні місця в каркасі монтажному КМЗ-121/3. Наступні місця займають блоки зв'язку з об'єктом згідно з рисунками 4.1 – 4.6.

ПКВ-2М – перетворювач каналів вимірювальних призначень:

- для перетворення на цифровий код та введення в КМП-20/34 за трьома незалежним каналам зв'язку струмових сигналів датчиків нейтронного потоку ДПЗ (струм емітера ДПЗ та фонові складові ДПЗ);
- для передачі перетворених на напругу струмових сигналів ДПЗ (струм емітера) в БШК-1 для їх попередньої обробки та передачі систему віброшумової діагностики (СВШД);
- для здійснення вимірювання провідності ізоляції ДПЗ за командою оператора.

ПНК(Р)-2/1, ПНК(Р)-2/3 – перетворювач напруга-код призначений для перетворення в цифровий код та введення в КМП-20/34 за трьома незалежними каналами зв'язку сигналів напруги постійного струму з контролем на обрив лінії зв'язку з ПВП.

ПТС(П)-8МЗ – перетворювач сигналів термоперетворювачів опору призначений для перетворення в цифровий код та введення в КМП-20/34 за трьома незалежними каналами зв'язку сигналів від термоперетворювачів опору (ТО) з контролем на обрив лінії зв'язку з ПВП.

ПНК(Р)-1М1 – перетворювач напруга-код призначений для перетворення в цифровий код та введення в КМП-20/34 за трьома незалежними каналами зв'язку сигналів напруги постійного струму з контролем на обрив лінії зв'язку з ПВП.

НД(РКФ)-16/3М – нормалізатор дискретних сигналів призначений для прийому та введення в КМП-20/34 двопозиційних сигналів від джерел дискретних сигналів типу «сухий контакт».

НД(РТФ)-32/3 – нормалізатор дискретних сигналів призначений для прийому та введення в КМП-20/34 двопозиційних сигналів від джерел дискретних потенційних сигналів (0 В; 24 В) з контролем на обрив лінії зв'язку з ПСд за третім напрямком.

ФК-16/3М – формувач контактний призначений для прийому, запам'ятовування коду, що надходить, і видачі керуючих впливів за мажоритарним принципом на виконавчі пристрої.

ПЧІ(РТ)-8/3М1 – перетворювач часу імпульсних сигналів призначений для перетворення сигналів частоти живлення ГЦН на цифровий код. Вхідний сигнал ~24 В надходить від блоку розділових-знижувальних трансформаторів 100/24, встановленого в панелі HZ05, у шафі.

МКО-1 – модуль контролю обладнання призначений для контролю стану обладнання всередині шафи МСКУ та забезпечує обмін даними з контролерами за інтерфейсом IP. МКО-1 забезпечує підтримку таких функцій:

- контроль внутрішньошкафного обладнання (контроль джерел живлення, блоку вентиляторів, стану дверей шафи, температури всередині шафи, контроль працездатності (вимірювального тракту) МКО-1);
- формування сигналу «Робота МСКУ»;
- синхронний запуск двох вимірювальних систем, що утворюють дубльовані канали введення сигналів термоперетворювачів опору (ВРК-1 – ВРК-2, ВРК-3 – ВРК-4, ВРК-5 – ВРК-6).

Функціональні блоки з'єднуються системними джгутами з сполучними панелями (ПСд), встановленими в нижніх каркасах. Об'єктові кабелі, що йдуть від кросових шаф, приєднуються до панелей кросових (ПКр) через з'єднувачі фірми WAGO з монтажною (задньою) сторони шафи. Для з'єднання ПКр з ПСд використовується з'єднувач Gds A-F фірми Harting. Сполучні панелі містять LC-фільтри, необхідні для придушення високовольтних наносекундних перешкод.

Також до складу МСКУ2 входять: БШК-1, РС-54/1, кросоптоволоконний кабель, світильники, БВН-126, РП-83, БПТ-147. БШК-1 – блок шумових каналів призначений для виділення, посилення та гальванічного поділу низькочастотних складових вихідних сигналів перетворювача ПКІ-2М встановлено у секції кросового обладнання МСКУ. РС-54/1 – розподільник сигналів призначений для введення єдиного координованого часу до МСКУ з мережі єдиного часу. Встановлено з правого боку шафи в нижній частині, при експлуатації МСКУ закрито фальшпанеллю. Кросоптоволоконний кабель – призначений для організації мережі МАПМ/Ethernet, необхідний для обміну інформацією МСКУ з концентратором КСВ, що забезпечує вихід на ВР СВРК-М, при експлуатації МСКУ закритий фальшпанеллю. Світильники – призначені для висвітлення шафи МСКУ. БВН-126 – блок вентиляторів призначений для підтримки робочої температури усередині шафи. РП-83 – розподільник живлення, призначений для підключення фідера живлення до стійки МСКУ та містить: автоматичний вимикач, мережевий фільтр для захисту від промислових перешкод, а також елементи захисту від високовольтних наносекундних та мікросекундних імпульсних перешкод. БПТ-147 – блок живлення забезпечує живлення основного обладнання, встановленого в монтажному каркасі.

У МСКУ практично всі блоки зв'язку з об'єктом, що здійснюють введення та виведення аналогових та дискретних сигналів, забезпечені елементами, що забезпечують стійкість до впливів перешкод, як промислової

частоти (50 Hz), і імпульсним перешкодам підвищених частот. Для придушення перешкод нормального виду в ланцюгах введення аналогових сигналів на панелях з'єднувальних ПСд встановлені завододавні RC-фільтри кожному каналу. Для захисту вхідних ланцюгів введення дискретних сигналів по кожному каналу ПСд встановлені обмежувачі напруги. У ланцюгах придушення перешкод загального вигляду у всіх блоках зв'язку з об'єктом встановлені елементи гальванічного поділу вхідних/вихідних ланцюгів блоку у вигляді оптронів або трансформаторів. При цьому гальванічне поділ, залежно від типу блоку та сигналу, здійснюється або індивідуально по кожному каналу, або групою каналів. Наявність RC-фільтрів у ланцюгах введення аналогових сигналів забезпечує придушення перешкод нормального вигляду 40, 66 dB (залежно від типу блоку). Коефіцієнт придушення перешкод загального вигляду для більшості блоків введення/виводу аналогових та дискретних сигналів сягає 100-120 dB. Випробувальна напруга гальванічної розв'язки 500÷2500 V.

Електроживлення стійок обладнання ПТК НР СВРК-М виконано від двох незалежних взаєморезервуючих фідерів. Кожен фідер електроживлення підключається до відповідного розподільника живлення РП-83. До виходів кожного РП-83 підключаються блоки живлення БПт-147, які через розподільні діоди об'єднуються на генмонтажній платі монтажного каркаса, утворюючи резервовану систему електроживлення. Таким чином ПТК НР СВРК-М зберігає працездатність при зникненні живлення на будь-якому одному з двох фідерів.

Усі лінії зв'язку (крім струмових сигналів від ДПЗ), за якими передаються сигнали ПВП, дубльовані. При цьому розмноження сигналів та перетворення уніфікованих струмових (нормованих) сигналів від 0 до 5 мА напруга від 0 до 5 В проводиться в кросових шафах за допомогою резисторів опору номіналом 1 кОм. Токові сигнали від КНД, надходять до шаф МСКУ ВРК-1 – ВРК-6.

Перетворені в напругу від 0 до 5 мВ сигнали струмів ДПЗ через роз'єм ВИХІД на ПКИ-2М надходять у модулі БШК-1 і далі в апаратуру СВШД. Потенційні сигнали низького рівня від ТП та сигнали від ТОП надходять до промклемника, звідки дубльованими лініями зв'язку надходять до шаф МСКУ ВРК-1 – ВРК-6. Термоперетворювачі опору підключаються до МСКУ за 4-х провідною схемою. Для реалізації дублювання сигналів ТС використовується схема почергової запитки та вимірювань датчиків. Синхронізація вимірювань здійснюється попарно між блоками МКО-1 за допомогою кабелю, підключеного до роз'єму ТАКТ шаф ВРК-1 – ВРК-2, ВРК-3 – ВРК-4, ВРК-5 – ВРК-6.

Для дублюючого каналу ТП використовується функціональний блок типу ПНК(Р)-2/3 із великим діапазоном вимірювань температури (до 1260 °С). У кросові шафи заведені дискретні сигнали типу «сухий контакт» та потенційні з діапазоном вимірювань від 0 В до 24 В, які надходять у стійки МСКУ. Усі дискретні сигнали дубльовані. У кросову шафу (задня сторона) заведено вихідні дискретні сигнали типу «сухий контакт», які надходять від стійок МСКУ. Одна шафа МСКУ організує один канал захисту за двома ознаками. За призначенням та характером виконуваних функцій ПТК НР СВРК-М щодо впливу на безпеку відноситься до елементів систем нормальної експлуатації, важливих для безпеки, клас безпеки – 3.

4.4 Опис роботи апаратури ПТК НР СВРК-М

МСКУ є основним технічним засобом ПТК НР СВРК-М та виконує функції:

- прийом та перетворення на цифровий код аналогових вхідних сигналів;
- прийом дискретних, час-імпульсних вхідних сигналів;
- формування та видачу дискретних вихідних сигналів;

- самодіагностику обладнання із локалізацією несправності до змінного блоку;
- забезпечення зв'язку через концентратор КСВ з ВР СВРК-М по мережі
- МАПМ/Ethernet двома магістралями.

Складові частини ПТК НР СВРК-М (МСКУ) об'єднані у локальну дубльовану (з двома магістралями) мережу МАПМ/Ethernet за допомогою апаратури, що утворює мережу (контролери, оптичні кабелі, оптоволоконний крос) та програмного забезпечення. Модульна асинхронна мережа, що перебудовується є відкритою локальною промисловою мережею і призначена для обміну інформацією між компонентами МСКУ М. Мережа МАПМ являє собою сукупність наступних елементів: абоненти мережі (МСКУ, робочі станції, персональні комп'ютери та ін.), мережева апаратура (контролери, модеми, мости та ін.) фізичне середовище передачі сигналів (кабелі, трійники, з'єднувачі, джгути), програмне забезпечення мережі МАПМ, протоколи мережі МАПМ. Мережа МАПМ складається з двох магістралей МАПМ. Об'єднання магістралей у мережу, зазвичай, здійснюється з метою підвищення надійності функціонування мережі рахунок резервування апаратури магістралей. У дубльованих мережах МАПМ абоненти можуть мати виходи або на всі магістралі мережі, або лише на деякі з них. Кожен абонент мережі МАПМ має свою індивідуальну адресу, яка є числом від 0 до 62 включно. Обмін даними з верхнім рівнем СВРК-М здійснюється одночасно по обох магістралях через шлюзи ККСО1, 2.

Для підтримки єдиного часу в системі МСКУ використовується мережа єдиного часу, яка заводиться в шафи МСКУ за допомогою крученої пари на РС-54/1. МСКУ забезпечує обмін даними за протоколом обміну в мережі МАПМ/Ethernet.

4.4.1 Склад та робота МСКУ

Для розміщення обладнання використовується шафа для підлоги, в якій розміщуються:

- каркас монтажний КМЗ-121/3 з функціональними блоками та контролерами;
- обладнання системи електроживлення - розподільник живлення РП-83 (2 шт.);
- комплект джгутів та блоки живлення БПт-147 (2 шт.);
- система вентиляції та освітлення;
- кросове обладнання для розміщення панелей ПКр, ПСд.

Прозорість передніх дверей шафи дозволяє спостерігати за станом світлових індикаторів на лицьових панелях блоків без відчинення дверей. Теплообмін у шафі забезпечується за рахунок переміщення повітря у закритому обсязі шафи вентиляцією, для чого встановлюється блок вентиляторів БВН-126 з регульованою продуктивністю залежно від температури усередині шафи. Електроживлення на БВН-126 подається від РП-83 по двох незалежних фідер змінного струму напругою 220 В з подальшим перетворенням в блоці 24 В постійного струму.

Доступ до блоків живлення здійснюється через задні двері шафи. БПт-147 № 1 запитаний від введення 1 розміщений з лівого боку шафи, а БПт-147 № 2 запитаний від введення 2 - з правої. Блоки живлення БПт-147 встановлені на поворотну раму, що забезпечує вільний доступ до генмонтажних плат каркасу. Поворотна рама фіксується до корпусу каркаса за допомогою двох гвинтів та відкидається у горизонтальній площині.

На задній стороні КМЗ-121/3 розташовано 8 джамперів, призначених для встановлення логічної адреси МСКУ в мережі МАПМ/Ethernet. Адреса встановлюється на заводі-виробнику та не змінюється в процесі експлуатації ПТК НР СВРК-М. Під джамперами встановлений роз'єм TIME для введення в КМП-20/34 через з'єднувач РС51/4 координованого часу із мережі єдиного

часу. У верхній частині шафи з лицьової та задньої сторони встановлені кінцеві вимикачі, призначені для організації контролю стану дверей "відкрито" - "закрито". Введення кабелів усередину шафи здійснюється через основу шафи.

Функціональні блоки розміщуються в монтажному каркасі КМЗ-121/3, що складається з двох каркасів, відповідно до рисунків 4.1 – 4.6. Кросове обладнання МСКУ розташоване в нижній частині шафи, доступ до неї здійснюється із задньої сторони. Кросові секції призначені для встановлення панелей ПСд і ПКр, які розміщуються вертикально елементами один до одного і кріпляться двома гвинтами до несучої конструкції. Секції розділені між собою п'ятьма кабельними каналами для прокладання кабелів. Існує можливість від'єднання ПСд від ПКр.

Під каркасом КМЗ-121/3 з лицьового боку шафи встановлено оптоволоконний крос для підключення до мережі МАПМ/Ethernet (ліва сторона) та розподільник сигналів РС-54/1, що забезпечує підключення до мережі єдиного часу (права сторона).

У нижній частині шафи, з лицьового боку, встановлені два розподільники живлення РП-83 № 1 і № 2, що забезпечують окремо по кожному фідеру трансляцію електроживлення до блоків БПт-147, БВн-126 та системи освітлення. Кожен розподільник живлення здійснює захист МСКУ від імпульсних перешкод та коротких замикань у ланцюгах електроживлення.

Для внутрішнього освітлення шафи під час обслуговування чи виконання ремонтних робіт передбачені два світильники, розташовані з лицьового боку у верхній частині та із задньої сторони на лівій бічній стінці. Увімкнення освітлення здійснюється від відповідних контакторів при відкриванні передніх або задніх дверей. У кожному світильнику передбачено автономний перемикач мережі УВІМК/ВИМК.

МСКУ у складі ПТК НР СВРК-М забезпечує збирання, первинну обробку та видачу в мережу МАПМ/Ethernet інформаційних блоків даних,

містять інформацію про перебіг технологічного процесу на енергоблоці АЕС МСКУ функціонує під управлінням керуючої системи, що включає комплекс стартових і виконавчих систем.

У МСКУ при включенні живлення після скидання контролерів виконуються наступні операції:

- автоматичне завантаження та запуск з диска контролера операційної системи та програм початкового тестування;
- за нормального завершення операцій початкового тестування запускається стартова система, записана на електронному диску КМП-20/34 Disk On Chip.

Стартова система виконує такі функції:

- включає «watch-dog» процесорного модуля і потім відключає сторожовий таймер контролера, що використовується для запобігання зависанням контролера при функціонуванні та запуску відповідно;
- ініціалізує вузол зв'язку з магістраллю мережі МАПМ/Ethernet та за його працездатності перетворюється на стан готовності відповідати на запити зовнішніх абонентів;
- виконує контроль стану технічних засобів МСКУ, а також перевіряє наявність та цілісність виконавчої системи на диску контролера. Результати контролю передаються у ВР СВРК-М;
- аналізує стан сусідніх контролерів та за результатами аналізу приймає рішення щодо режиму подальшого запуску.

Стан сусідніх контролерів перевіряється шляхом перевірки зв'язку міжконтролерної мережі Argnet та перевіркою стану сигналу «Робота» на інтерфейс IP по кожному напрямку. Усього три напрямки. За наявності зв'язку з сусідніми контролерами з міжконтрольних зв'язків здійснюється взаємний обмін інформацією про стан технічних засобів МСКУ та версії виконавчої системи на дисках контролерів.

Після успішного завершення стартових програм запускається на виконання виконавча система, індивідуальна для кожної шафи МСКУ ВРК-1, ВРК-2, ВРК-3, ВРК-4, ВРК-5, ВРК-6 з урахуванням їх конфігурації, необхідного набору функцій, номенклатури функціональних блоків та забезпечує запуск прикладних завдань ПТК НР СВРК-М в циклічному або користувальницькому режимах.

Виконавча система записана на енергонезалежну Flash пам'ять КМП-20/34 на етапі налагодження програмного забезпечення МСКУ та зберігається при відключенні живлення стійок, вона також автоматично запускається при подачі живлення 220 В, 50 Гц на стійку МСКУ.

Обмін інформацією між КМП-20/34 та функціональними блоками здійснюється за магістральним асинхронним інтерфейсом IP, що володіє такими характеристиками:

- інтерфейс складається з трьох ідентичних рівнопріоритетних магістралей. До кожній магістралі підключається лише один КМП-20/34;
- спосіб адресації функціональних блоків – радіальний;
- магістраль складається з 23 сигнальних шин та двох шин синхронізації;
- інформація передається по 16 двонаправлених шин (шини адреси та даних).

У МСКУ операції введення, виведення та обробки інформації для блоків зв'язку з об'єктом виконуються синхронно та одночасно у всіх контролерах МСКУ. Виконавча система виконує синхронізацію контролерів перед введенням даних, а після завершення введення контролери обмінюються результатами введення, порівнюють їх між собою з метою контролю працездатності каналів введення та вирівнюють дані для формування однакових результуючих даних для подальшої обробки.

Сукупність блоків зв'язку з об'єктом забезпечує введення/виведення практично всіх типів аналогових і дискретних сигналів, визначених чинними

стандартами та включає в себе: блоки введення (прийому) аналогових сигналів, блоки введення частотних та імпульсних сигналів, блоки введення дискретних сигналів, блоки формування дискретних, імпульсних та аналогових сигналів, а також комбіновані блоки.

Самодіагностика виконується керуючою системою МСКУ у процесі функціонування МСКУ періодично з метою постійного контролю стану технічних засобів ПТК НР СВРК-М та включає:

а) контроль стану контролерів КМП-20/34:

1) перевірка працездатності міжконтрольних зв'язків та сусідніх контролерів. Періодично виконується завдання взаємоконтролю КМП-20/34, при цьому кожен контролер надсилає сусідам запити, не отримавши відповіді, фіксує непрацездатність контролера та формує повідомлення про несправність;

2) захист від зависань контролера (використовується апарат «watch-dog»);

б) контроль інтерфейсу IP:

1) виконується контроль шин даних та управління;

2) контроль стану сигналу «Робота» поточного та сусідніх контролерів;

в) контроль працездатності вимірювальних блоків:

1) періодичний контроль каналів у функціональних блоках при виконання операцій введення-виведення, вирівнювання та обробки даних.

г) контроль стану обладнання:

1) контроль напруги живлення, фіксується неприпустиме зниження або підвищення величини стабілізованих напруг окремо по кожному фідеру;

2) контроль температури всередині шафи МСКУ (допустима температура до 60 °С);

3) контроль працездатності вентиляторів у стійках МСКУ;

4) контроль стану дверей: «відкрито» - «зачинено».

Канал оголошується непрацездатним у контролері за умови:

- відмови контролера;
- несправності шин IP;
- маскуванню каналу;
- порушення обміну за інтерфейсом IP;
- непрацездатності за результатами вбудованої діагностики блоку;
- відбракування значень при вирівнюванні;
- виявлення обриву лінії зв'язку;
- виявлення непрацездатності вузла синхронізації МКО-1 для блоків

ПТС(П)-8МЗ, що працюють у режимі дублювання.

У разі виявлення несправного каналу у функціональному блоці автоматично здійснюється логічна реконфігурація бази даних МСКУ та КСВ. Каналу надається ознака недостовірності. З розрахунків у ВР СВРК-М виключаються показання основного каналу і заміщаються значеннями вимірними дублюючим каналом. Таким чином, відбракування непрацездатного каналу та його заміна на працездатний канал здійснюється у базі даних КСВ. Після усунення несправності автоматично виконується процедура логічного відновлення основного каналу. Результати самодіагностики подаються на відеофрагментах СДІ кольоровими сигналами. Нормальний (справний) стан представляється зеленим кольором. Наявність у блоці непрацездатного каналу відображається жовтим, несправність – червоним. СДІ входить до складу ПТК ВР СВРК-М.

4.4.2 Організація магістралі єдиного часу

Для введення сигналів єдиного координованого часу із мережі єдиного часу у МСКУ (таблиця 4.4) використовується розподільник сигналів РС-54/1.

Далі з розподільника РС-54/1 сигнал єдиного часу надходить на модуль МКО-1 (з'єднувач «Час») та з'єднувач TIME на генмонтажній платі КМЗ-121/3, з якого здійснюється введення сигналів часу у вузол прийому та ведення часу

контролерів КМп-20/34. У разі відсутності джерела точного часу більше 2 с, час і дата в МСКУ ведеться блоком БПВр-2, що входить до складу КМП-20/34.

Таблиця 4.4 - Розподіл часу по шафах МСКУ

Джерело часу для МСКУ	1-й абонент мережі	2-й абонент мережі	3-й абонент мережі
-	1-а магістраль	-	-
НТ28 СЧІ-1	ВРК-1	ВРК-3	ВРК-5
-	2-а магістраль	-	-
НТ29 СЧІ-2	ВРК-2	ВРК-4	ВРК-6

Для обміну інформацією МСКУ з концентратором КСВ ВР СВРК-М, використовується оптоволоконна мережа МАПМ/Ethernet. Підключення МСКУ до оптоволоконної мережі Ethernet реалізується за допомогою кросу оптоволоконного, в якому є два напівдуплексні канали для виходу на мережу Ethernet, які підключаються до контролерів КМП-20/34. Крос оптоволоконний закритий фальшпанеллю з лицьового боку шафи. КМП-20/34 встановлений у каркасі на місце № 1 організовує канал зв'язку з комутатором Switch 3 (А та С), КМП-20/34 встановлений у каркасі на місце № 2 організовує канал зв'язку з комутатором Switch 4 (А та С). Фізично комутатори розміщені у шафах ККСО. ККС-1 підключений як до Switch 3 (вхід 12 - А), так і до Switch 4 (вхід 12 - С), таким чином концентратор КСВ має доступ по обох магістралях через комутатор до всієї шафи МСКУ. Аналогічно пов'язаний і ККСВ-2. Внаслідок цього інформація від шафи МСКУ надходить одночасно в обидва шлюзи ККЗО і далі в СДК1, 2. КМП-20/34 встановлений у каркасі на місце № 3 не бере участі в організації мережі МАПМ/Ethernet. Логічний протокол взаємодії ВР з МСКУ через мережу Ethernet зберігається так само як мережі МАПМ (таблиця 4.5), тому мережа називається МАПМ/ Ethernet.

Таблиця 4.5 – Логічні номери МСКУ у мережі МАПМ/Ethernet

Номер ВРК	ВРК-1	ВРК-2	ВРК-3	ВРК-4	ВРК-5	ВРК-6
Логічний номер МСКУ	11	12	13	14	15	16

4.4.3 Організація контролю температури перегріву теплоносія

Для реалізації функції ЗКПТ встановлені термоелектричні перетворювачі типу ТХА-1590 з діапазоном вимірювань від 0 °С до 1260 °С для вимірювання температури теплоносія на виході з ТВС, загальному об'ємі реактора під кришкою верхнього блоку, в петлях ГЦК і температури на корпусі реактора. Сигнали термоелектричних перетворювачів надходять на ПНК(Р)-2/1 (основний канал) та ПНК(Р)-2/3 (дублюючий канал). При підвищенні температури теплоносія більше 400 °С значенням основного каналу ПНК(Р)-2/1 присвоюється ознака недостовірності і ВР СВРК-М враховуються тільки показання дублюючого каналу блоку ПНК(Р)-2/3 з діапазоном вимірювання до 1260 °С. При зниженні температур нижче граничних значень 400 °С система автоматично повертається в штатний режим. При перевищенні діапазону вимірювань ПНК(Р)-2/1 (20,48 мВ) індикатор «РАБ» на лицьовій панелі блоку змінює колір на червоний.

4.4.4 Організація видачі сигналу ЗЗ-ІІ

Відсутністю сигналу "Видача ЗЗ-ІІ" є стан нормально замкнутих контактів реле модулів ФК-16/3М шаф ВРК-1 - ВРК-6.

ВР СВРК-М формує сигнал "Видача ЗЗ-ІІ" за двома ознаками:

- локальне енерговиділення вище допустимого (QVMF "A_PZQ");
- запас до кризи кипіння на поверхні ТВЕЛ, менш допустимого (DNBR "A_PZR").

Команда «Видача ЗЗ-ІІ» надходить у контролери КМП-20/34 кожної шафи МСКУ через мережу МАПМ/Ethernet від СОК-1,2 через КСВ-1,2. У

шафі МСКУ контролери обмінюються інформацією між собою і видають керуючий код IP на модуль ФК-16/3М. ФК-16/3М порівнює отримані за трьома напрямками коди, аналізує сигнали РАБ від трьох контролерів і за мажоритарним принципом (2 з 3) формує вплив на реле, що управляє, - розмикає контакт. На лицьовій панелі ФК-16/3М засвічується червоний світлодіод 1 або 2 залежно від ознаки, яка сформувала ВР СВРК-М. Сигнал по лініях зв'язку через кросову шафу надходить у ПТК АЗ-ПЗ 1 та 2 комплект.

Розподіл каналів видачі захистів за шафами ВРК та номерами комплектів ПТК АЗ-ПЗ наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Розподіл каналів видачі захистів по шафах ВРК

Найменування	1 канал	2 канал	3 канал
ПТК АЗ-ПЗ 1 комплект	ВРК-1 (HD01)	ВРК-2 (HD02)	ВРК-3 (HD03)
ПТК АЗ-ПЗ 2 комплект	ВРК-4 (HD04)	ВРК-5 (HD05)	ВРК-6 (HD06)

Кожен комплект АЗ-ПЗ отримує сигнал від розімкнених контактів реле ФК-16/3М за трьома каналами (одна шафа ВРК організує лише один канал захисту та передає дві ознаки причини ЗЗ-ІІ незалежно від кількості працюючих контролерів) і формує за мажоритарним принципом, два з трьох, «Сигнал спрацьовування ЗЗ-ІІ» з наступною передачею керуючого впливу в СДІУ та виведенням інформації оператору БЦУ, РМОТ. За відсутності сигналу РАБ від контролера дані цього контролера не беруть участь у формуванні керуючої команди на ФК-16/3М і виключається мажоритарний принцип у МСКУ. Таким чином, видавати команду на розмикання реле у ФК-16/3М здатний навіть один контролер, що працює.

Індикацією формування ВР СВРК-М сигналу «Видача ПЗ-ІІ» є засвічування червоним кольором піктограми "Сигнал ПЗ-ІІ", розміщеної у верхньому полі відеоформату на всіх фрагментах СДІ, РМО. Виклик відеоформату другого рівня «Першопричини ЗЗ 2» здійснюється з допомогою

підведення покажчика на піктограму ЗЗ-ІІ та натисканням лівої кнопки «миші». Обладнання ПТК НР СВРК-М не підлягає кваліфікації.

4.5 Введення у роботу ПТК НР СВРК-М

Запуск стійок МСКУ. Логічні номери стійок МСКУ встановлені джамперами на каркасі КМЗ-121/3 заводом-виробником та не змінюються в процесі експлуатації ПТК НР СВРК-М.

Завантаження МСКУ. Відразу після включення живлення та нормального завершення тестових процедур, створена під конкретну шафу МСКУ, виконавча система (ІВ) записана на електронний диск (Disk On Chip) КМП-20/34, вивантажується з електронного диска в оперативну пам'ять контролера (контролери КМП-20/ 34 в МСКУ автоматично запущені), потім відбувається **звіряння** версій ІВ, завантаженої в ОЗП та ІС, що знаходиться на сервері ВР. Ознакою закінчення завантаження, звіряння версій та початком працездатності МСКУ є наявність індикації сигналу РАБ та циклічне свічення індикатора ІР та ЕТФ на лицьовій панелі контролера КМП-20/34 (час готовності – 45 с).

Після успішного завершення вищезгаданих процедур МСКУ готовий до роботи. У разі невідповідності версій – контролер у роботу не включається. Процедура завантаження МСКУ виконується після підготовки роботи ПТК ВР СВРК-М.

Існує можливість примусового завантаження виконавчої системи у КМП-20/34 через робочу станцію (СДІ). Це необхідно у разі переконфігурації шафи МСКУ під час заміни КМП-20/34. Після виконання операцій із завантаження всіх шаф МСКУ ПТК НР СВРК-М на відеофрагменті «Працездатність СВРК» позначення функціонального обладнання має зелений колір. Наявність сірого кольору означає програмно незавантажене (червоне - не робоче) обладнання.

4.6 Режим роботи ПТК НР СВРК-М

Апаратура ПТК НР СВРК-М передбачає два режими роботи:

- основний режим, стан РУ: «Робота на потужності», «МКУ», «Гаряча зупинка», «Напівгаряча зупинка», «Зупинка для випробувань», «Холодна зупинка»;
- режим налагодження МСКУ у ППР енергоблоку, стан РУ – «Зупинка для ремонту», «Перевантаження палива».

В основному режимі апаратура ПТК НР СВРК-М здійснює збір та передачу у ВР СВРК-М значень вимірюваних сигналів ПВП для подальшої обробки та видачі результатів розрахунку на зовнішні пристрої. Цикл передачі становить 600 мс.

Контроль за станом основних компонентів СВРК (ПТК НР СВРК-М, обладнання мережі МАПМ/Ethernet, Ethernet, ПТК ВР СВРК-М) здійснюється за відеофрагментом «Працездатність СВРК» на СДІ-1,2. Інформація доступна лише при працездатному сервері діагностики (СДК1: основою або СДК2: резерв). Виклик відеофрагмента «Працездатність СВРК» здійснюється з відеограми «Головне меню».

Вид відеоформату «Працездатність СВРК» показаний рисунку 4.7. З відеофрагмента «Працездатність СВРК» можуть бути викликані відеофрагменти другого рівня: стан шаф МСКУ ВРК-1 – ВРК-6 (рисунок 4.8). Виклик відеофрагментів здійснюється за допомогою підведення покажчика на відповідні зображення потрібного об'єкта та натисканням лівої кнопки «миші». Для перегляду ідентифікатора контрольованого параметра необхідно підвести покажчик «миші» до необхідного об'єкта. Назва ідентифікатора з'явиться у рядку стану, розташованому в нижній частині екрана.

Ознакою справного функціонування ПТК НР СВРК-М є зелений колір на відеофрагментах стану технічних засобів СВРК (МСКУ).



Рисунок 4.7 – Відеофрагмент «Працездатність СВРК»

Індикацію статусів діагностованих об'єктів у системі виконано за єдиним принципом. Сірий колір індикатора свідчить про недостовірність показника, що відображається, червоний колір індикатора свідчить про непрацездатність об'єкта, жовтий – про несправність, що не перешкоджає виконанню об'єктом основної функції, зелений – про нормальний стан об'єкта. За пріоритетом кольору індикатори розміщуються у наступній послідовності: сірий, червоний, жовтий, зелений.

Стан індикаторів технічних засобів ПТК НР СВРК-М наведено у таблиці 4.7 та таблиці 4.8. Поява жовтого або червоного кольорів на зображенні будь-якого блоку відеофрагменти «Шафа МСКУ ВРК-1–ВРК-6», призводить до спрацьовування сигналізації жовтим або червоним кольором на

відеофрагменті «Працездатність СВРК» відповідного функціонального вузла (УСО-1, УСО-2, БПТ, Шафа).

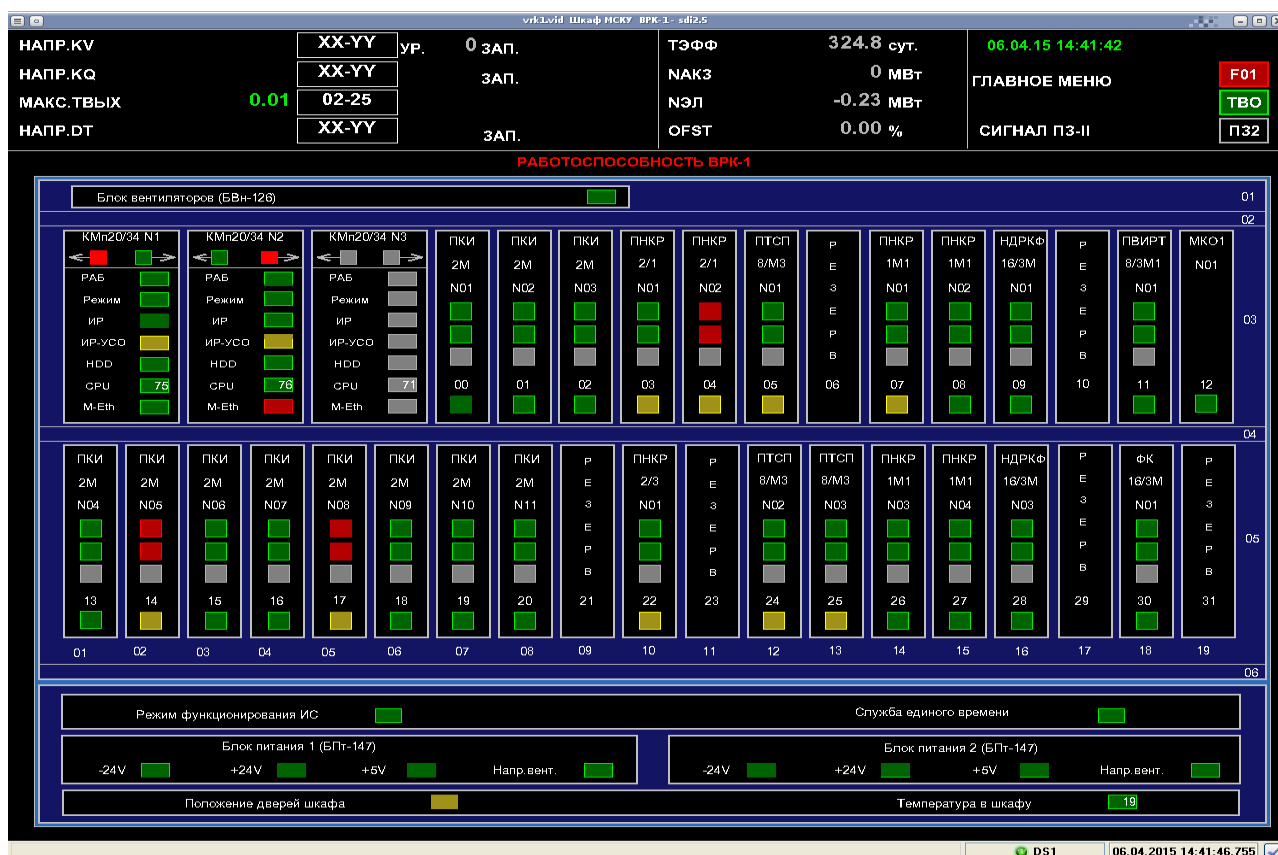


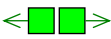


Рисунок 4.8 – Відеофрагмент другого рівня «Шафа МСКУ ВРК-1»

Таблиця 4.7 - Стан об'єктів відеофрагменту «Роботоспроможність СВРК»

Зображення об'єкту	Опис	Колір	Стан об'єкту
МАПМ/Ethernet	Зв'язок КМп з мережею МАПМ/Ethernet	Зелений	Працездатний
		Червоний	Непрацездатний, обрив лінії зв'язку
		Сірий	Вимкнено
K1 (K2, K3)	Працездатність контролерів КМП-1, КМП-2, КМП-3	Зелений	Працездатний та працездатні всі канали блоків зв'язку з об'єктом його спрямування
		Жовтий	1) Збій у роботі КМП-20/34; 2) наявність непрацездатного каналу в електронному блоці ІР УСО

		червоний	1) Немає зв'язку з сусіднім КМП-20/34; 2) перебуває у стартовому режимі; 3) CPU - завантажений процесор у КМп; 4) HDD - збій у Flash-пам'яті
		Сірий	1) Вимкнено (відсутня) КМп; 2) перебуває у режимі ТЕСТ; 3) перезавантаження контролера
УСО-1 (УСО-2)	Порушення у роботі електронних блоків 1(2) каркасу	Зелений	Блок працездатний
		Жовтий	У блоці є непрацездатний канал
		Червоний	1) Непрацездатний блок; 2) вимкнено блок
ПЗ	Порушення у роботі програмного забезпечення	Зелений	Порушення відсутні
		Червоний	1) Відсутня мережа єдиного часу; 2) помилки у роботі ІВ
		Жовтий	Порушення у ПЗ
БЖЛ	Стан блоків живлення шаф МСКУ	Зелений	БПТ-147 і БВН-126 включені та працездатні
		Жовтий	1) Відключено БПТ-147 №1 (№2); 2) вимкнено блок вентиляторів
		Червоний	1) Несправний БПТ-147 або МКО-1; 2) вимкнено РП-83
Шафа	Порушення в роботі обладнання шафи	Зелений	Порушення відсутні
		Червоний	1) Непрацездатний БВН 126; 2) температура в шафі вище 60 °С
		Жовтий	1) Відчинені двері шафи; 2) температура у шафі від 50 °С до 59 °С

Таблиця 4.8 – Стан об'єктів другого рівня «Шафа МСКУ ВРК»

Зображення об'єкта	Опис	Стан об'єкта	Колір
Працездатність ВРК	Узагальнений стан вузла ВРК	Зелений	МСКУ працездатний
		Жовтий	У МСКУ є неробочі канали
		Червоний	У МСКУ є критичні відмови
		Сірий	Немає зв'язку із сервером діагностики
Блок вентиляторів (БВН-126)	Стан блоків вентиляторів	Зелений	БВН-126 працездатний
		Жовтий	Вимкнено
		Червоний	Відключено, відмова у роботі
	Стан зв'язку із сусідніми КМп через мережу Arcnet КМП-1 – КМП-2 – КМП-3	Зелений	Зв'язок встановлений між усіма КМп
		Червоний	Відсутній зв'язок із КМп. Напрямок стрілки - з ким збій
		Сірий	1) КМп перебуває у режимі ТЕСТ; 2) КМп вимкнено
РОБ	Стан сигналу «Робота» на шині IP	Зелений	Є сигнал «Робота
		Жовтий	КМп перебуває у стартовому режимі
		Червоний	Відсутня сигнал «Робота» КМп виключено з роботи
Режим	Режим роботи контролера	Зелений	Режим функціонування – норма
		Жовтий	Стартовий режим
		Сірий	Режим тестування
IP	Стан шин даних та управління IP КМп	Зелений	Працездатно
		Червоний	Непрацездатно
IP-УСО	Доступ до каналів зв'язку з об'єктом по IP КМп	Зелений	Усі канали працездатні
		Жовтий	Є непрацездатні канали в блоці через: 1) для блоків ПНК(Р), ПТС(П), НД(РТФ) – обрив лінії зв'язку з ПП; 2) для блоків ПКІ-2М – перевищення вимірюваного струму ДПЗ 5 мкА (у лінії фону 0,5 мкА); 3) вбудованої діагностики блоку

HDD	Стан жорсткого диска КМп	Зелений	Працездатний flash-диск КМп
		Червоний	Непрацездатний
CPU	Відсоток вільного часу процесора	Зелений	Норма
		Червоний	Нижче допустимого значення
M-Eth	Зв'язок КМп з МАПМ/Ethernet	Зелений	Працездатний стан
		Червоний	Непрацездатний стан

У разі відмови однієї з двох магістралей мережі МАПМ/Ethernet МСКУ або пристроїв сполучення МСКУ (КМп-20/34 №1, №2) з магістралями мережі допускається робота ПТК НР СВРК-М протягом 72 годин.

При перевірці та налаштування обладнання МСКУ технологічними програмами надання інформації персоналу БЩУ неможливе.

Передбачено два етапи перевірок ПТК НР СВРК-М:

- автономний;
- системний.

Під час автономного етапу робота ПТК ВР СВРК-М не потрібна, крім включеного обладнання комутатора Switch 3. Проводиться перевірка електронних модулів тестовими (контрольними) завданнями, перевірка, юстирування (налаштування) – за потреби. Перевірки проводяться за допомогою додаткового обладнання та технологічної робочої станції зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

Під час системного етапу робота ПТК ВР СВРК-М необхідна. Також попередньо готують програмне забезпечення ВР.

У режимі проведення налагодження МСКУ стан індикаторів та відеофрагментів, зазначених у таблицях 4.7 та 4.8, можуть відрізнятися від робочих, оскільки проводиться налаштування всієї системи. Протягом ППР апаратура ПТК НР СВРК-М може перебувати як у включеному так і у відключеному стані.

4.7 Ремонт ПТК НР СВРК-М

У період експлуатації енергоблоку для усунення несправностей обладнання ПК СВРК-М, проводиться поточний ремонт.

Види робіт при поточному ремонті:

- визначення несправностей;
- заміна блоку (пристрою), що відмовив, на справний блок з перевіркою працездатності системи.

Заміна несправного блоку на справний блок із ЗІП виконується оперативним персоналом. Заміну інших блоків виконує ремонтний персонал. При заміні блоків МСКУ не допускається торкатися руками до електронних компонентів на платах функціональних модулів, оскільки вони чутливі до впливу статичної напруги.

Відновлення працездатності контролера КМП-20/34: для перезавантаження КМП-20/34 підключити до з'єднувача ТР на передній панелі непрацездатного контролера заглушку (перебуває у ВРК1, у лівому верхньому куті). На контролері має загорітися індикатор ТЕСТ. Від'єднати заглушку. Відновлення пройшло нормально, якщо на контролері згас індикатор ТЕСТ (протягом 16 с) і засвітився індикатор РАБ, що індикує сигнал «Робота» на шинах ІР. Час відновлення – 45 с. Інакше вважати контролер несправним.

Для заміни блоку живлення БПТ-147:

- встановити на РП-83 (№ 1 або № 2) вимикач МЕРЕЖА ВХІД1/ВИХІД1 вимкнене становище;
- вимикач живлення МЕРЕЖА на БПТ-147 (№ 1 або № 2) встановити у положення ВІДКЛ. Від'єднати джгути, що підводять, «Вхід 220 V», «Вихід», «Контроль» і відкрутити гвинти, що утримують блок на поворотній рамі. Здійснити заміну на справний блок із комплекту ЗІП, на якому вимикач живлення попередньо встановити в положення ВІДКЛ;

- встановити на РП-83 (№ 1 або № 2) вимикач МЕРЕЖА ВХІД1/ВИХІД1 у включене становище. На БПт-147 вимикач живлення встановити у включене положення ВКЛ та переконатися у правильності виконання робіт по одиничних індикаторах та відсутності повідомлень про несправність після виконання програми контролю обладнання на відеофрагменті «Працевдатність СВРК».

Для заміни блоку вентиляторів БВН-126 необхідно:

- вимикач живлення МЕРЕЖА на БВН-126 встановити у положення ВІДКЛ;
- витягти за допомогою ручки блок по напрямних;
- встановити на місце непрацевдатного блоку справний із ЗІП;
- увімкнути вимикач МЕРЕЖА, за наявності живлення від двох фідерів засвітяться індикатори «24 V(1)», «24 V(2)» та «Робота».

Заміна контролера КМП-20/34 проводиться при включеному електроживленні у наступній послідовності:

- встановити у гніздо ТР контролера заглушку для логічного відключення контролера з роботи;
- від контролера, що замінюється, з гнізда ARC від'єднати джгут міжконтролерного зв'язку;
- з гнізда E-Tx та E-Rx від'єднати оптоволоконний кабель мережі МАПМ/Ethernet;
- витягти контролер з каркаса монтажного і встановити на його місце працевдатний, попередньо переставивши в нього заглушку (ТР) із вилученого непрацевдатного контролера;
- підключити оптоволоконний кабель до гнізда E-Tx та E-Rx відповідно до маркуванням;
- відновити міжконтролерні зв'язки, від'єднати заглушку від гнізда ТР.

Контролер готовий до роботи, після завершення всіх процедур, виконаних при початковому включенні контролера – індикатор ТЕСТ погашений, індикатор РОБ включений. Час відновлення – 45 с.

Для заміни функціонального блоку зв'язку з об'єктом (ПНК(Р)-1М1, ПНК(Р)-2/1, ПНК(Р)-2/3, НД(РКФ)-16/3М, НД(РТФ)-32/3-3, ПВІ(РТ)-8/3М1) без відключення живлення у МСКУ необхідно:

- програмним способом виключити з обробки всі вхідні сигнали модуля, що замінюється – відповідно до процедури;
- відключити системний джгут від несправного блоку – у верхній частині з'єднувача із системним джгутом, який вставлений у роз'єм Х3 блоку, натиснути на пружинний фіксатор і витягнути з'єднувач по напрямних. Тільки після цього відпустіть пружинний фіксатор;
- витягнути несправний блок з монтажного каркасу;
- встановити справний блок на звільнене місце;
- під'єднати системний джгут – вставити з'єднувач у напрямну Х3 і натиснути до упору, доки не зафіксується пружинний фіксатор;
- програмним способом включити в роботу всі вхідні сигнали модуля, що замінюється – відповідно до процедури.

Для заміни функціонального блоку зв'язку з об'єктом (ПКІ-2М, ПТС(П)-8МЗ, МКО-1) без відключення живлення в МСКУ необхідно:

- програмним способом виключити з обробки всі вхідні сигнали модуля, що замінюється – відповідно до процедури;
- відключити системний джгут від несправного блоку - відгвинтити гвинти роз'ємів, що фіксують;
- витягнути несправний блок з монтажного каркасу;
- встановити справний блок на звільнене місце;
- під'єднати системний джгут у відповідність до маркування роз'єму;
- програмним способом включити в роботу всі вхідні сигнали модуля, що замінюється – відповідно до процедури.

Для заміни функціонального блоку зв'язку з об'єктом ФК-16/3М, що видає сигнал у ПТК АЗ-ПЗ, без відключення живлення в МСКУ, та виключення помилкового спрацьовування сигналу «Видача ЗЗ-П» по одному каналу необхідно:

- у кросовій шафі поставити перемичку на два виходи замінного модуля, згідно з таблицею підключення вихідних сигналів;
- відключити системний джгут ФД/ФК від несправного блоку – у верхній частині з'єднувача із системним джгутом, який вставлений у роз'єм ХЗ блоку, натиснути на пружинний фіксатор і витягнути з'єднувач по напрямних. Тільки після цього відпустити пружинний фіксатор;
- витягти несправний блок з монтажного каркаса;
- встановити справний блок на звільнене місце;
- під'єднати системний джгут – вставити з'єднувач ФД/ФК у напрямну ХЗ і натиснути до упору, доки не зафіксується пружинний фіксатор;
- у кросовій шафі зняти, раніше встановлені, перемички.

Демонтаж (установка) блоку з каркасу монтажного КМЗ-121/3: відкрутити гвинт-домкрат у нижній частині блоку, повернути вгору ручку для зняття фіксації блоку (верхня частина блоку), витягнути блок по напрямних каркаса, тримаючи блок за гвинт-домкрат та ручку.

Встановлення:

- повернути вгору ручку для зняття фіксації блоку (верхня частина блоку);
- вставити блок у напрямні каркаса і натиснути до упору, повернути ручку для фіксації блоку вниз, закрутити гвинт-домкрат. Гвинти, що знаходяться у верхній частині блоку, необхідні тільки при транспортуванні МСКУ.

При підключенні або вимкненні блоку (системного джгута) необхідно уникати перекосу блоку (кожуха системного джгута) щодо напрямної каркаса (з'єднувача).

Канали прийому та формування аналогових сигналів МСКУ є метрологічними. Метрологічні характеристики мають такі канали зв'язку з об'єктом: аналогових сигналів напруги середнього та низького рівнів, струму та опору; прийому сигналів змінного струму, прийому частотних та час-імпульсних сигналів; формування аналогових сигналів струму та напруги; формування час-імпульсних сигналів.

Для зменшення систематичної похибки результати виміру піддаються цифрової корекції. Суть корекції полягає у обчисленні поправочних коефіцієнтів, визначальних зсув нуля та кута нахилу характеристики перетворення. Результати перетворення коригуються програмою калібрування каналів введення аналогових сигналів. У процесі роботи МСКУ програма калібрування каналів з об'єктом періодично підключає на входи цих каналів єталонні сигнали. Як джерело єталонних сигналів використовуються імітатори сигналів, які за програмним запитом видають фіксовані значення сигналів, що знаходяться в будь-якій точці діапазону зміни сигналу. За результатами вимірювання єталонних сигналів проводиться обчислення поправочних коефіцієнтів та корекція результатів виміру сигналів реальних датчиків.

Для роботи використовуються СІТ, зазначені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Метрологічні характеристики використовуваних СІТ

Найменування, тип ЗВТ	Метрологічні характеристики
Імітатор сигналів ІС-26	Діапазон каліброваних напруг від мінус 10 В до 10 В. Межі основної абсолютної похибки каліброваної напруги, що допускається, ± 25 мВ
Калібратор Calys75	Верхня межа діапазону відтворення напруги постійного струму 100 мВ. Межі основної похибки $\pm (0,01 \% + 3$ В). Верхня межа діапазону відтворення напруги постійного струму 20 В. Межі основної похибки, що допускається $\pm (0,015 \% + 200$ мВ). Верхня межа діапазону відтворення напруги постійного струму 50 В. Межі основної похибки, що допускається $\pm (0,015 \% + 2$ мВ).
Осцилограф FLUKE 196C	Діапазон вимірювання напруги від 0,1 мВ до 500 В. Межі основної похибки, що допускається (2,5 % від вимірюваної величини + 15 одиниць молодшого розряду)

Прилад комбінований цифровий Ц300	Верхня межа діапазону вимірювання постійного струму 1 А. Клас точності 0,1/0,02
Мультиметр НР34401А	Верхня межа діапазону вимірювань напруги постійного струму 10 В. Межі основної похибки, що допускається $\pm (0,0035 \% \text{ від вимірюваної величини} + 0,0005 \% \text{ від верхньої межі діапазону вимірювань})$. Верхня межа діапазону вимірювань опору постійному струму 1 кОм. Межі основної похибки $\pm (0,010 \% \text{ від вимірюваної величини} + 0,001 \% \text{ від верхньої межі діапазону вимірювань})$.
Мультиметр цифровий Ара-505	Верхня межа діапазону вимірювань напруги постійного струму 100 В. Межі основної похибки $\pm (0,015 \% \text{ від вимірюваної величини} + 2 \text{ од. мл. р})$. Верхня межа діапазону вимірювання постійного струму 100 мА. Межі основної похибки, що допускається $\pm (0,001 \% \text{ від вимірюваної величини} + 4 \text{ од. мл. р})$. Верхня межа діапазону вимірювань опору постійному струму 10 кОм. Межі основної похибки, що допускається $\pm (0,0025 \% \text{ від вимірюваної величини} + 2 \text{ од. мл. р})$
Мегаомметр Е6-16	Діапазон вимірів опору від 1 МОм до 200 МОм. Клас точності 1,5
Міра електричного опору постійного струму багатозначна Р3026-2	Діапазон значень електричного опору постійному струму від 0,01 до 111111,10 Ом. Клас точності 0,005/1,5 $\times 10^{-6}$
Міра електричного опору однозначна МС3050М	Номінальне значення опору 10 Ом. Клас точності 0,002

Примітка. Засоби вимірювальної техніки, що застосовуються, повинні бути повірені і мати діючу позначку про повірку в установленому порядку. Допускається замість зазначених застосовувати інші засоби вимірювальної техніки з аналогічними або найкращими метрологічними характеристиками.

Перевірка метрологічних характеристик окремих каналів введення-виведення аналогових сигналів проводиться відповідно до графіка перевірок вимірювальних приладів та пристроїв підприємства.

У складі програмного забезпечення МСКУ є програми для автоматичного контролю та оцінки метрологічних характеристик. Як нормовані характеристики похибок вимірювальних каналів МСКУ встановлені:

- межі основної наведеної похибки;
- межі допустимої систематичної складової основної похибки;

- межі допускного середнього квадратичного відхилення випадкової складової основної похибки;
- межі допустимої наведеної похибки в інтервалі зміни температури та відносної вологості за робочих умов експлуатації.

Періодичність перевірок встановлена не рідше одного разу на рік. Під час перевірки МСКУ з контрольного завдання канали зв'язку з об'єктом, що перевіряються, повинні бути відключені від об'єкта.

Для реалізації перевірки використовується комутаційна панель, за допомогою якої забезпечується підключення зовнішніх джерел-імітаторів дискретних сигналів постійного та змінного струмів.

4.8 Обмеження з експлуатації ПТК НР СВРК-М

ПТК НР СВРК-М має працювати за таких умов:

- напруга мережі живлення $\sim 220\text{В}$ з допустимим відхиленням напруги від номіналу на мінус 33В і плюс 22В , частота мережі живлення (50 ± 1) Гц;
- живлення ПТК НР СВРК-М здійснюється від двох незалежних джерел I категорії з допустимим часом переривання не більше 20 мс;
- температура навколишнього повітря від $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря при температурі $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ від 10% до 80% ;
- атмосферний тиск від 84 кПа до 106 кПа.

4.9 Можливі несправності та способи їх усунення

Технічні засоби ПТК НР СВРК-М мають вбудовані апаратно- програмні засоби оперативного контролю працездатності окремих функціональних блоків. У МСКУ є також контроль температури всередині шафи та контроль несанкціонованого доступу до вмісту шафи, з візуальною сигналізацією оперативному персоналу КОС про порушення в роботі обладнання.

У процесі виконання завдань виконується самодіагностика технічних засобів ПТК НР СВРК-М у фоновому режимі, що включає:

- контроль напруги живлення, фіксується неприпустиме зниження або підвищення величини стабілізованих напруг окремо по кожному фідеру;
- контроль працездатності вентиляторів (фіксується відмова будь-якого вентилятора МСКУ);
- контроль температури всередині шаф МСКУ (понад 65 °С);
- контроль стану дверей шаф МСКУ: відкрито - закрито;
- контроль працездатності всіх функціональних блоків та контролерів;
- контроль наявності зв'язку МАПМ/Ethernet з ККСО-1,2;
- контроль наявності мережі точного часу, що надходить з мережі єдиного часу.

Результати контролю подаються на відеофрагменті «Працездатність СВРК», а також індикуються на одиничних індикаторах, розташованих на панелях лицьових блоків. На передніх дверях шафи одиничний індикатор РОБОТА/ВІДМОВА засвічується червоним кольором у разі порушень роботи МСКУ.

Найпоширеніші несправності обумовлені такими причинами:

- порушенням контактних з'єднань - проводиться зовнішній огляд місць підключення системних джгутів, перевіряється надійність кріплення кожухів системних джгутів, блоків у каркасах та заземлюючих перемичок, приєднаних під гвинт;
- відсутністю напруги живлення;
- несправністю складових частин, функціональних блоків.

Під час обриву ліній зв'язку з перетворювачами первинної інформації (ППІ) ТЗ, ТП та загальностанційних нормованих та дискретних сигналів, значення виміряного сигналу відбраковується як недостовірне та з'являється жовта індикація на відповідному відеофрагменті стану технічних засобів та змінюється колір свічення індикатора на лицьовій панелі відповідного блоку.

При недостовірних значеннях вимірних параметрів необхідно виконати аналіз показань ПТК НР СВРК-М через «Підсистему подання даних» (SrvBrowser) на СДІ, та виміряти приладом значення вхідних сигналів у шафах промклемників. За наявності достовірного вхідного сигналу замінити відповідний вимірювальний блок у ВРК-1 – ВРК-6 відповідно до таблиць підключення вхідних сигналів та рисунків 1 – 6 цієї інструкції.

У таблиці 4.10 описано ознаки несправностей ПТК НР СВРК-М, можливі причини та методи усунення.

Таблиця 4.10 – Несправності ПТК НР СВРК-М

Можливі причини	Метод усунення
Зникла напруга живлення шафи МСКУ з введення 1 та введення 2	Усі світлодіоди на електронних блоках не горять. Послідовно перевірити лінію зв'язку, стан та модулі: АП-50 у шафах РТЗО НГ, РП-83, БПт-147. Здійснити включення.
Збій у роботі чи несправність КМП-20/34.	Перезавантажити три контролери, при подальшій непрацездатності замінити несправний контролер.
Немає зв'язку з ККСО-1,2 - збій клієнта Діагностики, обрив лінії зв'язку.	Ремонт ККСВ проводиться персоналом.
Несправний БПт-147 №1 чи №2	Замінити БПт-147 №1 або №2 згідно з інструкцією з експлуатації
Несправний МКО-1	Замінити МКО-1 на аналогічний із ЗПП, згідно з інструкцією з експлуатації
Несправний БВН-126	Замінити БВН-126 згідно з інструкцією з експлуатації
Температура всередині шафи від 50 до 59 °С. Температура всередині шафи вище 60 °С	Відкрити двері, вжити заходів до зниження температури (зовнішньої), перевірити чи замінити БВН-126 згідно з інструкцією з експлуатації
Відсутній зв'язок МСКУ з ВУ СВРК-М за 1 напрямком	Проаналізувати стан світлодіода ЕТФ на КМП-20/34 згідно інструкції з експлуатації
Несправний Комутатор-3(4) шафи КСВ	Несправність усуває персонал
Обрив лінії зв'язку	Перевірити оптику від КМп до КСВ
Збій у роботі КМП-20/34 (№ 3)	Проаналізувати стан світлодіодів КМП-20/34, перезавантажити КМп, який відмовився, згідно з інструкцією з експлуатації
Нестабільність у роботі ПЗ КМП-20/34(Повна чи часткова втрата інформації від шафи)	Вимкнути РП-83 з обох введень живлення. Через 60 с увімкнути. Відбудеться очищення ОЗП та перезапуск системи

Непрацездатний КМП-20/34 (№3)	Замінити КМП-20/34 (згідно інструкції з експлуатації) Працездатність шафи забезпечується і при одному робочому КМП-20/34 №1 або №2. Для цього достатньо витягти з каркаса два інших КМП.
Версія ІС не збігається із сусідніми контролерами	Проаналізувати стан світлодіодів КМП-20/34 за інструкцією з експлуатації. Немає сигналу «Робота» перезавантажити КМП, що відмовився, заглушкою ТР.
КМП-20/34 знаходиться у стартовому режимі.	Завантажити необхідну ІВ у контролер за допомогою ІСП-2. Виконує персонал лабораторії СВРК (РСІЗ УВС).
Непрацездатний електронний блок	За станом світлодіодів електронних блоків виявити несправний блок. Замінити блок за методикою, описаною інструкцією з експлуатації
Непрацездатний канал в електронному блоці за результатами внутрішньої діагностики	За станом світлодіодів електронних блоків виявити блок з несправним каналом і порівняти його з дублюючим блоком. На СДІ вибрати параметр, що вимірюється даним каналом і порівняти його з дублюючим. У разі розбіжності вимірних даних та станів світлодіодів замінити блок на аналогічний із ЗПП, згідно з інструкцією з експлуатації
Непрацездатний ППП: відмова датчика, лінії зв'язку, нормуючих перетворювачів у шафах РТ, ФТ	Здійснити вимірювання вхідного сигналу за методикою описаної в інструкції з експлуатації. Порівняти показання основного та дублюючого каналу в блоках. Зробити висновок про працездатність датчика. При необхідності вимкнути вхідні клеми від кросу (параметр автоматично виключиться з обробки). Вимірювання та аналіз сигналів по ДПЗ проводить персонал лабораторії СВРК та ВЯБ
Непрацездатний ППП: відмова датчика, лінії зв'язку, нормуючих перетворювачів у шафах РТ, ФТ. Відмова датчика лінії зв'язку. Обрив кабелю ТАКТ	Виміряти вхідний сигнал за інструкцією з експлуатації. Проаналізувати стан світлодіодів ПТС(П)-8МЗ, МКО-1. Перевірити підключення кабелю до роз'ємів ТАКТ основного та дублюючого каналів. Для виключення впливу дублюючого каналу на основний - відключити роз'єм ТАКТ від неробочого блоку МКО-1
Відмова реле у модулі ФК-16/3М Відмова зв'язку МАПМ/Ethernet шафи МСКУ з КСВ. Не надійшла керуюча команда від ВУ до шафи МСКУ	Здійснити зовнішній огляд модуля ФК-16/3М за світлодіодами, виміряти опір лінії зв'язку на відсутність обриву. Замінити модуль на справний із ЗПП.

Непрацездатність всієї шафи МСКУ Несправність у ланцюгах ПТК АЗ-ПЗ	Збій програмного забезпечення ВР СВРК-М.
Обрив лінії зв'язку по всій ділянці від модуля ФК-16/3М до шаф промклемників ПТК АЗ-ПЗ: ПСд-136/2, ПКр-28, траса, ШПК. Надійшла керуюча команда від ВУ СВРК-М до шафи МСКУ. Несправність у ланцюгах ПТК АЗ-ПЗ.	Виконати вимірювання ліній зв'язку омметром – лінія має бути замкненою. Усунути урвище. Збій програмного забезпечення ВУ СВРК-М.

При вимірі вхідних сигналів необхідно попередньо їх програмно виключити з роботи. При необхідності розриву лінії зв'язку від ФК-16/3М до ПТК АЗ-ПЗ обов'язково встановити перемичку на цей канал у кросовому шафі для виключення помилкового спрацьовування захисту ПЗ-П.

Вимірювання вхідних сигналів здійснюється приладом мультиметром цифровим АРРА-505 (межі основної похибки, що допускається 0,015 % від вимірюваної величини + 2 од. мл. р. в режимі вольтметра; 0,001 % від вимірюваної величини + 4 од. мл. р в режимі амперметра; 0,0025 % величини + 2 од.млн.р. в режимі омметра) або аналогічним приладом класу точності не нижче зазначеного. Вимірювання проводити на вхідних клеммах КР, дотримуючись полярності. Якщо сигнал, що вимірюється, вимагає відключення від кросу і він входить до переліку сигналів, , то перед початком робіт необхідно погодити замір та програмне виключення даного сигналу з оперативним персоналом.

Вимірювання вхідних нормованих струмових виконується в кросових шафах приладом у режимі вольтметра, зі шкалою, що має максимальна роздільна здатність в діапазоні вимірювань від 0 В до 5 В (рис. 4.9).

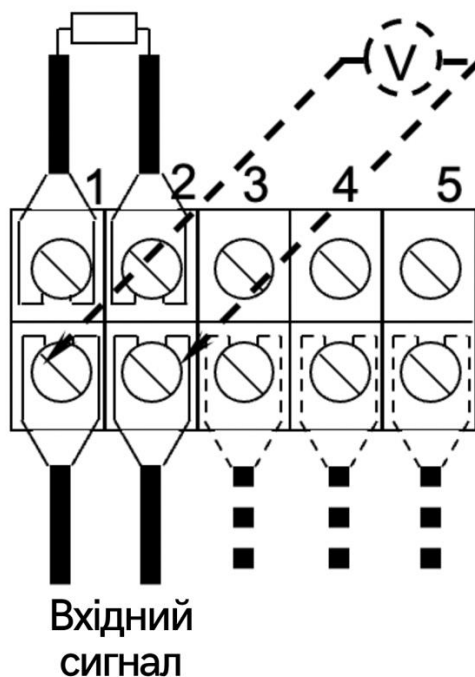


Рисунок 4.9 – Вимірювання нормованих сигналів

Визначення технологічного параметра, шкали, зсуву та фізичної одиниці виміру за вимірним сигналом здійснюється за зазначеною методикою.

Вхідні дискретні сигнали «сухий контакт»:

а) програмним способом виключити з обробки вимірюваний сигнал;
 б) від'єднати вхідні клеми контрольованого сигналу та виміряти опір між ними (рис. 4.10):

1) Спрацьовування сигналу відповідає опір в діапазоні від 0 до 500 Ом між клемами вхідного сигналу;

2) Відсутності спрацьовування сигналу відповідає опір понад 10 кОм між клемами вхідного сигналу;

в) підключити вхідні клеми назад;

г) програмним способом включити в роботу сигнал, що вимірюється.

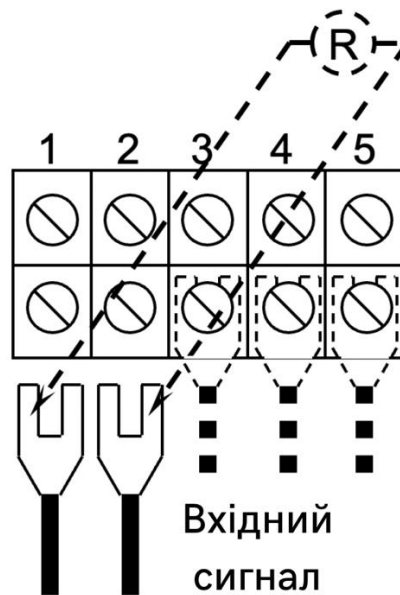


Рисунок 4.10 – Контролює дискретні сигнали «сухий контакт»

Вихідні дискретні сигнали типу «сухий контакт» - не від'єднуючи вихідні клеми контрольованого сигналу виміряти напругу між ними:

- спрацьовування сигналу відповідає напругі більше 15 В між клеми вихідного сигналу;
- відсутності спрацьовування відповідає напругі між клемами вихідного сигналу від 0 В до 2 В.

Потенційні дискретні сигнали:

- виміряти напругу між клемами вхідного сигналу (рис. 4.11);
- спрацьовування сигналу відповідає напругі в діапазоні вимірювань від 19 В до 27 В між клемами вхідного сигналу;
- відсутності спрацьовування сигналу відповідає напруга в діапазоні вимірювань від 0 В до 2 В між клемами вхідного сигналу.

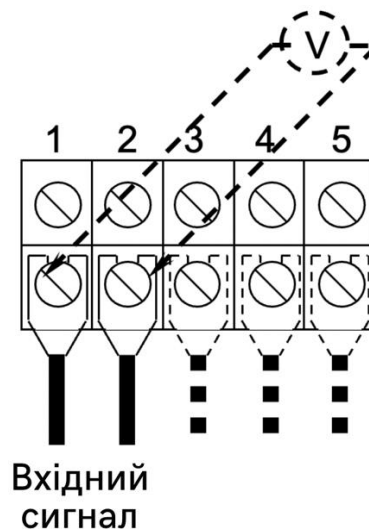


Рисунок 4.11 – Контроль потенційних дискретних сигналів

Вимірювання сигналів від термоелектричних перетворювачів (ТП):

а) виміряти напругу між клеммами плюс та мінус ТП. Показання повинні бути в діапазоні вимірювань від 0 мВ до 13 мВ (рис. 4.12);

б) при відповідності діапазону вимірювань від 0 мВ до 13 мВ порівняти вимірне значення зі показаннями ПТК НР СВРК-М в мілівольтах основного та дублюючого входів. Відхилення має бути трохи більше 2 %

в) при розбіжності більше 2% несправний функціональний блок або дефект лінії зв'язку:

1) якщо несправний функціональний блок, замінити його;

2) якщо виявлено дефект лінії зв'язку, то змінити пріоритет на справний канал;

г) при розбіжності менше 2% або вимірне значення сигналу відхиляється від діапазону вимірювань від 0 мВ до 13 мВ необхідно перевірити справність ТП, для цього:

1) програмним способом виключити з обробки вимірюваний сигнал;

2) відключити жили кабелю термопар від клемника;

3) виміряти опір між клеммами плюс та мінус ТП у діапазоні вимірювань 0 - 2000 Ом. Якщо вимірне значення перебуває у діапазоні вимірів 50 – 250

Ом, необхідно звернутися по висновок про достовірності показань температури у градусах Цельсія, інакше вважати ТП несправною.

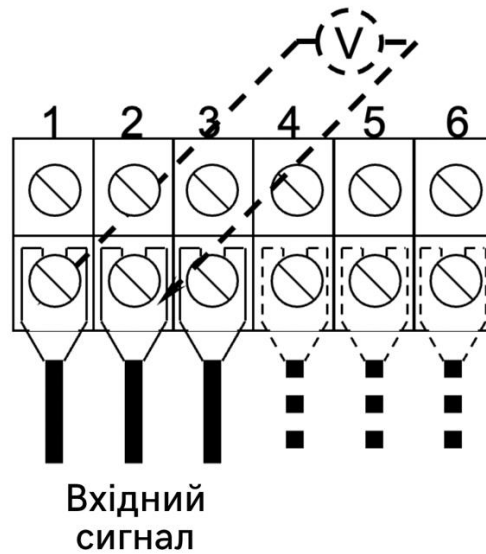


Рисунок 4.12 – Вимірювання сигналів від термоелектричних перетворювачів

Після закінчення вимірювань, якщо ТП справна, її необхідно підключити до клемника та програмно включити в роботу. Якщо ТП несправна, її не потрібно підключати до клемника і програмно включати в роботу.

При цьому індикатор РОБОТА/ВІДМОВИ на дверях двох протилежних ВРК та індикатор РОБ на лицьовій панелі блоків ПНК(Р)-2/1,3 засвічуються червоним кольором. На відеоформатах працездатності СВРК (УСО-1(2), ПНК(Р)-2/1, ПНК(Р)-2/3 до яких входить дана ТП з'являється жовтий колір – це означає, що вхідний сигнал відключений від апаратури (ознака) – обрив лінії зв'язку). На працездатність усієї системи це не впливає.

Вимірювання сигналів від термоперетворювачів опору:

- програмним способом виключити з обробки вимірюваний ТО;
- вимкнути клеми вхідного кабелю ТС від кросу (рис. 4.13);
- виміряти приладом АРРА-505 опір між жилами 1 та 2, 4 та 5 вхідний кабель. Опір R 12 та R 45 (Ом) має бути в діапазоні вимірювань 50 –130 Ом;

- виміряти опір між жилами 1 і 4, 2 і 5 вхідного кабелю R_{14} і R_{25} (Ом), опір R_{14} і R_{25} (Ом) має бути в діапазоні вимірів 3 – 15 Ом;
- підключити клеми вхідного кабелю назад;
- порівняти вимірні значення основного та дубльованого каналів ПТК НР СВРК-М із розрахунковим значенням R_{TC} . Відхилення вимірного значення основного (дубльованого) каналу ПТК НР СВРК-М від розрахункового значення має бути не більше ніж 2 %. Програмно включити ТЗ у роботу;
- інакше замінити відповідний блок ПТС(П)-8МЗ дефектного каналу, використовуючи відповідну методику;
- у разі виходу з ладу ТОП вхідні жили відключити від кросу та програмно не вводити ТЗ у роботу.

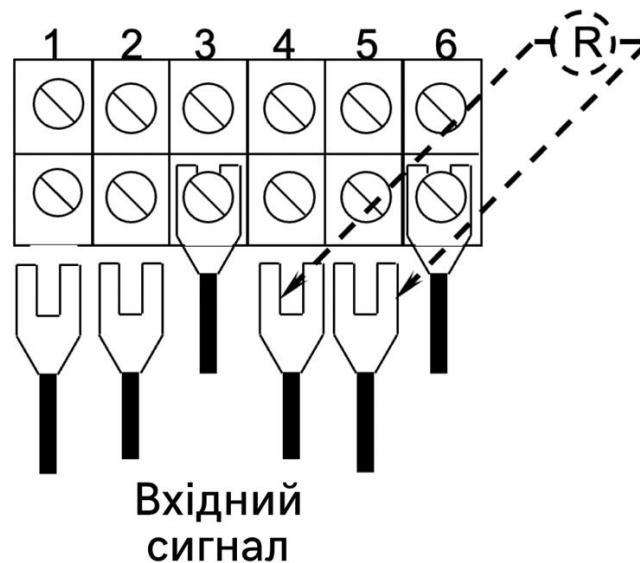


Рисунок 4.13 – Вимірювання сигналів від термоперетворювачів опору

Значення опір R_{TC} (Ом) обчислюється за такою формулою:

$$R_{TC} = \frac{(R_{12} + R_{45}) - (R_{14} + R_{25})}{2}$$

де R_{14} і R_{25} - значення опір між жилами 1 і 4, 2 і 5 вхідного кабелю R_{14} і R_{25} Ом.

При цьому індикатор РОБОТА/ВІДМОВИ на дверях двох протилежних ВРК засвічуються червоним кольором. На відеограмах працездатності СВРК (УСО-1,2; ПТС(П)-8МЗ який входить даний ТЗ) з'являється жовтий колір – це означає те, що вхідний сигнал відключений від кросу (ознака - обрив лінії зв'язку). На працездатність усієї системи це не впливає. Надалі дефект усуває персонал, після чого все буде приведено до штатного стану.

При виявленні дефектів за вхідними сигналами проводять вимірювання дефектних датчиків термоконтролю або енерговиділення та фіксується номер дефекту та результати вимірювань. Після аналізу недостовірних значень вимірних параметрів, дефектні датчики виключаються з обробки ВВ СВРК-М.

4.10 Висновки

1. Побудова сучасних повнофункціональних АСУ ТП перспективних енергоблоків із реактором типу ВВЕР, реалізуючи виконання всіх важливих для безпеки АЕС функцій, зокрема: вимірювання нейтронної потужності реакторної установки; формування та видачу сигналів попереджувального та аварійного захисту та інші.

2. Аналіз вимог до перспективних АСУ ТП показав, що основні системні та технічні рішення, апробовані в АСУ ТП енергоблоків, що діють, дозволяють методом проектного компонування створювати системи контролю та управління з необхідними характеристиками на базі референтної програмно-апаратної платформи.

3. Компоненти мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М забезпечують реалізацію всього діапазону керування – від одноконтурного регулювання до адаптивного керування найскладнішими технологічними процесами.

4. Надійність ПТК на базі мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М забезпечується комплексом технологічних, апаратних, системних та програмних рішень.

5. Технічні засоби мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М розроблені на основі елементної бази та комплектуючих провідних світових - виробників. Базовими компонентами є програмовані промислові контролери.

6. Основні функції мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління, такі як збирання, перетворення, первинна обробка та зберігання інформації, отриманої від об'єкта тощо забезпечують виконання функцій контролю та управління у реальному часі.

7. Програмне забезпечення мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М відповідає рекомендаціям, які містяться у документах МАГАТЕ.

ВИСНОВКИ

1. Внаслідок робіт з модернізації системи внутрішньореакторного контролю на енергоблоках українських АЕС було створено СВРК нового покоління.

2. Система внутрішньореакторного контролю СВРК-М забезпечує можливість контролю активної зони за її поточним станом з відповідним підвищенням економічності та безпеки експлуатації палива в активній зоні реактора. СВРК-М є багатофункціональною інтегрованою багаторівневою системою з резервуванням найбільш важливих функцій, відкриту для подальшого розширення.

3. Представлена система здатна виконувати керуючі, захисні, інформаційні, діагностичні функції та забезпечити підвищення якості, надійності та безпеки експлуатації ядерного палива та енергоблоків АЕС.

4. Проаналізовано системи внутрішньореакторного контролю, визначено їх переваги та недоліки із урахуванням вимог сьогодення та сучасного рівня розвитку науки і техніки.

5. Створено сучасну серійну систему внутрішньореакторного контролю СВРК-М, що дозволяє здійснювати поетапну реконструкцію діючих систем на базі уніфікованих схемотехнічних рішень, забезпечуючи при цьому безпечну та економну експлуатацію активних зон з урахуванням.

6. Визначено, що побудова сучасних повнофункціональних АСУ ТП перспективних енергоблоків із реактором типу ВВЕР, реалізуючи виконання всіх важливих для безпеки АЕС функцій, зокрема: вимірювання нейтронної потужності реакторної установки; формування та видачу сигналів попереджувального та аварійного захисту та інші.

7. Аналіз вимог до перспективних АСУ ТП показав, що основні системні та технічні рішення, апробовані в АСУ ТП енергоблоків, що діють, дозволяють

методом проектного компоювання створювати системи контролю та управління з необхідними характеристиками на базі референтної програмно-апаратної платформи.

8. Компоненти мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М забезпечують реалізацію всього діапазону керування – від одноконтурного регулювання до адаптивного керування найскладнішими технологічними процесами.

9. Основні функції мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління, такі як збирання, перетворення, первинна обробка та зберігання інформації, отриманої від об'єкта тощо забезпечують виконання функцій контролю та управління у реальному часі.

10. Програмне забезпечення мікропроцесорного субкомплекса контролю та управління МСКУ 2М відповідає рекомендаціям, які містяться у документах МАГАТЕ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ястребенецкий М. А., Васильченко В. М. и др. Безопасность атомных станций. Информационные и управляющие системы. Под ред. М.А. Ястребенецкого. К. :Техніка. 2004. 472 с
2. A.Gorelik, V.Yeliseyev. Experience on developing new computer information systems and step-by-step reconstruction of functioning computer information systems of power units VVER-1000. Fourth International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control and Human Machine Interface Technologies. Columbus, Ohio, September, 2004.
3. Елисеев В. В., Ларгин В. А., Пивоваров Г. Ю. Программно-технические комплексы АСУ ТП. К: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. 429 с.
4. Система внутриреакторного контроля ВВЭР-1000 СВРК-М. Концепция модернизации и сопровождения эксплуатации СВРК-М АЭС Украины. ГП НАЭК «Энергоатом», 2005 г.
5. НП 306.5.02/3.035-2000. Норми и правила з ядерної та радіаційної безпеки. Вимоги з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних і керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій.
6. НП 306.1.02/1.034-2000. Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій.
7. С.Ф. Артюх, И.В. Пантелеева. Электрические станции, сети и системы. Харьков, 2001.
8. Комплексы программно-технические нижнего уровня модифицированной системы внутриреакторного контроля ПТК НУ СВРК-М. Технические условия. ТУ У 3.53-00229760- 151-2000.
9. Техническое задание на модернизацию вычислительного комплекса системы внутриреакторного контроля водо-водяного энергетического

реактора ВВЭР-1000 2-го энергоблока Южно-Украинской АЭС.
ИТКЯ.90.0332 ТЗ.

10. Демченко В.А. Автоматизация та моделювання технологічних процесів АЕС і ТЕС : навчальний посібник. Одеса : Астропринт, 2001. 308с.

11. Бундюк А.М. Комп'ютерні системи АНАЛІЗУ ефективності в енергетиці : конспект лекцій: Одеса, 2006.