

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри

_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
НА ТЕМУ:

**МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПІДСИСТЕМИ НИЖНЬОГО РІВНЯ КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ
БЕЗПЕКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА**

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 123 – “Комп’ютерна інженерія”

Науковий керівник роботи:

_____ (підпис)

В.А. Ларгін

_____ (ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

_____ (підпис)

Я.О. Критська

_____ (ініціали, прізвище)

Студент:

_____ (підпис)

Б.В. Кислинський

_____ (ініціали, прізвище)

Група:

_____ КІ-17ДМ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
І.С. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кислинського Богдана Валентиновича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПІДСИСТЕМИ НИЖНЬОГО РІВНЯ
КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА**

керівник проекту (роботи) Ларгін Віктор Анатолійович, доцент, кандидат технічних наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від " " 2019 р. № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Літературні, патентні та регламентні дані

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз предметної області, постановка завдання

2) Вибір засобів для підсистеми зв'язку з об'єктом

3) Розробка структури підсистеми зв'язку з об'єктом, алгоритму захисної системи

4) Питання охорони праці, екології

Висновки

Додаток

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Критська Яна Олександрівна		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз предметної області, постановка завдання	10.09.2018 - 14.10.2018	
2	Вибір засобів для підсистеми зв'язку з об'єктом	15.10.2018 - 02.11.2018	
3	Розробка структури підсистеми зв'язку з об'єктом, алгоритму захисної системи	03.11.2018 - 02.12.2018	
4	Розгляд питань з охорони праці, екології	04.12.2018 - 18.12.2018	
5	Оформлення пояснювальної записки	19.12.2018 - 01.01.2019	
6	Оформлення презентації роботи	02.01.2019 – 10.01.2019	

Студент _____

(підпис)

Кислинський Б.В. _____

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник _____

(підпис)

Ларгін В.А. _____

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кислинський Богдан Валентинович. Методи побудови підсистеми нижнього рівня керуючої системи безпеки ядерного реактора.

Проведено аналіз існуючих керуючих систем безпеки українських фірм. Сформульовані вимоги до підсистеми нижнього рівня КСБ та завдання на магістерську роботу. Проаналізовано промислові контролери різних виробників та обрано найбільш відповідний контролер для реалізації підсистеми. Розроблено підсистему, схему алгоритму системи імпульсно-запобіжних клапанів та прикладну програму, що реалізує алгоритм відповідно до завдання на магістерську роботу.

Ключові слова: система безпеки, ядерний реактор, промисловий контролер, принцип одиничної відмови, відмова із загальної причини.

АННОТАЦИЯ

Кислинский Богдан Валентинович. Методы построения подсистемы нижнего уровня управляющей системы безопасности ядерного реактора.

Проведён анализ существующих управляющих систем безопасности украинских фирм. Сформулированы требования к подсистеме нижнего уровня УСБ и задание на магистерскую работу. Проанализированы промышленные контроллеры разных производителей и выбран наиболее подходящий контроллер для реализации подсистемы. Разработана подсистема, схема алгоритма системы импульсно-предохранительных клапанов и прикладная программа, реализующая алгоритм в соответствии с заданием на магистерскую работу.

Ключевые слова: система безопасности, ядерный реактор, промышленный контроллер, принцип единичного отказа, отказ по общей причине.

ABSTRACT

Kislinsky Bogdan Valentinovich. Constructing methods of a lower level subsystem of the nuclear reactor safety control system.

It was analyzed the existing safety control systems of Ukrainian companies. The requirements for lower level subsystem of safety control system and master's assignment have been defined. It was analyzed industrial controllers of different manufacturers and selected the most suitable for subsystem implementation. The subsystem, algorithm scheme of a pulse-safety valves system and program that realize algorithm have been developed in accordance with the master's assignment.

Key words: safety system, nuclear reactor, industrial controller, single failure criterion, common cause failure.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1 Загальні відомості про ядерні реактори	10
1.1.1 Пристрій ВВЕР-1200.....	12
1.1.2 Принцип роботи ВВЕР-1200	14
1.1.3 Системи керування і захисту ВВЕР-1200	15
1.2 Загальні відомості про КСБ.....	16
1.3 Керуюча цифрова система безпеки ПАТ «НВП «Радій»	18
1.4 Керуюча система безпеки технологічна КСБТ ПрАТ «СНВО «Імпульс»	21
1.5 Постановка завдання.....	25
1.5.1 Завдання до магістерської роботи	25
1.5.2 Технічне завдання на підсистему нижнього рівня.....	26
1.6 Висновки до розділу 1	27
2 ВИБІР ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІДСИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ З ОБ'ЄКТОМ	28
2.1 Промислові контролери SIMATIC S7-400.....	28
2.2 Промислові контролери МФК1500	31
2.3 Промислові контролери МСКК	35
2.4 Висновки до розділу 2	41
3 СИНТЕЗ ПІДСИСТЕМИ НИЖНЬОГО РІВНЯ КСБ.....	43
3.1 Проектування структури підсистеми зв'язку з об'єктом	43
3.2 Методика розрахунку надійності підсистеми зв'язку з об'єктом	48
3.3 Реалізація алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску.....	56
3.3.1 Система компенсації тиску	56
3.3.2 Розробка алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску «УР»	58
3.4 Висновки до розділу 3	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ.....	64

4.1 Загальні питання з охорони праці.....	64
4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці.....	65
4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці	65
4.2 Аналіз стану умов праці	67
4.2.1 Вимоги до приміщень	67
4.2.2 Вимоги до організації місця праці.....	67
4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці.....	68
4.3 Виробнича санітарія.....	69
4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу	69
4.3.2 Пожежна безпека.....	71
4.3.3 Електробезпека.....	73
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища	74
4.4.1 Мікроклімат	74
4.4.2 Освітлення.....	75
4.5 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання	77
4.6 Вентилювання.....	78
4.7 Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі).....	78
4.8 Охорона навколишнього природного середовища	80
ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
ДОДАТОК А.....	85
ДОДАТОК Б	89

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АЕС – атомна електростанція
- АСК ТП – автоматизовані система керування технологічним процесом
- БЖв – блок живлення
- БЩК – блоковий щит керування
- ВВЕР – водо-водяний енергетичний реактор
- ВМ – виконавчий механізм
- ІЗК – імпульсно-запобіжний клапан
- ІОС – інформаційно-обчислювальна система
- ІРП – інтерфейс радіальний послідовний
- КВП-РС – контрольно-вимірювальні прилади та розподільники струмові
- КМп – контролер мікропроцесорний
- КСБТ – керуюча система безпеки технологічна
- КСБ – керуюча система безпеки
- КЦСБ – керуюча цифрова система безпеки
- МАГАТЕ - міжнародне агентство з атомної енергії
- МКО – модуль контролю обладнання
- МСКК – мікропроцесорний субкомплекс керування
- ПВП – первинний вимірювальний перетворювач
- ПЗд – панель з'єднувальна
- ПЗО (МЗО) – пристрій (модуль) зв'язку з об'єктом
- ПКр – панель кросова
- РЖ – розподільник живлення
- РЩК – резервний щит керування
- СВБР – система верхнього блокового рівня
- СВРК – система внутрішнього реакторного контролю
- СДА – сервер діагностування та архівації
- СКЗ – системи керування і захисту
- СНЕ – система нормальної експлуатації
- ТЗА – технічний засіб автоматизації
- ТЗіБ – технологічних захистів і блокувань
- ЦП – центральний процесор

ВСТУП

Керування передбачає наявність керованого об'єкта або групи об'єктів і органу керування, який впливає на об'єкт, змінюючи його стан в потрібному напрямку. Керування являє собою набір дій, спрямованих на підтримку або покращення функціонування керованого об'єкта відповідно до заданої мети керування. Керування має бути оптимальним, тобто здійснюватися найкращим чином.

Оптимальне керування полягає у виборі найкращих, за деяким критерієм ефективності, керуючих впливів з безлічі можливих, з урахуванням наявних обмежень і інформації про стан керованого об'єкта і зовнішнього середовища. Основним інструментом для вирішення проблем керування виробництвом служать АСК. АСК – це людино-машинна система, що забезпечує автоматизований збір і обробку інформації, необхідної для оптимізації керування в різних сферах людської діяльності. За типом об'єктів керування розрізняють АСК підприємством – АСКП і АСК технологічними процесами – АСК ТП.

АСК ТП – це АСК для вироблення і реалізації керуючих впливів на технологічний об'єкт керування відповідно до прийнятого критерію керування [1].

Як і будь-яка сучасна АСК ТП, АСК ТП АЕС складається з досить великої кількості систем керування. Одна з найбільш великих систем АСК ТП АЕС – керуюча система безпеки ядерного реактора (КСБ).

КСБ ядерного реактора призначена для забезпечення ядерної безпеки АЕС через ініціювання спрацювання систем безпеки, а також здійснення контролю і керування виконавчими механізмами в процесі виконання заданих функцій. При цьому необхідно забезпечити достатню надійність КСБ і виключити видачу помилкових команд керування. Функції КСБ спрямовані на запобігання проектним аваріям, обмеження їх наслідків і забезпечення безпеки відповідно до принципу одиничної відмови.

Типова КСБ [1] складається з засобів вимірювальної техніки, обробки, аналізу, прийняття рішень і вироблення керуючих впливів. Підсистеми КСБ умовно діляться на два рівня ієрархії: нижній і верхній.

Підсистеми нижнього рівня КСБ забезпечують реалізацію керуючих функцій безпеки і функцій нормальної експлуатації (включаючи захисні дії, технологічні захисти, блокування, сигналізацію, автоматичне регулювання, дистанційне керування виконавчими механізмами), метою яких є збір інформації з датчиків, фільтрація від перешкод, визначення достовірних значень величин на основі показників датчиків, перетворення інформації в фізичні величини, виявлення відхилення технологічних параметрів від встановлених регламентних значень.

Підсистема верхнього рівня забезпечує створення і оперативне ведення бази даних технологічних процесів, відображення та архівування інформації про стан параметрів технологічних процесів та її передачу в блокову ІОС.

Актуальність теми. ПрАТ "СНВО" Імпульс" розробляє нову модифікацію КСБ для перспективних енергоблоків, які відповідають сучасним світовим стандартам, нормам і вимогам. Таким чином, розробка підсистеми нижнього рівня КСБ – підсистеми зв'язку з об'єктом – є актуальним завданням.

Метою роботи є збільшення надійності підсистеми нижнього рівня керуючої системи безпеки за рахунок вдосконалення структури підсистеми, використання сучасних технічних і програмних засобів, більшій відповідності до принципів резервування, незалежності та різноманітності, та приведення таким чином підсистеми до відповідності новим вимогам МАГАТЕ.

Об'єктом дослідження є забезпечення ядерної безпеки на АЕС.

Предметом дослідження є підсистема нижнього рівня КСБ — підсистема зв'язку з об'єктом.

Методами дослідження, що використовуються роботі, є теорія графів, теорія надійності та комбінаторний метод.

Наукова новизна одержаних результатів. Одержані матеріали для ескізного проекту «АСУ ТП енергоблоку нового покоління» в частині підсистеми нижнього рівня керуючої системи безпеки, що входить в АСУ ТП енергоблоку нового покоління.

Апробація результатів роботи. За результатами магістерської атестаційної роботи на випробувальному полігоні ПрАТ «СНВО «Імпульс» (м. Сєверодонецьк) було створено макет підсистеми зв'язку з об'єктом та перевірена її функціональність.

Розробка підсистеми нижнього рівня спрямована на підвищення показників надійності КСБ, що дозволить застосовувати її у перспективних енергоблоках з новими вимогами контролюючих організацій у сфері ядерної енергетики.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Загальні відомості про ядерні реактори

Ядерний реактор являє собою пристрій, призначений для організації та підтримки керованої ланцюгової реакції поділу, в результаті якої вивільняється ядерна енергія. Будь-який ядерний реактор складається з наступних частин [2]:

- активна зона з ядерним паливом і сповільнювачем;
- відбивач нейтронів, що оточує активну зону;
- теплоносій;
- система регулювання ланцюгової реакції, в тому числі аварійний захист;
- радіаційний захист;
- система дистанційного керування.

За характером використання ядерні реактори діляться на:

- енергетичні реактори;
- експериментальні реактори;
- дослідницькі реактори;
- промислові (збройові, ізотопні) реактори.

Часто реактори застосовуються для вирішення двох і більше різних завдань, в такому випадку вони називаються багатоцільовими.

У світі експлуатується 437 енергетичних реакторів, в основному, на атомних електростанціях. Більшість енергетичних реакторів - водо-водяні, майже всі - на теплових нейтронах.

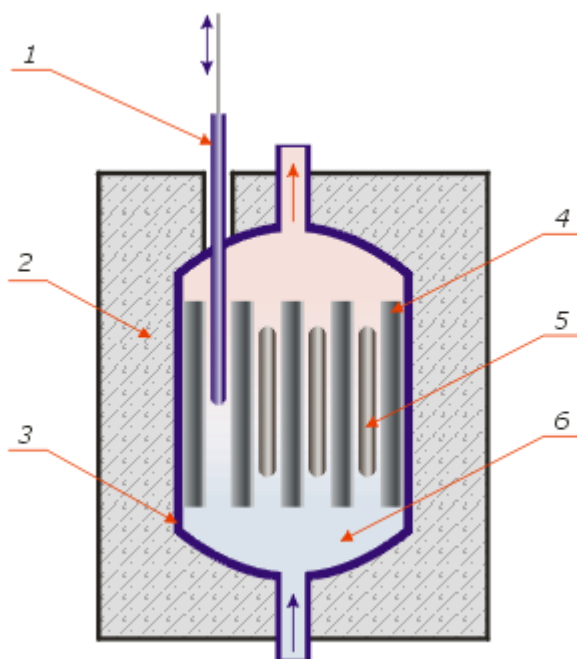


Рисунок 1.1 – Схематичний пристрій гетерогенного реактора на теплових нейтронах

На рисунку 1.1 зображені:

- 1) керуючий стрижень;
- 2) радіаційний захист;
- 3) теплоізоляція;
- 4) сповільнювач;
- 5) ядерне паливо;
- 6) теплоносій.

ВВЕР (водо-водяний енергетичний реактор) - водо-водяний корпусний енергетичний ядерний реактор з водою під тиском, представник однієї з найбільш вдалих гілок розвитку ядерних енергетичних установок, що набули широкого поширення в світі. Загальна назва реакторів цього типу в інших країнах – PWR (реактор з водою під тиском, від англ. pressurized water reactor), вони є основою світової мирної ядерної енергетики. Залежно від типу ядерного реактора можливі одноконтурні, двоконтурні і трьохконтурні ядерні енергетичні установки. ВВЕР застосовується в двуконтурній ядерній енергетичній установці. Як найбільш перспективний, буде розглянуто водо-водяний енергетичний реактор ВВЕР-1200.

1.1.1 Пристрій ВВЕР-1200

ВВЕР-1200 – ядерний реактор серії реакторів ВВЕР з номінальною електричною потужністю 1200 МВт, тепловою – 3212 МВт. Є гетерогенним корпусним реактором на теплових нейтронах з водою в якості теплоносія, сповільнювача і відбивача нейтронів. Пристрій ВВЕР-1200 наведено на малюнку 1.2 [3].

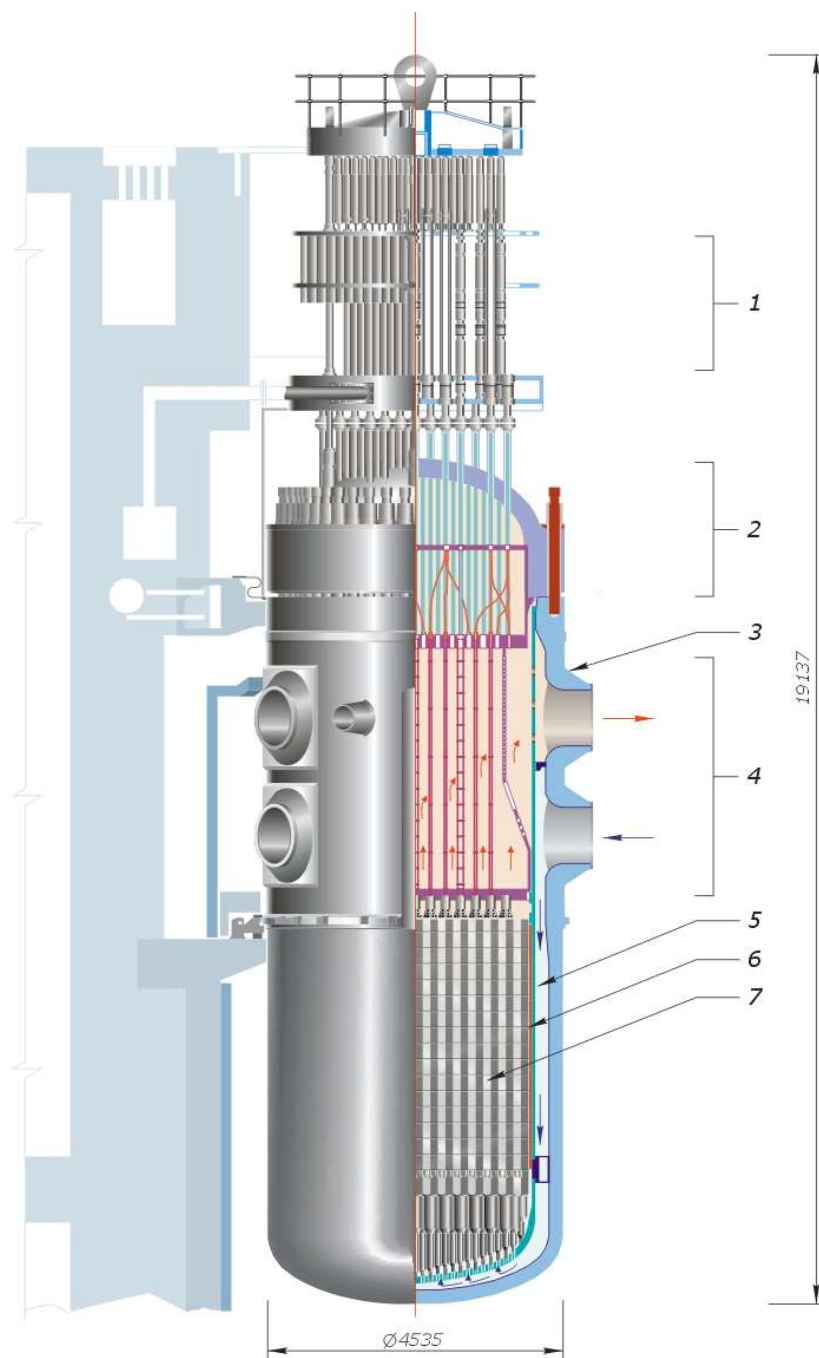


Рисунок 1.2 – Пристрій реактора ВВЕР-1200

Пристрій реактора ВВЕР-1200:

- 1) привід системи керування і захисту (СКЗ);
- 2) кришка реактора;
- 3) корпус реактора;
- 4) блок захисних труб;
- 5) шахта;
- 6) вигородка активної зони;
- 7) паливні збірки, регулюючі стрижні.

В реакторі відбувається перетворення енергії, що виділяється при ланцюговій реакції поділу ядер урану, в теплову енергію теплоносія першого контуру. Нагрітий теплоносій надходить за допомогою циркуляційних насосів в парогенератори, де віддає частину свого тепла воді другого контуру. Вироблений в парогенераторах пар надходить в паротурбінну установку, що приводить в рух турбогенератор, який виробляє електроенергію. Умовна схема енергоблоку з водо-водяним реактором приведена на рисунку 1.3.

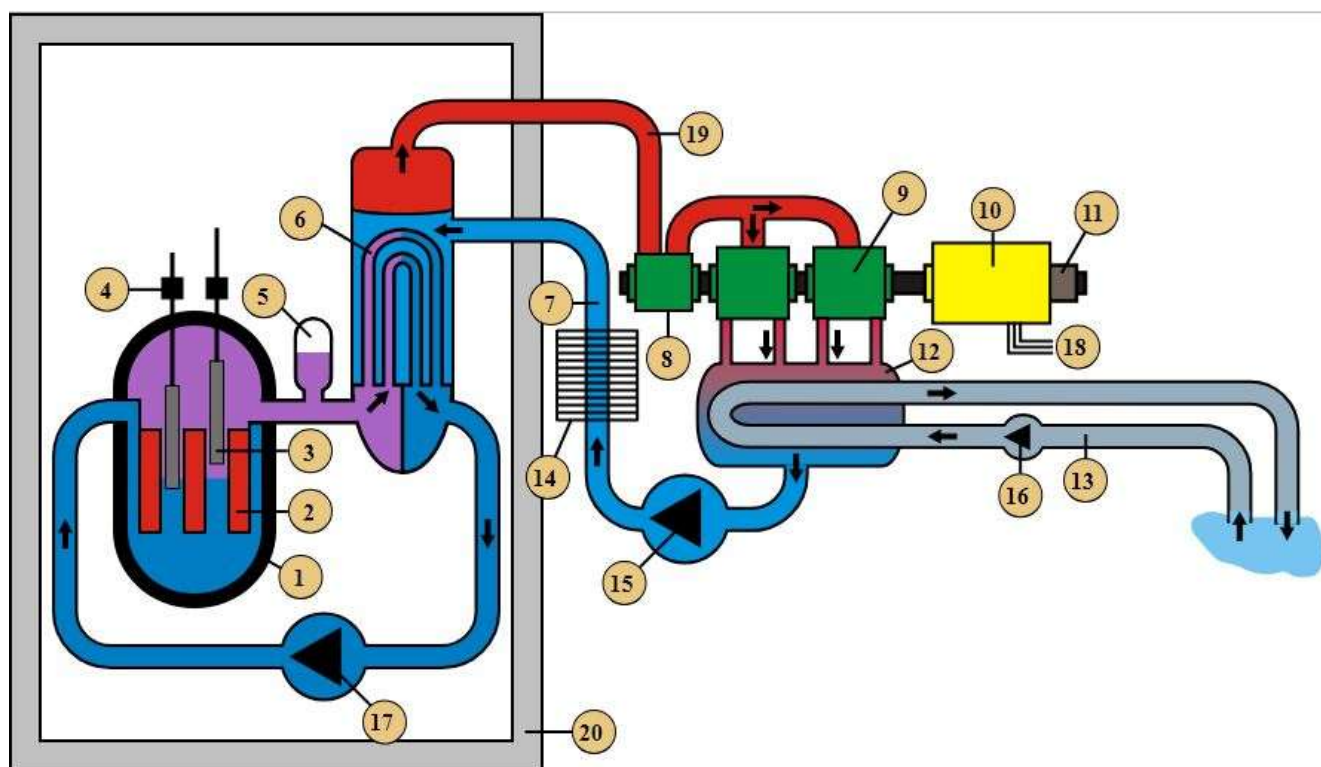


Рисунок 1.3 – Умовна схема енергоблоку з водо-водяним реактором

Позначення на схемі:

- 1) реактор;
- 2) паливо;
- 3) регулюючі стрижні;

- 4) приводи СКЗ;
- 5) компенсатор тиску;
- 6) теплообмінні трубки парогенератора;
- 7) подача живильної води в парогенератор;
- 8) циліндр високого тиску турбіни;
- 9) циліндр низького тиску турбіни;
- 10) генератор;
- 11) збудник;
- 12) конденсатор;
- 13) система охолодження конденсаторів турбіни;
- 14) підігрівачі;
- 15) турбоживильний насос;
- 16) циркуляційний насос;
- 17) головний циркуляційний насос;
- 18) підключення генератора до мережі;
- 19) подача пари на турбіну;
- 20) гермооболонка.

1.1.2 Принцип роботи ВВЕР-1200

Перший контур є радіоактивним, в нього входить водо-водяний енергетичний реактор ВВЕР-1200 тепловою потужністю 3212 МВт і чотири циркуляційних петлі, за якими через активну зону за допомогою головних циркуляційних насосів прокачується теплоносій - вода під тиском 16 МПа (160 кгс / см²). Температура води на вході в реактор приблизно дорівнює 289 ° С, на виході - 322 ° С. Циркуляційна витрата води через реактор становить 84000 т / год. Нагріта в реакторі вода прямує по чотирьох трубопроводах в парогенератори. Тиск і рівень теплоносія першого контуру підтримуються за допомогою парового компенсатора тиску.

Другий контур - нерадіоактивний, складається з випарної і водоживильної установок, блокової знесольовальної установки і турбоагрегату електричною потужністю 1200 МВт. Теплоносій першого контуру охолоджується в парогенераторах, віддаючи при цьому тепло воді другого контуру. Насичена пара, вироблена в парогенераторах, з тиском 6,4 МПа і температурою 280 ° С подається в збірний паропровід і направляється до турбоустановки, що приводить в обертання електрогенератор. Витрата пара від 4 парогенераторів на турбіну - приблизно 6000 т / ч. У другий контур також входять конденсатні насоси першого і другого ступенів, підігрівачі високого і низького тиску, деаератор, турбоживильні насоси.

1.1.3 Системи керування і захисту ВВЕР-1200

Для керування і захисту в ВВЕР-1200 застосовуються такі системи [4]:

- система керування і захисту ядерного реактора (СКЗ);
- аварійний захист ядерного реактора (АЗ);
- попереджувальний захист ядерного реактора (ПЗ);
- підсистема автоматичного регулювання ядерного реактора (АР);
- система внутрішнього реакторного контролю (СВРК);
- керуюча система безпеки (КСБ);
- система нормальної експлуатації (СНЕ);
- система верхнього блокового рівня (СВБР).

СКЗ – багатофункціональна система, призначена для контролю потужності реактора, керування і швидкого гасіння ланцюгової реакції в усіх режимах роботи, а також підтримки реактора в підкритичному стані.

АЗ – сукупність пристроїв, призначених для швидкого припинення ланцюгової ядерної реакції в активній зоні реактора. Активний аварійний захист спрацьовує автоматично при досягненні одним з параметрів ядерного реактора значення, яке може привести до аварії. Пасивна аварійний захист (система аварійного охолодження активної зони САОЗ) – спеціальні баки з водним розчином борної кислоти, що знаходяться над реактором. У разі розриву першого контуру охолодження реактора, вміст цих баків самопливом надходить в активну зону реактора і ланцюгова ядерна реакція гаситься великою кількістю речовини що містить бор, який добре поглинає нейтрони.

ПЗ – система керування і захисту ядерного реактора, що призначена для запобігання можливості виникнення аварійної ситуації на ядерному реакторі зниженням потужності до безпечного рівня.

АР – підсистема системи керування і захисту ядерного реактора, що забезпечує виконання функції автоматичного регулювання ядерного реактора.

СВРК – система контролю ядерного реактора, яка дає відомості про параметри та характеристики активної зони, необхідних для забезпечення проектного технологічного режиму експлуатації активної зони ядерного реактора. Основне завдання – відновлення поля енерговиділення в об'ємі активної зони для забезпечення безпечної експлуатації ядерного палива.

КСБ – система, яка здійснює приведення в дію систем безпеки, контроль і керування ними в процесі виконання заданих функцій.

СНЕ – системи, що формують і реалізують по заданих технологічних цілях, критеріях і обмеженням керування технологічним обладнанням ядерного реактора в умовах нормальної експлуатації.

СВБР – система автоматичного збору, зберігання, представлення інформації про поточний стан технологічного об'єкта керування і автоматизованого дистанційного формування команд керування виконавчими механізмами.

1.2 Загальні відомості про КСБ

Система безпеки – це сукупність засобів і методів підтримки безпечного стану об'єкта, попередження, виявлення та ліквідації загроз життю, здоров'ю та середовища проживання, майну та інформації. Системи безпеки АЕС забезпечують ядерну безпеку. Розрізняють системи безпеки що забезпечують, що локалізують, а також керуючі та захисні системи безпеки [5].

КСБ повинна забезпечувати автоматичне керування системами і пристроями в нормальних умовах експлуатації (охолоджуючі системи, системи спецвентиляції), і системами безпеки в аварійних ситуаціях, а також проведення випробування систем безпеки. Підсистема зв'язку з об'єктом в складі КСБ, в свою чергу, повинна забезпечувати виконання функцій первинної обробки вхідних сигналів, із забезпеченням резервованого живлення ПВП, формування струмових сигналів, а також виконання алгоритмів ТЗіБ і видачі відповідних керуючих сигналів в апаратуру керування виконавчими механізмами.

В основі КСБ лежать наступні основні принципи:

- КСБ повинна автоматично включатися в роботу при настанні умов, що вимагають її дій;
- обмежується втручання оператора в дії КСБ і СНЕ до формування відповідного дозвольного технологічного імпульсу;
- поява будь-яких одиничних відмов в керуючій системі і відмова з загальної причини не повинні порушувати її працездатності.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) визначає відмову з загальної причини, як «відмова двох або більше конструкцій, систем або елементів через одиничну конкретну подію або причину» [6]. Міжнародна електротехнічна комісія доповнює визначення відмови з загальної причини наступним: «співпадає відмова двох або більше конструкцій, систем або елементів викликаних будь-яким прихованим дефектом через помилки проектування або виготовлення, роботи або технічного обслуговування, і який запускається будь-якою подією, викликаною явищем природи, ходом технологічного процесу або дією, викликаною людиною або будь-якою внутрішньою подією в інформаційній та керуючій

системі»[6]. Відмова з загальної причини - це клас залежних відмов, де ймовірність відмови не виражається як простий продукт безумовних ймовірностей відмов окремих подій.

Найбільш ефективними методами боротьби з відмовами з загальної причини є дотримання принципів резервування, незалежності і різноманітності (дідерсності).

Резервування є універсальним принципом забезпечення надійності, широко застосовуваним в природі, техніці та технології, згодом поширився і на інші сторони людського життя. Резервування - метод підвищення характеристик надійності технічних пристроїв або підтримання їх на необхідному рівні за допомогою введення апаратної надмірності за рахунок включення запасних (резервних) елементів і зв'язків, додаткових порівняно з мінімально необхідним для виконання заданих функцій в даних умовах роботи. Елементи мінімізованої структури пристрою, що забезпечує його працездатність, називаються основними елементами; резервними елементами називаються елементи, призначені для забезпечення працездатності пристрою в разі відмови основних елементів. Резервування в технологічних системах класифікують за рядом ознак, основні з яких - рівень резервування, кратність резервування, стан резервних елементів до моменту включення їх в роботу, можливість спільної роботи основних і резервних елементів із загальним навантаженням, спосіб з'єднання основних і резервних елементів. У резервованому виробі відмова настає тоді, коли вийдуть з ладу основний пристрій (елемент) і всі резервні пристрої (елементи). Група елементів вважається резервованою, якщо відмова одного або декількох її елементів не порушує нормальної роботи схеми (системи), а справні елементи що залишилися виконують ту ж задану функцію. Таке резервування називається функціональним резервуванням.

Кратність резервування - відношення числа резервних елементів до числа основних елементів пристрою.

За станом резервних елементів до моменту включення їх в роботу розрізняють:

- навантажений (гарячий) резерв - резервні елементи навантажені так само, як і основні;
- полегшений (який чекає) резерв - резервні елементи навантажені менше, ніж основні;
- ненавантажений (холодний) резерв - резервні елементи практично не несуть навантаження.

Використання полегшеного або ненавантаженого резерву дає можливість знизити витрату енергії, споживаної резервованою системою і збільшити надійність апаратури, так як надійність резервних пристроїв вище, ніж основних. Однак слід враховувати, що перерва на перемикання з основного пристрою на резервне допустимо не в усіх системах.

Забезпечення незалежності має на меті запобігання поширення відмов між системами і попередження, коли це практично можливо, впливу одного і того ж джерела відмови з загальної причини на багато систем. Приклади таких джерел відмови з загальної причини включають

внутрішні події, зовнішні події і відмова загальних сервісних систем підтримки. Слід забезпечити, щоб загальна архітектура негативно не впливала на незалежність груп систем безпеки, а також на незалежність різних рівнів глибокошелонованого захисту, застосовуваного на станції. Слід забезпечити, щоб резервовані окремі групи в складі систем безпеки були незалежні один від одного в тій мірі, в якій це необхідно для забезпечення того, щоб всі функції безпеки могли виконуватися, коли це потрібно. При необхідності комунікації між резервованими окремими групами, наприклад, для виконання голосування або активації часткового зупину, слід передбачити достатні заходи для забезпечення електричного або фізичного поділу, а також незалежності комунікації. Комунікація для голосування здатна обмежити помилкове спрацювання через випадкові відмови, які можуть поставити безпеку під загрозу.

Глосарій МАГАТЕ з питань безпеки [6] визначає «неоднаковість» як «наявність двох або більше резервних систем або елементів для виконання однієї певної функції, при якому різні системи або елементи наділяються різними ознаками таким чином, щоб зменшувалася можливість відмови з загальної причини, включаючи загальну відмову». Застосування принципу неоднаковості (діверсності) - це спосіб зниження схильності відмов із загальної причини внаслідок помилок у вимогах, проектуванні, виготовленні або обслуговуванні, а також прояви консерватизму з метою вирішення проблеми підтвердження нормованого рівня надійності. При використанні неоднакових систем контролю та керування слід забезпечити, щоб ці неоднакові (діверсні) системи не могли піддаватися впливу однакових помилок в специфікації, проектуванні, виготовленні або обслуговуванні.

КСБ повинна забезпечувати ініціювання спрацювання систем безпеки, здійснення контролю та керування ними в процесі виконання заданих функцій. КСБ повинна забезпечувати реалізацію керуючої функції безпеки і функцій нормальної експлуатації (технологічний захисту, блокування, сигналізацію, автоматичне регулювання, дистанційне керування виконавчими механізмами), отримання інформації про стан параметрів технологічних процесів з передачею в блокову ІОС.

Розглянемо існуючі КСБ українських підприємств «Радій» та «Імпульс».

1.3 Керуюча цифрова система безпеки ПАТ «НВП «Радій»

Керуюча цифрова система безпеки [3] (КЦСБ) складається з трьох окремих ідентичних каналів безпеки, що виконують оцінку стану об'єкта шляхом аналізу значень параметрів, що приймаються з датчиків процесу, і формування керуючих захисних дій при настанні аварійної ситуації. Фізично розділені канали безпеки перехресно пов'язані один з одним по

оптоволоконним лініям зв'язку. Кожен канал включає пристрій введення вхідних сигналів, пристрій порівняння, пристрій формування керуючих впливів, пристрій вибору блокувань, пристрій керування виконавчими механізмами. Пристрій введення здійснює введення аналогових сигналів процесу і перетворення їх в цифрову форму. У пристрої порівняння проводиться порівняння значень зчитаних параметрів з попередньо заданими цифровими значеннями і запуск пристрою формування керуючих сигналів, за якими пристрій вибору блокувань ініціює генерацію сигналів керування виконавчими механізмами. Кожен пристрій цифрової обробки каналу безпеки пов'язаний перехресними міжканальними оптичними лініями з кожним відповідним пристроєм в інших каналах, утворюючи 4 рівня міжканальних зв'язків і мажоритарне резервування за правилом "2 з 3". Мажоритарна обробка команд керування від трьох каналів безпеки проводиться також апаратно на входах пристроїв керування виконавчими механізмами (ВМ).

КЦСБ містить провідні лінії зв'язку пристроїв керування ВМ каналів безпеки БЦК і РЦК. По цих лініях зв'язку здійснюється дистанційне керування виконавчими механізмами з БЦК і РЦК і передача даних про стан цих механізмів в БЦК і РЦК.

На рисунку 1.2 представлена структурна схема керуючої цифрової системи безпеки.

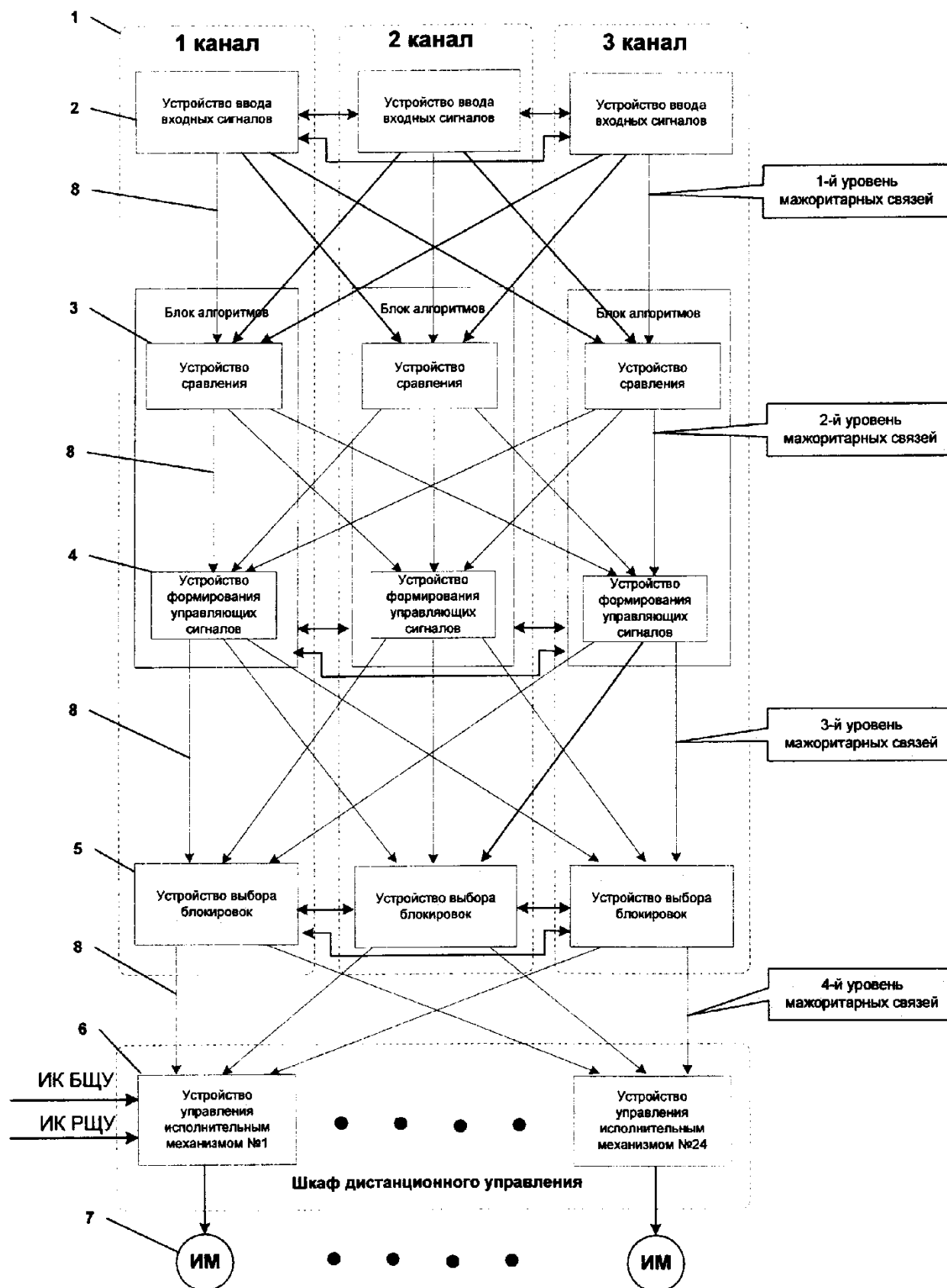


Рисунок 1.4 – Структурна схема керуючої цифрової системи безпеки ПАТ «НВП «Радій»

На структурній схемі керуючої цифрової системи безпеки наведені:

- 1) оброблювальний канал зчитуваних параметрів;

- 2) пристрій введення вхідних сигналів;
- 3) пристрій порівняння;
- 4) пристрій формування керуючих сигналів;
- 5) пристрій вибору блокувань;
- 6) пристрій керування виконавчими механізмами;
- 7) виконавчий механізм;
- 8) канали оптичного зв'язку;
- 9) міжканальні логічні інтерфейсні зв'язки.

КЦСБ має такі недоліки.

Відсутні апаратно-програмні засоби доступу до датчиків і виконавчих пристроїв з боку системи нормальної експлуатації. У зв'язку з цим потрібні додаткові витрати для моніторингу та керування загальним устаткуванням АЕС системами безпеки і нормальної експлуатації. Апаратура системи безпеки не має засобів самоконтролю з зовнішнім моніторингом результатів самоконтролю, що ускладнює локалізацію несправностей і збільшує час відновлення. Канали безпеки побудовані на одних і тих же цифрових і апаратних засобах обробки і керування, базовому та системному програмному забезпеченні.

1.4 Керуюча система безпеки технологічна КСБТ ПрАТ «СНВО «Імпульс»

КСБТ призначена для виконання наступних основних функцій класу безпеки 2 [8], категорії безпеки А [9]:

- первинна обробка вхідних сигналів і формування струмових сигналів;
- контроль технологічних параметрів і ідентифікація враховуючих проектом вихідних подій із забезпеченням наступних функцій:
 - 1) живлення датчиків;
 - 2) прийом, нормалізація і обробка вхідних аналогових сигналів від датчиків;
 - 3) формування сигналів непрямого вимірювання;
 - 4) формування сигналу виходу значення безперервного параметра за кордон уставки;
 - 5) формування вихідних струмових сигналів в обсязі проекту КСБ;
 - 6) прийом вхідних дискретних сигналів;
- формування послідовності команд захисних дій за логікою «2 з 4»;
- формування команд технологічних захистів і блокувань за логікою «2 з 3», «2 з 2», «1 з 2», «1 з 1»;

- формування команд технологічної сигналізації на БЩК, РЩК;
- автоматичне регулювання - формування на виконавчі механізми керуючого впливу для підтримки технологічних параметрів відповідно до заданих алгоритмів регулювання;
- керування виконавчими пристроями – видача команд захисних дій, технологічних захистів, блокувань і команд дистанційного керування на виконавчі елементи технологічних систем, включаючи реалізацію заборони або відключення впливів на виконавчі пристрої, які можуть бути ініційовані з боку керуючої системи нормальної експлуатації і / або оперативного персоналу, якщо ці дії не збігаються з командами захисних дій КСБ;
- дистанційне керування виконавчими пристроями з БЩК, РЩК – формування команд дистанційного керування з ініціативи оперативного персоналу і керування виконавчими пристроями;
- технологічна сигналізація на БЩК, РЩК.

КСБТ призначена для виконання наступних основних функцій класу безпеки 3 [8], категорії безпеки В [9]:

- підготовка і передача в інформаційну систему контролю та індикації даних про значення технологічних параметрів, стан захистів, блокувань і виконавчих механізмів;
- виклична сигналізація на БЩК, РЩК – видача сигналізації про несправності обладнання КСБ і СНЕ;
- візуалізація, архівування даних про значення технологічних параметрів, стан захистів, блокувань, виконавчих механізмів і технологічної сигналізації КСБТ.

КСБТ [10] реалізована на базі наступних підсистем:

- контрольно-вимірювальних приладів і розподільників струмових сигналів (КВП-РС);
- керування і комутації;
- керування ВМ;
- зв'язку з оператором;
- технічного діагностування та архівації;
- автоматичного регулювання.

Підсистема контрольно-вимірювальних приладів і розподільників струмових сигналів складається з комплексів керуючих обчислювальних, реалізованих на базі промислових контролерів МСКК і забезпечує виконання функцій первинної обробки вхідних сигналів, із забезпеченням резервованого живлення ПВП, формування струмових сигналів. Для забезпечення резервування схеми формування струмових сигналів для зовнішніх споживачів використовується шафа аналогового керування (далі ШАК). Для забезпечення підключення об'єктових зв'язків до МСКК і ШАК використовуються шафи кросові (далі ШКр).

Підсистема автоматичного регулювання складається з комплексу керуючого обчислювального МСКК системи автоматичного регулювання (далі САР) та інженерної станції (далі ІС САР). МСКК САР забезпечує виконання функцій САР. ІС САР реалізована на базі серійного ТЗА - робочої станції ПС5140 і забезпечує виконання сервісних функцій САР.

Підсистема керування та комутації має шість каналів (два комплекти по три канали в кожному), реалізованих на базі шаф керування і комутації (далі ШКК), і три незалежні канали, реалізованих на базі шаф комутації, і забезпечує виконання функцій видачі послідовності команд захисних дій, команд технологічних захистів, блокувань, команд технологічної сигналізації. Шафа комутації забезпечує організацію внутрішньосистемних обмінів повідомленнями між ТЗА (МСКК, ШКК, СДА, ІС САР, ШАК) КСБТ по цифровим радіальним оптоволоконними лініями зв'язку Ethernet.

Підсистема керування виконавчими механізмами складається зі взаєморезервуючих шаф дискретних сигналів (далі ШДС) і ШКр. ШДС забезпечує формування сигналів керування і стану ВМ запірної, пневмовідсічної, регулюючої арматури, ВМ (двигунами), введення вхідних і формування вихідних дискретних сигналів в суміжні підсистеми. ШКр забезпечує комутацію сигналів двох шаф ШДС для їх підключення до ВМ.

Підсистема зв'язку з оператором складається з пристроїв зв'язку з панеллю оператора і панелей технологічної сигналізації і забезпечує виконання функцій дистанційного керування ВМ, індикації стану ВМ, технологічної сигналізації, викличної сигналізації.

Підсистема технічного обслуговування та архівування складається з двох взаєморезервуючих серверів діагностування та архівації (СДА), реалізованих на базі серійного ТЗА – робочої станції ПС5140.

Структурна схема КСБТ приведена на рисунку 1.5.

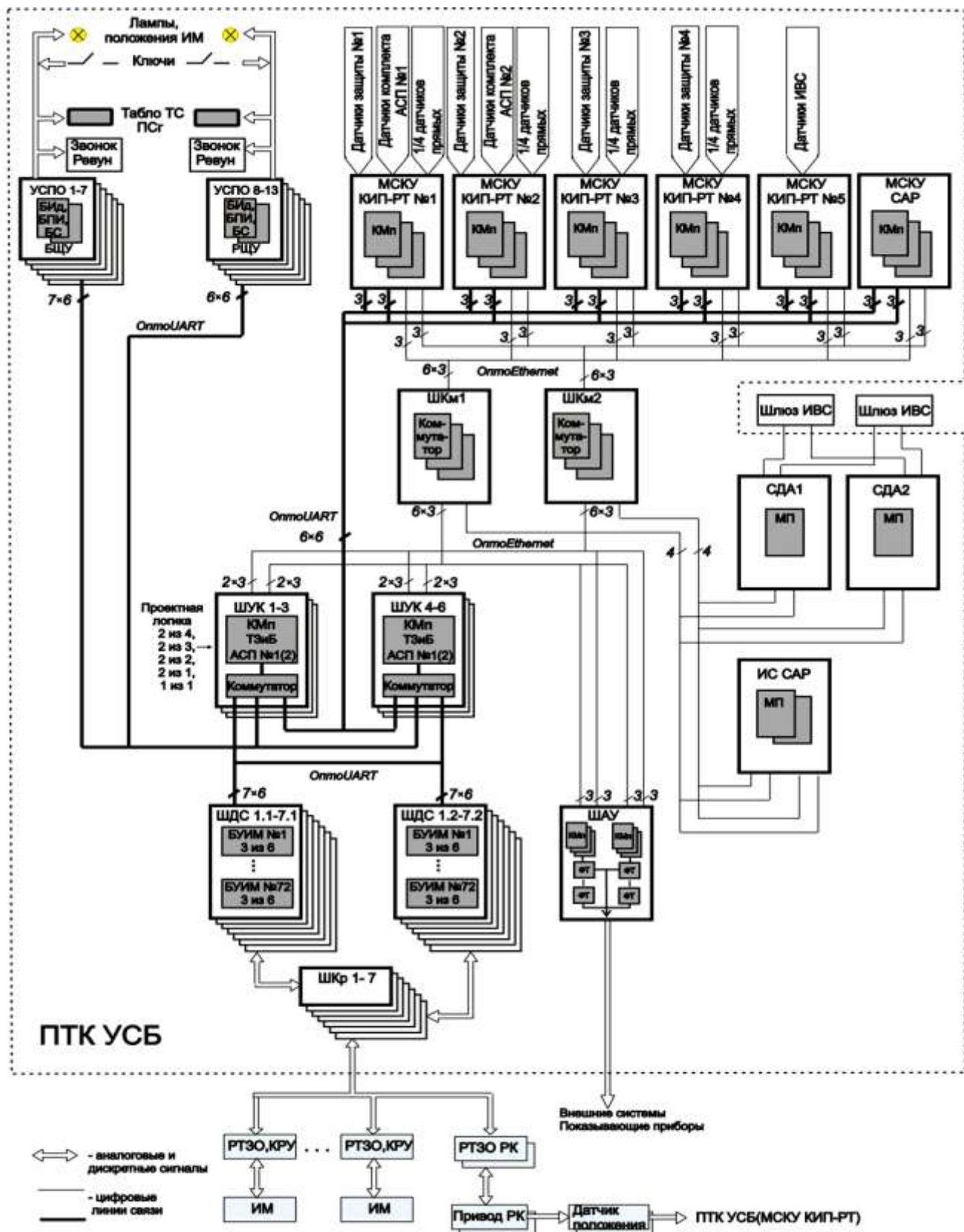


Рисунок 1.5 – Структурна схема КСБТ

Підсистема КВП-РС реалізована на базі промислових контролерів МСКК, виконаних у вигляді підлогових шаф, в яких передбачено резервування центральних процесорів КМп і блоків ПЗО. Всі входи і виходи модулів гальванічно відокремлені від ланцюгів живлення МСКК. Кожен канал має також діагностичний модуль контролю обладнання МКО. Електроживлення одного крейта МСКК організовано від двох взаєморезервуючих один одного однофазних мереж змінного струму з номінальною напругою 220 V або від комбінованого живлення від мереж змінного і постійного струму напругою 220 V для кожного каркаса монтажного.

Подібна реалізація системи відповідає діючим в Україні нормам і правилам з ядерної та радіаційної безпеки, але за новими вимогами МАГАТЕ перспективні енергоблоки повинні мати у своєму складі КСБ, які в більшій мірі задовольняють принципу одиничної відмови.

У зв'язку з новими вимогами МАГАТЕ з ядерної та радіаційної безпеки, розглянуті КСБ не можуть використовуватися у перспективних енергоблоках, тому що в них недостатньо виконуються вимоги до принципів резервування, незалежності та різноманітності. В розглянутих системах канали безпеки побудовані на одних і тих же програмних і апаратних засобах, базовому та прикладному програмному забезпеченні. Це може призвести до відмов КСБ із загальної причини, викликаним прихованими несправностями в програмованій апаратурі і прихованими помилками в базовому і прикладному програмному забезпеченні. Розташування всіх каналів в одній шафі також може призвести до відмови із загальної причини внаслідок поширення відмови між каналами. Тому розробка підсистеми нижнього рівня КСБ для перспективних енергоблоків є актуальним завданням.

1.5 Постановка завдання

1.5.1 Завдання до магістерської роботи

Метою роботи є збільшення надійності підсистеми нижнього рівня та приведення таким чином підсистеми до відповідності новим вимогам МАГАТЕ до ядерної та радіаційної безпеки для перспективних енергоблоків.

Для цього у магістерській роботі необхідно:

- Провести аналіз і обрати технічний засіб для реалізації функцій підсистеми;
- розробити підсистему відповідно до п. 1.5.2 (технічне завдання на підсистему нижнього рівня);
- розрахувати показники надійності для підсистеми та її складових частин.

1.5.2 Технічне завдання на підсистему нижнього рівня

Підсистема нижнього рівня повинна мати як мінімум чотири канали. Канали підсистеми повинні бути максимально незалежні, розділені фізично і рознесені в просторі. Кожен канал повинен мати резервовані джерела живлення, а також мати як мінімум два різних комплекти обладнання для дотримання принципу різноманітності і виключення відмови із загальної причини через приховані помилки, які неможливо виявити в процесі верифікації. Підсистема, що розробляється, повинна задовольняти принципу одиничної відмови і виключити можливість відмови із загальної причини.

Підсистема зв'язку з об'єктом повинна забезпечувати виконання функцій:

- а) прийому і первинної обробки вхідних сигналів прямого вимірювання:
 - 1) від датчиків термоопору;
 - 2) від термоелектричних датчиків;
 - 3) від датчиків тиску, різниці тиску з уніфікованим струмовим сигналом від 4 до 20 mA;
 - 4) від датчиків з виходом від 0 до 5 mA, від 4 до 20 mA (з живленням від зовнішнього джерела живлення);
 - 5) сигнали від датчиків положення регулюючої арматури (реохорд з діапазонами вимірювання опору від 0 до 200-1000 Ω);
- б) сигнали від датчиків дискретних сигналів типу «сухий контакт» і потенційних сигналів напругою 24 V;
- 7) сигнали від датчиків прямого заряду з вихідним сигналом від 0 до 5 мкА.
- б) формування сигналів непрямого вимірювання;
- в) формування сигналу виходу значення безперервного параметра за кордон уставки;
- г) вирівнювання вхідних сигналів, елементів пам'яті, оперативно-змінних параметрів;
- д) реалізації алгоритмів за функціями формування команд технологічних захистів і блокувань (ТЗіБ):
 - е) передачі в цифровому вигляді сигналів ТЗіБ через оптичний UART в апаратуру керування ВМ;
 - ж) прийому в цифровому вигляді сигналів стану ВМ від апаратури керування ВМ;
 - з) передачу даних про значення сигналів за технологічними параметрами і даних технічного діагностування в сервер СДА через оптичний Ethernet.

Необхідно розробити алгоритм однієї із захисних систем на підставі даних по вихідних подіях і відповідним цим подіям блокуванням, і реалізувати керуючу програму на підставі розробленого алгоритму.

1.6 Висновки до розділу 1

За підсумками першого розділу виконано аналіз предметної області. Визначено, що являє собою ядерний реактор, для чого може використовуватися, наведені його основні складові частини, розглянуто найбільш поширений у світі енергетичний ядерний реактор ВВЕР-1200.

Наведені найбільші системи керування і захисту ядерних реакторів. Розглянуто призначення і перераховані види систем керування та захисту. Визначено призначення систем безпеки, наведено їх види. Розглянуто основні функції та призначення керуючої системи безпеки. Описані основні принципи і особливості роботи КСБ та її підсистеми нижнього рівня.

Проаналізовано існуючу КСБ та її аналог — керуючу цифрову систему безпеки, розроблену ПАТ «НВП «Радій». Визначено недоліки.

Поставлена й обґрунтована мета модернізації підсистеми нижнього рівня, сформульовано завдання на магістерську роботу та вимоги до підсистеми.

2 ВИБІР ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІДСИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ З ОБ'ЄКТОМ

Для реалізації функцій підсистеми зв'язку з об'єктом (п. 1.5.2 Технічне завдання) застосовуються промислові контролери. Промисловий контролер — компонент програмно-технічного комплексу, виконаний у вигляді окремого пристрою, який використовується для виконання функцій безпосереднього контролю і керування технологічним обладнанням.

Для вибору розглянемо кілька варіантів промислових контролерів різних виробників.

2.1 Промислові контролери SIMATIC S7-400

Simatic S7-400 — серія програмованих логічних контролерів для побудови систем автоматизації середнього і високого ступеня складності Simatic фірми Siemens AG.

Основні особливості контролера:

- модульна конструкція, монтаж модулів на профільній шині (рейці);
- природне охолодження;
- застосування локального і розподіленого введення-виведення;
- можливості комунікацій по мережах MPI, Profibus, Industrial Ethernet / Profinet, AS-Interface, ВАСnet, ModbusTCP;
- підтримка на рівні операційної системи функцій, що забезпечують роботу в реальному часі;
- підтримка на рівні операційної системи апаратних переривань;
- підтримка на рівні операційної системи обробки апаратних і програмних помилок;
- вільне нарощування можливостей при модернізації системи;
- можливість використання розподілених структур введення-виведення і просте включення в різні типи промислових мереж.

Основні типи застосовуваних модулів:

- PS — блоки живлення;
- CPU — центральний процесор;
- SM — сигнальні модулі;
- CP — комунікаційний процесор;
- FM — функціональні модулі;
- IM — інтерфейсні модулі.

Модифікації:

– Simatic S7-400 — програмовані контролери для побудови систем керування середнього та високого ступеня складності;

– Simatic S7-400H — програмовані контролери з резервованою структурою з автоматичним ненаголошеним перемиканням на резервний блок у разі відмови ведучого блока (гаряче резервування), що забезпечують високу надійність функціонування системи керування;

– Simatic S7-400F/FH — програмовані контролери для побудови систем протиаварійного захисту.

S7-400 має модульну конструкцію. Він може комплектуватися широким спектром модулів, що встановлюються в монтажних стійках в будь-якому порядку. Система включає до свого складу:

– модулі блоків живлення (PS): використовуються для підключення SIMATIC S7-400 до джерел живлення для перетворення змінної напруги 120/230 В або постійного струму напругою 24/48/60/110 у необхідні для живлення станції напруги;

– модулі центральних процесорів (CPU): у складі контролера можуть використовуватися центральні процесори різної продуктивності. Центральні процесори — модулі, що відрізняються від функціональних або інтерфейсних більшою продуктивністю, великим об'ємом пам'яті, наявністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, вбудованими комунікаційними інтерфейсами. Всі центральні процесори оснащені вбудованими інтерфейсами MPI і PROFIBUS DP, деякі моделі – вбудованим інтерфейсом PROFINET. При необхідності, в базовому блоці контролера може бути використано до 4 центральних процесорів;

– сигнальні модулі (SM): для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів, що працюють з діапазонами ± 5 В, ± 10 В, 1...5 В, ± 20 мА, 0/4...20 мА, ± 25 мВ, ± 50 мВ, ± 80 мВ, ± 250 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В(55 мс), 0...150 Ом, 0...30 0Ом, 0...600 Ом, 16 бит (50 мс);

– комунікаційні модулі (CP): призначені для включення в різні типи промислових мереж для організації послідовної передачі даних через PtP інтерфейс, побудови систем розподіленого введення-виведення на основі PROFIBUS DP і PROFINET IO, обміну даними через промислові мережі PROFIBUS, PROFINET та Industrial Ethernet, а також через Internet;

– функціональні модулі (FM): для рішення типових задач керування, до яких можна віднести швидкісний рахунок, позиціонування, автоматичне регулювання і т. д. Забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у випадку зупинки центрального процесора програмованого контролера.

При необхідності в складі S7-400 можуть бути використані:

– інтерфейсні модулі (ІМ): для побудови систем локального і розподіленого введення-виведення, дозволяють об'єднати кілька стійок, що становлять одну станцію;

– модулі SIMATIC S5: всі модулі введення-виведення контролерів SIMATIC S5-115U / - 135U / - 155U можуть встановлюватися у відповідні стійки розширення SIMATIC S5. Крім того, модулі спеціального призначення ІР і СА можуть використовуватися як в стійках SIMATIC S5, так і в базовому блоці контролера SIMATIC S7-400. В останньому випадку підключення модулів до внутрішньої шини контролера S7-400 виконується через адаптер.

Система введення-виведення програмованого контролера S7-400 може включати до свого складу дві частини: систему локального і систему розподіленого введення-виведення. Система локального введення-виведення утворюється модулями, що встановлюються в монтажні стійки контролера, а також монтажні стійки SIMATIC S5. У найпростішому випадку ця система включає в свій склад лише модулі, встановлені в базовий блок контролера.

Застосування системи локального введення-виведення рекомендується у випадках розміщення базового блоку і стійок розширення на невеликих відстанях один від одного, наприклад, в одній шафі керування, або у шафах керування, що стоять поруч. Стійки розширення, що не отримують напруги живлення від передавального інтерфейсного модуля, повинні комплектуватися власними модулями блоків живлення.

Таблиця 2.1 – Основні технічні дані центральних процесорів S7-400

Центральный процессор	CPU 412-1	CPU 412-2	CPU 412-2 PN/DP	CPU 414-2	CPU 414-3	CPU 414-3 PN/DP	CPU 416-2	CPU 416-3	CPU 416-3 PN/DP	CPU 417-4
Рабочая память, RAM:										
• для выполнения программ	144 КБ	256 КБ	512 КБ	512 КБ	1.4 МБ	2 МБ	2.8 МБ	5.6 МБ	8 МБ	16 МБ
• для хранения данных	144 КБ	256 КБ	512 КБ	512 КБ	1.4 МБ	2 МБ	2.8 МБ	5.6 МБ	8 МБ	16 МБ
Загрузочная память:										
• встроенная, RAM	512 КБ						1 МБ			
• расширение:										
• карта Flash EEPROM	До 64 МБ									
• карта RAM	До 64 МБ									
Время выполнения операций, мс:										
• логических	75	75	31,25	45	45	18,75	30	30	12,5	7,5
• с фиксированной точкой	75	75	31,25	45	45	18,75	30	30	12,5	7,5
• с плавающей точкой	225	225	62,5	135	135	37,5	90	90	25	15
Кол-во флагов/ таймеров, счетчиков	4 096/ 2 048/ 2 048			8 192/ 2 048/ 2 048			16 384/ 2 048/ 2 048			
Количество каналов ввода-вывода дискретных/ аналоговых сигналов	32 768/ 2 048			65 536/ 4 096			131 072/ 8 192			
Встроенные интерфейсы	MPI/DP	MPI/DP + DP	MPI/DP + PN	MPI/DP + DP	MPI/DP + 2xDP	MPI/DP + DP + PN	MPI/DP + DP	MPI/DP + 2xDP	MPI/DP + DP + PN	MPI/DP + 3xDP
Количество активных коммуникационных соединений	16	16	48	32	32	64	64	64	96	120
Габариты (ШxВxГ), мм	25x290x 219	25x290x 219	25x290x 219	25x290x 219	50x290x 219	50x290x 219	25x290x 219	50x290x 219	50x290x 219	50x290x 219

2.2 Промислові контролери МФК1500

МФК1500 – новий промисловий контролер середньої інформаційної потужності. Конструкція контролера дозволяє вибирати кількість і різні поєднання модулів введення-виведення для кожного об'єкта автоматизації (від 4 до 64 модулів, в тому числі модуль центрального процесора). МФК1500 володіє наступними особливостями:

- можливість дублювання та резервування контролера;
- можливість проектування систем масштабу від 100 до 1500 каналів (від 2 до 64 модулів у складі одного контролера, включаючи модуль ЦП);
- підключення до об'єкта через клемно-модульні з'єднувачі, що виносить тепловиділення за межі контролера і дозволяє обходитися без примусової вентиляції;
- номенклатура модулів і клемно-модульних з'єднувачів покриває основні типи сигналів АСК ТП;
- індивідуальна гальванічна розв'язка аналогових каналів модулів введення-виведення;
- можливість "гарячої" заміни модулів, в тому числі процесорного модуля, підтримка технології Plug & Play;
- підтримка протоколу Modbus TCP/RTU/ASCII;
- резервування процесорного модуля і модулів введення-виведення;
- розвинені засоби діагностики модулів;
- дубльована системна шина контролера;
- дубльоване живлення контролера 220 VAC/VDC;
- дубльована внутрішня шина синхронізації даних резервованих ЦП;
- дубльований інтерфейс Ethernet 100 Base-T;
- виконання на діапазони температур: +1...+60 °С, -40...+60 °С.

У складі контролера передбачено застосування шасі на 4, 8, 16 в будь-яких комбінаціях, що дозволяє проектувати контролери від 4 до 64 модулів з надмірністю не більше 3 вільних місць. Аналогові модулі мають виконання на 2, 4, 8 і 16 каналів, а дискретні – на 16 або 32.

У МФК1500 забезпечується багаторівневе резервування і дублювання ресурсів контролера, що дозволяє розробляти системи автоматизації з різними вимогами до рівня безпеки. Розробнику АСК ТП надається можливість визначити режим використання контролера з частковим або повним резервуванням і дублюванням ресурсів МФК1500:

- двократне або трикратне резервування модулів ПЗО;
- резервування модулів центральних процесорів (ЦП);
- 100 % гаряче резервування контролерів.

Двократне або трикратне резервування модулів ПЗО виконується програмним забезпеченням самих модулів, без залучення ресурсів центрального процесора і використання додаткового обладнання. Резервовані модулі ПЗО можуть встановлюватися в довільні посадочні місця, в т. ч. в різних шасі. При такому використанні МФК1500 можна здійснити дублювання тільки тих модулів ПЗО, вхідні/вихідні сигнали яких беруть участь в алгоритмах захистів і блокувань і резервувати модулі виходів регуляторів. Це дозволяє, наприклад, реалізувати в рамках одного контролера інформаційну підсистему (без резервування модулів ПЗО) і підсистему керування, де потрібно резервування.

Резервування модулів ЦП значно підвищує надійність всього контролера. При відмові основного ЦП відбувається перемикавання на резервний за час не більше 10 мс з моменту виявлення відмови, без "провалів" по виходах модулів ПЗО. За рахунок постійної синхронізації даних резервного ЦП з даними основного ЦП регулятори і захисти перемикаються безударно. Механізм резервування ЦП виконується програмними засобами, при цьому синхронізація (дзеркалізація) даних в ЦП здійснюється по дубльованій внутрішній шині.

Повноцінна підтримка технології резервування нерозривно пов'язана з необхідністю наявності розвинених засобів діагностики. Діагностика необхідна як в основному, працюючому в даний момент обладнанні, щоб при відмові своєчасно виконати перемикавання на резервне обладнання, так і в резервному, щоб вчасно виявити відмову та не допустити переключення на несправний модуль і виконати заміну модулів, в яких виявлені відмови.

У МФК1500 вбудовані розвинені засоби діагностики. На модулі ЦП виконуються:

- контроль «зависання» технологічної програми (Watchdog);
- контроль напруги живлення по обом шинам живлення контролера;
- контроль напруг внутрішніх джерел живлення;
- контроль виконуваних процесів в багатозадачній операційній системі;
- контроль роботи внутрішнього інтерфейсу;
- контроль роботи зовнішніх мережевих інтерфейсів;
- контроль температури.

У модулях введення-виведення виконуються:

- контроль «зависання» програми в мікропроцесорі модуля (Watchdog);
- контроль цілісності програми і даних в flash-пам'яті;
- контроль лінії зв'язку з датчиками на обрив для аналогових модулів;
- контроль виходу аналогового сигналу за робочий діапазон;
- контроль відмови аналогово-цифрового перетворювача;
- контроль температури на модулі;

- контроль якості зв'язку по кожному з каналів внутрішнього інтерфейсу;
- контроль часу звернення до модуля по внутрішньому інтерфейсу;
- індикація залишку кількості записів у flash-пам'ять модуля;
- індикація версій вбудованого програмного забезпечення і ревізій друкованих плат модулів.

На контролерному рівні постійно відстежується цілісність переданих даних по дубльованим шинам.

Модуль центрального процесора CPU715 випускається в трьох варіантах, що відрізняються тактовою частотою процесора (INTEL XScale 266 чи 533 МГц), об'ємом пам'яті (32 Mb SDRAM, 16 Mb Flash або 64 Mb SDRAM, 32 Mb Flash) і апаратною підтримкою резервування контролерів. На модулі ЦП розташовані 2 порти Ethernet 100 Mb, 2 порти RS-485 з індивідуальною гальванічною розв'язкою, порт RS-232 і ключ перемикач режимів роботи ЦП. Перемикач має три положення: LOCK, RUN і PRG. При старті ЦП переходить в режим конфігурування контролера (положення PRG) або режим керування (положення RUN і LOCK). У разі нерезервованого ЦП положення ключа RUN дозволяє керування об'єктом, а переведення ключа в положення LOCK призводить до блокування виходів модулів виведення. При резервуванні ЦП перекидання ключа в положення LOCK призводить до перемикачів центрального процесора або контролера в стан SLAVE. Поточний режим роботи відображається на передній панелі модуля.

В даний момент до складу контролера входить 13 різних типів модулів введення-виведення, які підтримують всі основні типи датчиків і виконавчих механізмів. Номенклатура модулів постійно розширюється. Перелік доступних модулів введення-виведення:

- AI8 – модуль введення 8 аналогових сигналів струму 0...5 мА, 0...20 мА і 4...20 мА і напруги 0...10 В, межа основної похибки 0,15...0,1%; індивідуальна гальванічна розв'язка; час оновлення даних по всіх каналах 20 мс; налаштування діапазону кожного каналу; контроль обриву ланцюга лінії зв'язку для діапазону 4...20 мА;

- AI4 – модуль введення 4 аналогових сигналів струму 0...5 мА, 0...20 мА і 4...20 мА і напруги 0...10 В, межа основної похибки 0,15...0,1%; індивідуальна гальванічна розв'язка; час оновлення даних по всіх каналах 20 мс; налаштування діапазону кожного каналу; контроль обриву ланцюга лінії зв'язку для діапазону 4...20 мА;

- AIG16 – модуль введення 16 аналогових сигналів середнього рівня, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5 мА; індивідуальна гальванічна розв'язка; час оновлення даних по всіх каналах 20 мс, межа основної похибки 0,15...0,2 %, контроль обриву ланцюга для діапазону 4...20 мА;

– LIG16 – модуль аналогового введення; 16 каналів RT3, RT4; 15 каналів термопар з компенсацією холодного спаю; персоналізація кожного каналу на тип датчика і вимірювальний діапазон; індивідуальна гальванічна розв'язка; час оновлення даних по всіх каналах 500 мс; контроль обриву ланцюга лінії зв'язку;

– LIG8 – модуль аналогового введення; 8 каналів, аналогічних LIG16;

– AOC4 – модуль виведення 4 аналогових сигналів струму 0...5 мА, 0...20 мА і 4...20 мА, межа основної похибки 0,1...0,05%; індивідуальна гальванічна розв'язка; індивідуальне налаштування діапазону кожного каналу; контроль обриву ланцюга;

– AOC2 – модуль виведення 2 аналогових сигналів струму 0...5 мА, 0...20 мА і 4...20 мА, межа основної похибки 0,1...0,05%; індивідуальна гальванічна розв'язка; індивідуальне налаштування діапазону кожного каналу; контроль обриву ланцюга;

– ADO24 – комбінований модуль, що передбачає введення 8 аналогових сигналів 0 ... 20 мА, 4 ... 20 мА, 0 ... 5 мА, межа основної похибки 0,15 ... 0,2%, контроль обриву ланцюга для діапазону 4 ... 20 мА; індивідуальна гальванічна розв'язка; час оновлення даних по всіх каналах 20 мс; виведення 16 дискретних сигналів 24 В з груповою гальванічною розв'язкою, загальний контакт навантажень в групі – плюс, необмежене число спрацьовувань, захист від короткого замикання і перевантажень;

– DO32 – модуль дискретного виведення, 32 канали 24 В / $I_{max}=0,5$ А, групова розв'язка 4 групи по 8 виходів, загальний контакт навантажень в групі – плюс, необмежене число спрацьовувань, захист від перевантажень по струму, настройка пар каналів на роботу в режимі широтно-імпульсної модуляції;

– DO16 – модуль дискретного виведення, 16 каналів 24 В / $I_{max}=0,5$ А, групова розв'язка 2 групи по 8 виходів, загальний контакт навантажень в групі – плюс, необмежене число спрацьовувань, захист від перевантажень по струму, настройка пар каналів на роботу в режимі широтно-імпульсної модуляції;

– DI32 – модуль дискретного введення, 32 каналу 24 В, групова розв'язка 4 групи по 8 каналів, 16 перших входів можуть використовуватися для число-імпульсного і частотного введення (до 1000 Гц), захист від перенапруг, настроюваний фільтр придушення брязкоту контактів;

– DI16 – модуль дискретного введення, 16 каналів 24 В, групова розв'язка 2 групи по 8 каналів, число-імпульсне і частотне введення (до 1000 Гц), захист від перенапруг, настроюється фільтр придушення брязкоту контактів;

– DIO32 – комбінований модуль введення-виведення дискретних сигналів 24 в (16 каналів введення + 16 каналів виведення), групова розв'язка 4 групи по 8 каналів;

Характеристики каналів введення і виведення аналогічні модулям DI16 і DO16 відповідно.

2.3 Промислові контролери МСКК

МСКК [11] є багатофункціональними мікропроцесорними пристроями, призначеними для вирішення широкого кола завдань у різних системах автоматизації атомних станцій та інших промислових об'єктів.

МСКК забезпечують виконання наступних основних інформаційних і керуючих функцій:

- введення і обробку даних від датчиків аналогових і дискретних сигналів;
- обмін даними з верхнім рівнем системи автоматизації по радіальних лініях зв'язку;
- формування і видачу аналогових і дискретних сигналів на об'єкт керування засобом локальної автоматики і виконавчим пристроям блокувань і захистів;
- діагностику обладнання з локалізацією несправностей до змінного блоку;
- взаємозв'язок із зовнішніми абонентами, здійснювану по послідовних каналах зв'язку Ethernet 100BASE-FX, по послідовних каналах з фізичною реалізацією інтерфейсу RS-422 (для КМп-25), по послідовних портах UART з виходом на оптоволоконні лінії зв'язку;
- прийом і ведення часу.

Функції, виконувані МСКК в складі програмно-технічного комплексу конкретної системи автоматизації, визначаються програмним забезпеченням – керуючою системою МСКК, що подається розробником системи автоматизації.

МСКК випускаються в двох виконаннях:

- нерезероване – компонується з одного ЦП і одного набору функціональних блоків зв'язку з об'єктом;
- резервоване (троїроване) – компонується з трьох ЦП і трьох наборів функціональних блоків зв'язку з об'єктом.

Зв'язок МСКК із зовнішніми абонентами системи здійснюється за наступними каналами зв'язку:

- за двома двонаправленими послідовними каналами на базі контролерів і приймачів оптичної лінії зв'язку Ethernet 100BASE-FX;
- по послідовному каналу UART з адресою 31, для обміну даними з верхнім рівнем керування в робочому режимі (для КМп-25);

- по послідовному "мідному" двонаправленому каналу UART з адресою 32, для завантаження програм функціонування в оперативну пам'ять контролера і обміну даними в режимі технічного обслуговування МСКК;

- по двох двонаправлених послідовних каналах UART, на базі приймачів оптичної лінії зв'язку.

МСКК являють собою конструктивно закінчені вироби, що компонуються на замовлення користувачів. До складу МСКК входять:

- базовий шафа;
- центральний процесор КМп;
- функціональні блоки зв'язку з об'єктом;
- модуль контролю обладнання МКО-3М;
- резервована система електроживлення – розподільники живлення РЖ-84 та блоки живлення БЖв-204;

- система освітлення – розподільник живлення РЖ-85 і світлодіодний світильник;

- розподільник сигналів РС-47/1 (для нерезерованого виконання МСКК);

- розподільник сигналів РС-55 (для троїрованого МСКК);

- кросове обладнання (системні кабелі, панелі з'єднувальні (ПЗд), панелі кросові (ПКр)).

У базовій шафі, якщо дивитися зверху вниз, розташовуються:

- датчик диму і контактори контролю стану дверей;

- каркас монтажний КМЗ-143 (в троїрованом МСКК розташовані три каркаси КМЗ-143) з встановленим модулем контролю обладнання МКО-3М. У каркас встановлюються один ЦП КМп і до 16 функціональних блоків. Блоки живлення БЖв-204 встановлюються на бічних стінках шафи, з задньої сторони. У разі необхідності живлення зовнішніх дискретних сигналів ззаду на каркасі встановлюються два блоки живлення БЖв-196. Обмін інформацією між КМп і функціональними блоками здійснюється по радіальному послідовному інтерфейсу ІРП-2. Кожен модуль пов'язаний з центральним процесором КМп двома персональними лініями зв'язку: прийом і передача, як показано на рисунку 2.1;

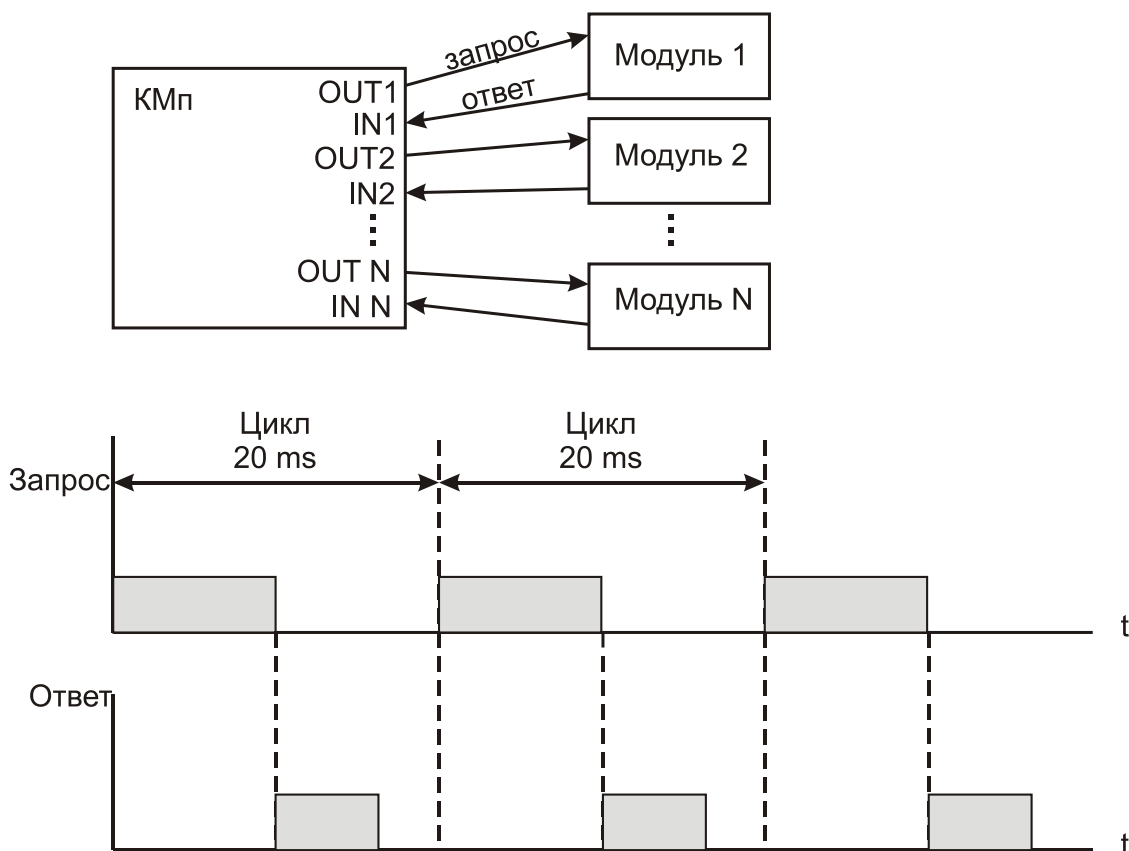


Рисунок 2.11 – Інтерфейс ІРІ-2

– кросове обладнання, призначене для розміщення ПЗд, ПКр, прокладки і фіксації системних кабелів, що з'єднують функціональні блоки з ПЗд, а також прокладки в кабельних каналах об'єктових кабелів;

– розподільник сигналів РС-47/1 (для нерезервованого МСКК), призначений для підключення послідовного каналу зв'язку RS-422 і магістралі часу від джерела точного часу СХр-1 або Ч7-43;

– розподільник сигналів РС-56 (для троїрованого МСКК), призначений для підключення трьох послідовних каналів зв'язку RS-422 і магістралі часу від джерела точного часу СХр-1;

– два розподільника живлення РЖ-84 (для нерезервованого МСКК) і шість розподільників живлення РЖ-84 (для троїрованого МСКК), призначені для підключення фідерів живлення, фільтрації імпульсних завад у ланцюгах електроживлення;

– один розподільник живлення РЖ-85, призначений для підключення електроживлення світильника;

– в нижній частині шафи розташовані кабельні вводи або панель для фіксації об'єктових кабелів і клемники типу WAGO для підключення екранів кабелів до корпусу шафи.

Центральний процесор КМп містить:

– багатофункціональний процесорний модуль MSM586SEN або мікропроцесорний блок БМп-9 на основі процесора Elan520 – КМп-25 і модуль Smart фірми Digital Logic SMA200 – КМп-29;

– вузол прийому часу;

– 30 послідовних радіальних каналів UART для підключення функціональних блоків.

Швидкість передачі до 230400 bit/s;

– послідовні канали UART з фізичною реалізацією RS-422. Швидкість передачі до 230400 bit/s;

– два послідовних канали на базі приймачів ліній зв'язку Ethernet 100BASE-FX з підключенням на оптоволоконні лінії через з'єднувачі MT-RJ;

– вихід в мережу Ethernet 10 / 100BASE-T з підключенням кабелю "вита пара" через з'єднувач RJ-45 (для КМп-25);

– два послідовних канали UART для буферованого введення і виведення даних на оптоволоконні лінії зв'язку через з'єднувачі ST.

У КМп є такі засоби діагностування:

– контроль «зависання» технологічної програми (Watchdog);

– контроль напруги живлення;

– контроль роботи внутрішнього інтерфейсу;

– контроль роботи зовнішніх мережевих інтерфейсів;

– контроль температури;

– контроль цілісності програми і даних в flash-пам'яті.

Таблиця 2.2 – Характеристики МСКК з КМп-25 та КМп-29

Найменування параметра		Значення параметра	
1	Параметри процесорного модуля:	КМп-25	КМп-29
	– тип процесору	i586, 133 MHz	Intel Atom
	– розрядність, bit	16	16
	– ємність оперативної пам'яті SODIMM, Mbyte, не менше	32	1024
	– ємність FLASH-пам'яті системних програм, Kbyte, не менше	512	8000
	– ємність FLASH-пам'яті прикладних програм, Byte, не менше	1000	4000
	– ємність FRAM, Kbyte, не менше	128	

Продовження таблиці 2.2

2	Кількість каналів зв'язку з обчислювальними засобами верхнього рівня, шт.:		
	– Ethernet FX	2	
	– RS-422	2	1
	– послідовний порт UART	2	
3	Фізичне середовище каналу зв'язку:		
	– Ethernet, UART	Оптоволоконний кабель	
	– RS-422	"вита пара"	
4	Швидкість передачі даних по:		
	– Ethernet FX, Mbit/s	100	
	– RS-422, kbit/s	230,4	
	– послідовний порт UART, Mbit/s	3,6864	
5	Час обміну даними по інтерфейсу ІРІІ-2:		
	– для блоків введення-виведення дискретних сигналів, ms	10	
	– для блоків введення-виведення аналогових сигналів, ms	20	
6	Максимальна кількість блоків, що встановлюються в каркас монтажний КМЗ-143 (інтерфейс ІРІІ-2), шт.	16	
7	Кількість двопровідних каналів введення-виведення (ємність кросу), шт.		
	– МСКК нерезервований, не більше	512	
	– МСКК троїрований, не більше	256	
8	Межі допустимої похибки прив'язки секундного сигналу до сигналу 1PPS синхронметра СХр-1, μ s	± 15	
9	Межі допустимої похибки ведення часу в КМп при відключенні джерела точного часу, якщо до цього він був підключений не менше 3 min, ms/h	$\pm 1,0$	

Функціональні блоки, що входять до складу МСКК, виконують:

- прийом і перетворення в двійковий код аналогових сигналів;
- прийом і нормалізацію дискретних сигналів;
- формування і видачу аналогових і дискретних сигналів;

– зв'язок з термінальним обладнанням по послідовному каналу зв'язку типу "струмова петля".

Функціональні блоки формують узагальнений сигнал помилки при наступних умовах:

- самодіагностика (контроль ПЗУ мікропроцесора) виконується з помилкою;
- якщо протягом більше 100 ms немає зв'язку з контролером по інтерфейсу ІРІІ -2;
- якщо 10 разів поспіль прийом кадру 1 від контролера по інтерфейсу ІРІІ-2 виконується з помилками;
- є помилка в стані вихідного(их) каналу(ів) за результатами самодіагностики;
- невірний тип модуля.

Програма фоновієї діагностики, яка функціонує в центральному процесорі КМп, збирає діагностичну інформацію від модулів, доповнює її своїми результатами контролю обміну з модулями, контролю датчика диму, температури, напруги електроживлення, положень перемикачів фідерів живлення, результатами самодіагностики центрального процесора КМп і відправляє в діагностичну робочу станцію через інформаційну локальну мережу Ethernet.

Таблиця 2.3 – Характеристики дискретних модулів

Параметри дискретних сигналів		Тип модуля	Час реакції модуля, ms
Вхід	«сухий контакт» (24 V; 48 V; 7 mA; 10 mA; 25 mA)	НД(РК)-16/1, НД(РК48)-16/1М	10
	сигнали напруги 24 V; 48 V	НД(Р)-48/1, НД(Р)-16/1	10
Вихід	напівпровідниковий ключ 48 V; 0,5 А	ФД(Р2)-16/1	10
	електромеханічний ключ (реле) 50 V; 0,5 А	ФК-16/1	10

Таблиця 2.4 – Характеристики аналогових модулів

Діапазони аналогових сигналів		Тип модуля	Похибка перетворення, %, в робочих умовах експлуатації (+15 ... +35 °С)	Час реакції модуля, ms
Вхід	0-2,5 V; 0-10 V	ПНК(Р)-1К, ПНК(Р)-1КМ	±0,025	300 70
	±10 mV; ±20 mV; ±40 mV	ПНК(Р)-2К	±0,05	300
	0-5 mA	ПНК(Р)-1КМ, ПТК(Р)-2К	±0,05	70 80
	0-20 mA	ПНК(Р)-1К2, ПТК(Р)-1КМ	±0,10 ±0,05	300 70
	± 0,5 мкА; 0-5 мкА	ПКИ-2/3	±0,2 ±0,05	150
	0-100 Ω; 0-200 Ω; 0-400 Ω	ПСК-2КМ	±0,05	450
	100-5000 Ω	ПСР-1К	±0,05	400
Вихід	0-5 mA; 0-20 mA	ФТ-16К,	±0,20	50
		ФТ-16М	±0,05	35

2.4 Висновки до розділу 2

В результаті розгляду трьох промислових контролерів різних виробників була складена порівняльна таблиця 2.5 для визначення найбільш відповідного варіанту для використання в підсистемі зв'язку з об'єктом.

Таблиця 2.5 – Порівняння функціональності розглянутих промислових контролерів

Функція	Можливість її забезпечення		
	SIMATIC S7-400	МФК1500	МСКК
Приєм і первинна обробка вхідних сигналів:			
— від датчиків термоопору	+	+	+
— від термоелектричних датчиків	+	+	+

Продовження таблиці 2.5

— від датчиків з виходом від 0 до 5 mA	+	+	+
— від датчиків з виходом від 4 до 20 mA	+	+	+
— від датчиків положення регулюючої арматури	+	+	+
— від датчиків дискретних сигналів з виходом 24 V	+	+	+
— від датчиків прямого заряду	-	-	+
формування сигналів непрямого вимірювання	+	+	+
формування сигналів виходу значення безперервного параметра за кордон уставки	+	+	+
вирівнювання вхідних сигналів, елементів пам'яті, оперативно-змінюваних параметрів	+	+	+
Реалізація алгоритмів ТЗіБ	+	+	+
Передача і прийом в цифровому вигляді сигналів через оптичний UART	+	-	+
Передача і прийом в цифровому вигляді сигналів через оптичний Ethernet	+	+	+

Усі розглянуті промислові контролери підтримують прийом і обробку більшості вхідних аналогових та дискретних сигналів прямого вимірювання, однак тільки SIMATIC S7-400 не має у своєму складі модулів, здатних приймати сигнали від датчиків положення регулюючої арматури з діапазоном від 0 до 1000 Ом. У МФК1500 не передбачена передача даних в цифровому вигляді через оптичний UART, який потрібен для передачі керуючих сигналів в пристрій керування виконавчими механізмами в рамках КСБ, підсистема якої вдосконалюється. Всі представники можуть забезпечити формування сигналів непрямого вимірювання, формування сигналу виходу значення безперервного параметра за кордон уставки, вирівнювання вхідних сигналів, елементів пам'яті, оперативно-змінних параметрів. Центральні процесори розглянутих промислових контролерів (а у випадку SIMATIC S7-400 ще й функціональні модулі FM) здатні реалізувати алгоритми за функціями формування послідовності команд захисних дій, команд технологічних захистів і блокувань. Також у всіх представників є засоби для передачі даних в цифровому вигляді в сервер СДА через оптичний Ethernet. Однак тільки промислові контролери МСКК дозволяють використовувати в своєму складі блоки ПЗО для аналого-цифрового перетворення сигналів від датчиків прямого заряду. Таким чином, МСКК є єдиними промисловими контролерами, які (згідно з п. 1.5.2) задовольняють основним вимогам до підсистеми зв'язку з об'єктом.

3 СИНТЕЗ ПІДСИСТЕМИ НИЖНЬОГО РІВНЯ КСБ

3.1 Проектування структури підсистеми зв'язку з об'єктом

Необхідний рівень резервування, згідно з п. 1.5.2, досягається шляхом створення багатоканальної підсистеми зв'язку з об'єктом. Реалізація чотириканальної підсистеми зв'язку з об'єктом забезпечить більш надійну КСБ в порівнянні з існуючою, та її аналогами. Для того щоб при відмові обладнання не видавалися помилкові команди, повинно бути передбачено голосування за логікою «2 з 4», в якому крім параметрів, вироблених (вимірних або обчислених) всередині кожного каналу підсистеми зв'язку з об'єктом, використовується інформація з трьох інших каналів. Голосування має відбуватися на двох рівнях: перший – на рівні технологічних параметрів, формуючи достовірний і придатний для подальшої обробки сигналів в кожному каналі; другий – на рівні введення команд в пристрій керування виконавчими механізмами, де припиняється, таким чином, видача неправдивої команди на виконавчі механізми. Дані підходи забезпечують при одиничних відмовах – у частині технологічних захистів і блокувань принцип «безпечної» відмови, а в частині керування виконавчими механізмами захист від видачі помилкової команди. Таким чином, виконується захист від відмови на вимогу.

Приведення системи, згідно з п. 1.5.1, до дотримання принципу незалежності в достатній мірі, реалізується шляхом розміщення обладнання каналів підсистеми в окремих приміщеннях, рознесених у просторі. Живлення повинно здійснюватися від незалежних джерел. Кожен канал повинен мати власний контрольно-вимірювальний прилад. Необхідні цифрові зв'язки між каналами повинні бути виконані у вигляді виділених оптичних ліній зв'язку, що забезпечують гальванічну розв'язку каналів підсистеми.

Конструктивне виконання шафи МСКК для підсистеми зв'язку з об'єктом може бути представлено у вигляді одноканального або трьохканального пристрою. Для реалізації принципу незалежності канали підсистеми повинні бути рознесені в просторі, отже, кожен канал має бути реалізований окремим одноканальним МСКК.

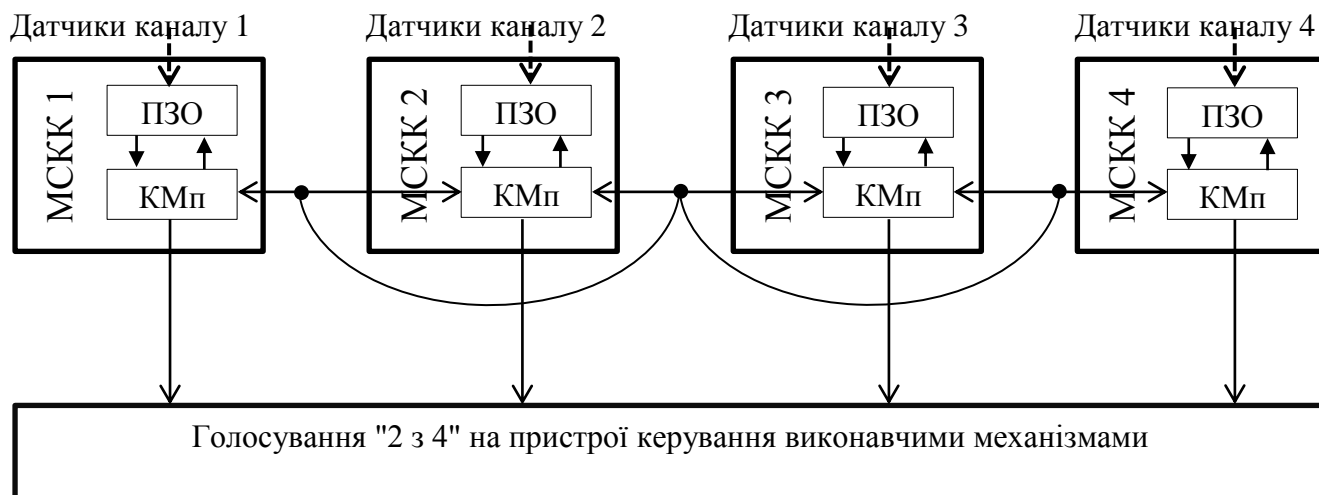


Рисунок 3.1 – Схема чотириразового резервування з урахуванням принципу незалежності

Перший рівень голосування «2 з 4» реалізований програмно і відбувається в КМП кожного каналу. Результати голосування та результуючі вихідні сигнали по кожному з каналів можна подивитися на відеокadraх робочих станцій з підсистеми діагностування та архівування.

Кожен канал підсистеми зв'язку з об'єктом, в свою чергу, повинен містити два незалежних комплекти апаратури з метою дотримання принципу різноманітності. Комплекти А і В повинні бути реалізовані різними технічними і програмними засобами і ніяк не повинні бути пов'язані між собою. Кожен комплект повинен мати власний набір ПВП. Об'єднуватися ці комплекти повинні з використанням елементів жорсткої логіки.

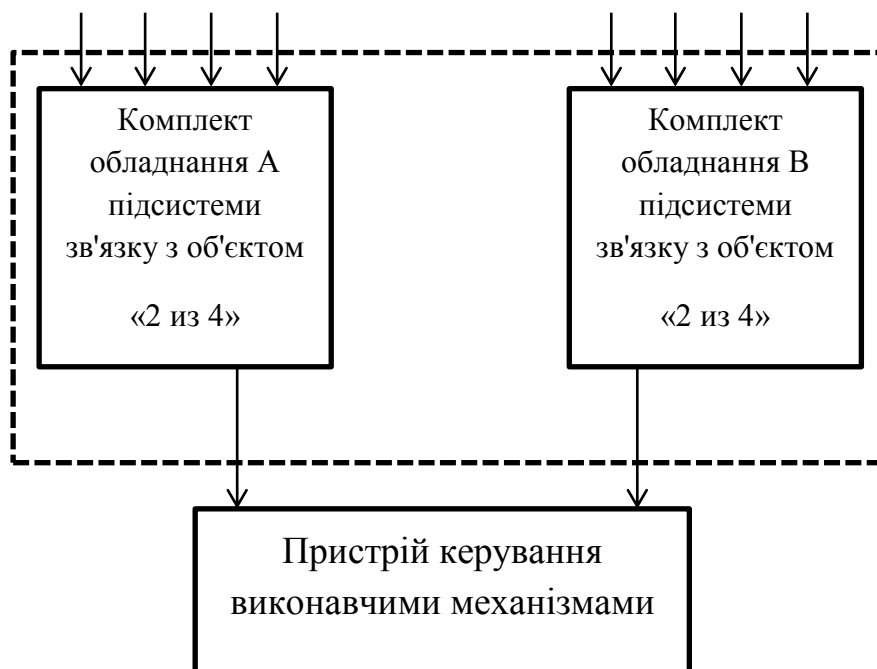


Рисунок 3.2 – Схема реалізації принципу неоднаковості для підсистеми зв'язку з об'єктом

Для реалізації принципу різноманітності у сімействі промислових контролерів МСКК передбачені різні версії структурного виконання. Останніми версіями є МСКК-3 і МСКК-4.

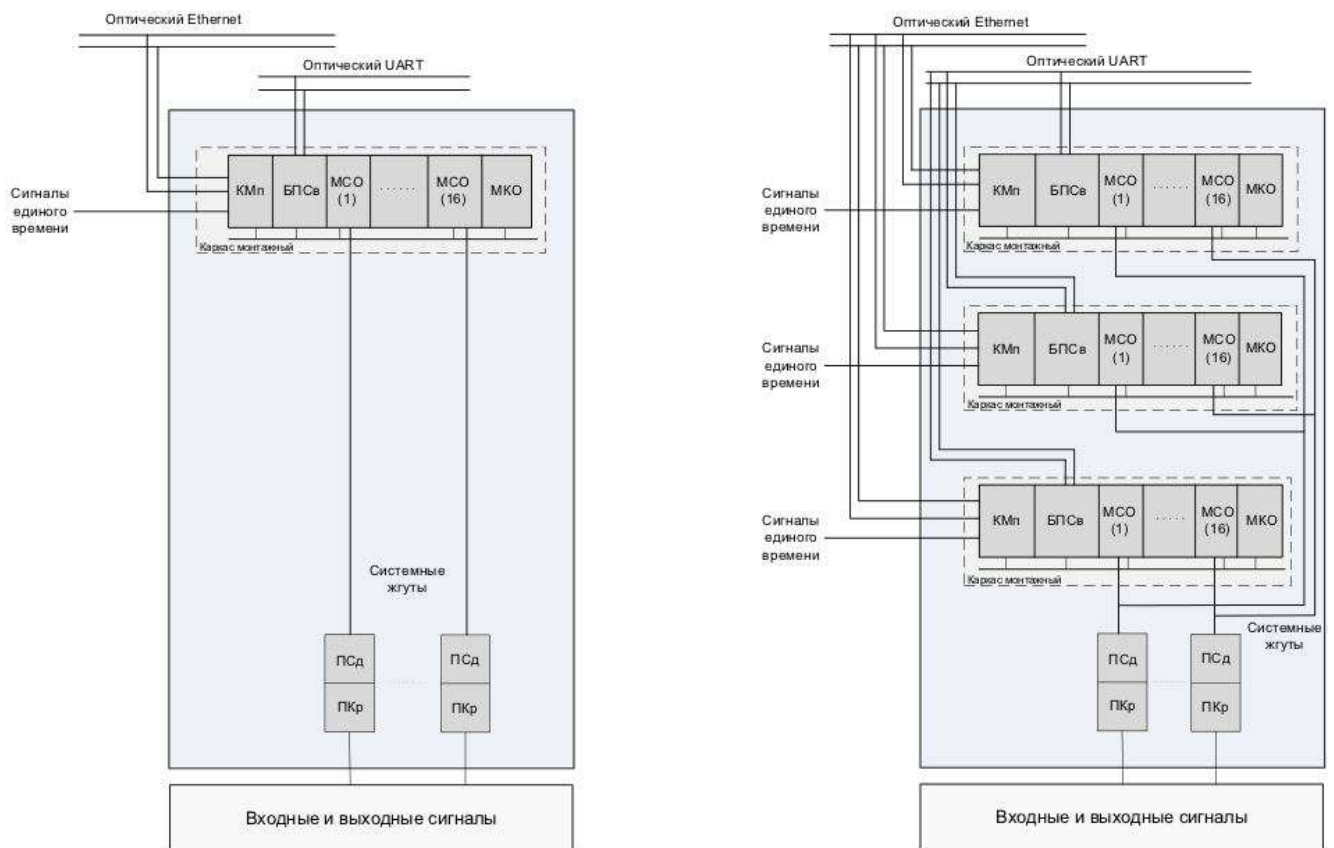


Рисунок 3.3 – Структурні схеми МСКК-3 без резервування і з резервуванням

Складові частини МСКК-3:

- мікропроцесорні контролери КМп, оснащені портами інтерфейсу Ethernet і функціонують під керуванням системного програмного забезпечення реального часу;
- модулі зв'язку з об'єктом МЗО, призначені для введення / виведення дискретних і аналогових сигналів;
- модулі зв'язку БПСв, призначені для організації цифрових зовнішніх зв'язків МСКК-3;
- модулі контролю обладнання МКО, призначені для контролю працездатності та стану обладнання, розміщеного в шафі МСКК-3;
- панелі кросові ПКр, призначені для підключення об'єктових кабелів;
- панелі з'єднувальні ПЗд, призначені для зв'язку кросових панелей з модулями зв'язку з об'єктом і для захисту від електромагнітних перешкод;
- каркаси монтажні, призначені для установки центральних процесорів і модулів зв'язку з об'єктом.

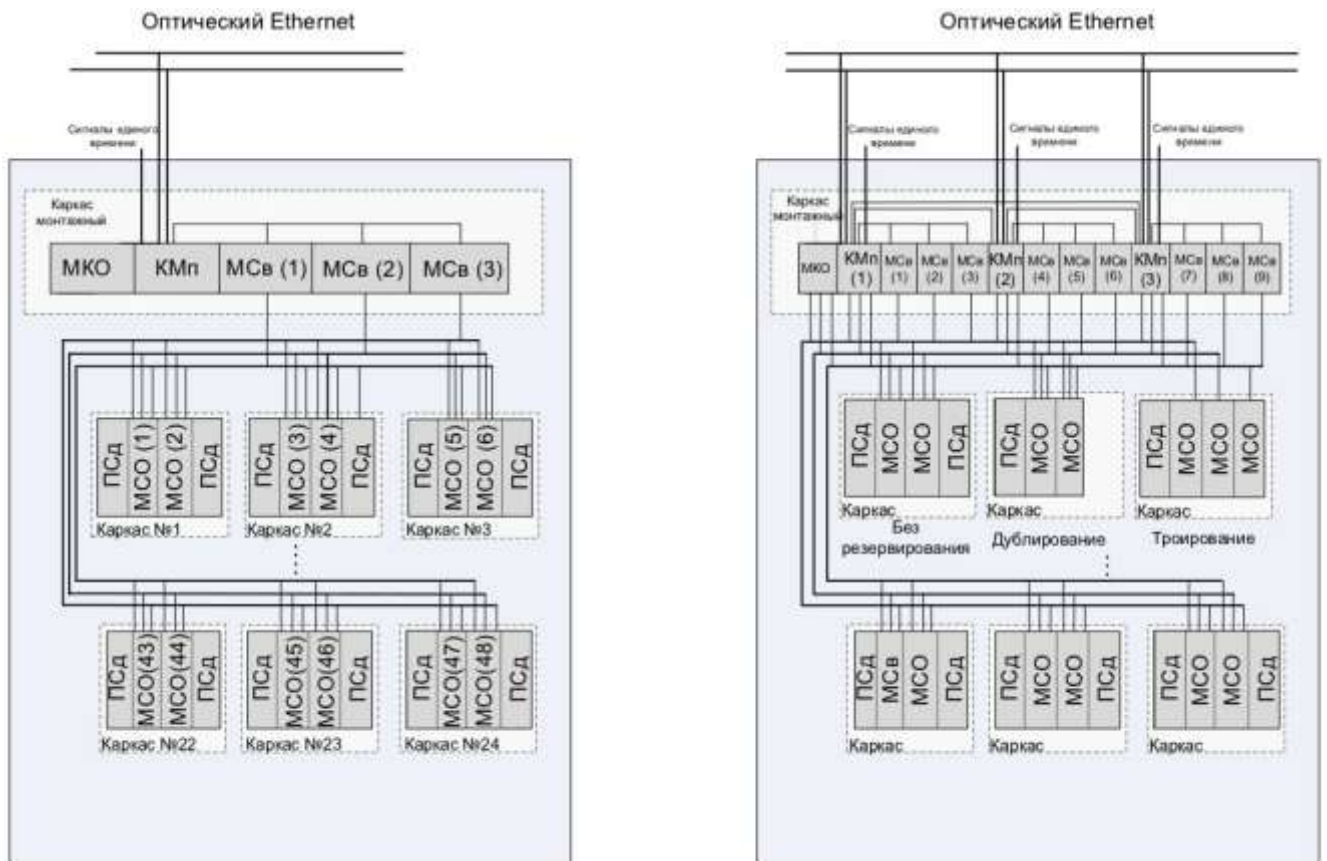


Рисунок 3.4 – Структурні схеми МСКК-4 без резервування і з резервуванням

Складові частини МСКК-4:

- мікропроцесорні контролери КМп, оснащені портами інтерфейсу Ethernet і функціонують під керуванням системного програмного забезпечення реального часу;
 - модулі зв'язку з об'єктом МЗО, призначені для введення / виведення дискретних і аналогових сигналів;
 - модулі зв'язку МЗв, призначені для організації обміну даними між КМп і МЗО, а також забезпечують зовнішні зв'язки МСКК-4;
 - модулі контролю обладнання МКО, призначені для контролю працездатності та стану обладнання, розміщеного в шафі МСКК-4;
 - панелі кросові ПКр, призначені для підключення об'єктових кабелів;
 - панелі з'єднувальні ПЗд, призначені для зв'язку кросових панелей з модулями зв'язку з об'єктом і для захисту від електромагнітних перешкод;
 - каркаси монтажні, призначені для установки контролерів і модулів зв'язку з об'єктом.
- Різні структурні виконання дозволяють використовувати МСКК-3 і МСКК-4 в різних диверситетах для дотримання принципу різноманітності.

Також диверсності повинні бути піддані функціональні модулі (центральний процесор КМп, модулі контролю обладнання і модулі зв'язку з об'єктом), блоки живлення та розподільники живильні промислового контролера МСКК.

КМп-25 і КМп-29, згідно п. 2.3 відрізняються за характеристиками і містять різні процесорні модулі, в основі яких лежать різні мікропроцесори, що дозволяє використовувати їх в різних комплектах як диверсні по відношенню один до одного. Основні характеристики зазначених центральних процесорів КМп-25 і КМп-29 наведені в п. 2.3 і таблиці 2.2.

Модулі зв'язку з об'єктом, модулі контролю обладнання та блоки живлення не мають різних версій, що відрізняються структурою або принципом роботи. У такому разі для виключення однакових прихованих помилок при проектуванні або виготовленні повинні застосовуватися модулі-розробки різних відділів (різними розробниками), а також повинна бути використана різна елементна база при виготовленні даних модулів.

В результаті ми отримаємо наступний склад комплекту першого диверснєтєту:

- промисловий контролер — одноканальне виконання МСКК-3;
- центральний процесор — КМп-25;
- мікропроцесор — i586;
- блоки ПЗО, МКО, БЖв та РЖ — розробка відділу № «А».

І наступний склад комплекту другого диверснєтєту:

- промисловий контролер — одноканальне виконання МСКК-4;
- центральний процесор — КМп-29;
- мікропроцесор — Intel Atom;
- блоки ПЗО, МКО, БЖв та РЖ — розробка відділу № «В».

Модернізована підсистема з дотриманням принципів резервування, незалежності та різноманітності наведена на рисунку 3.5.

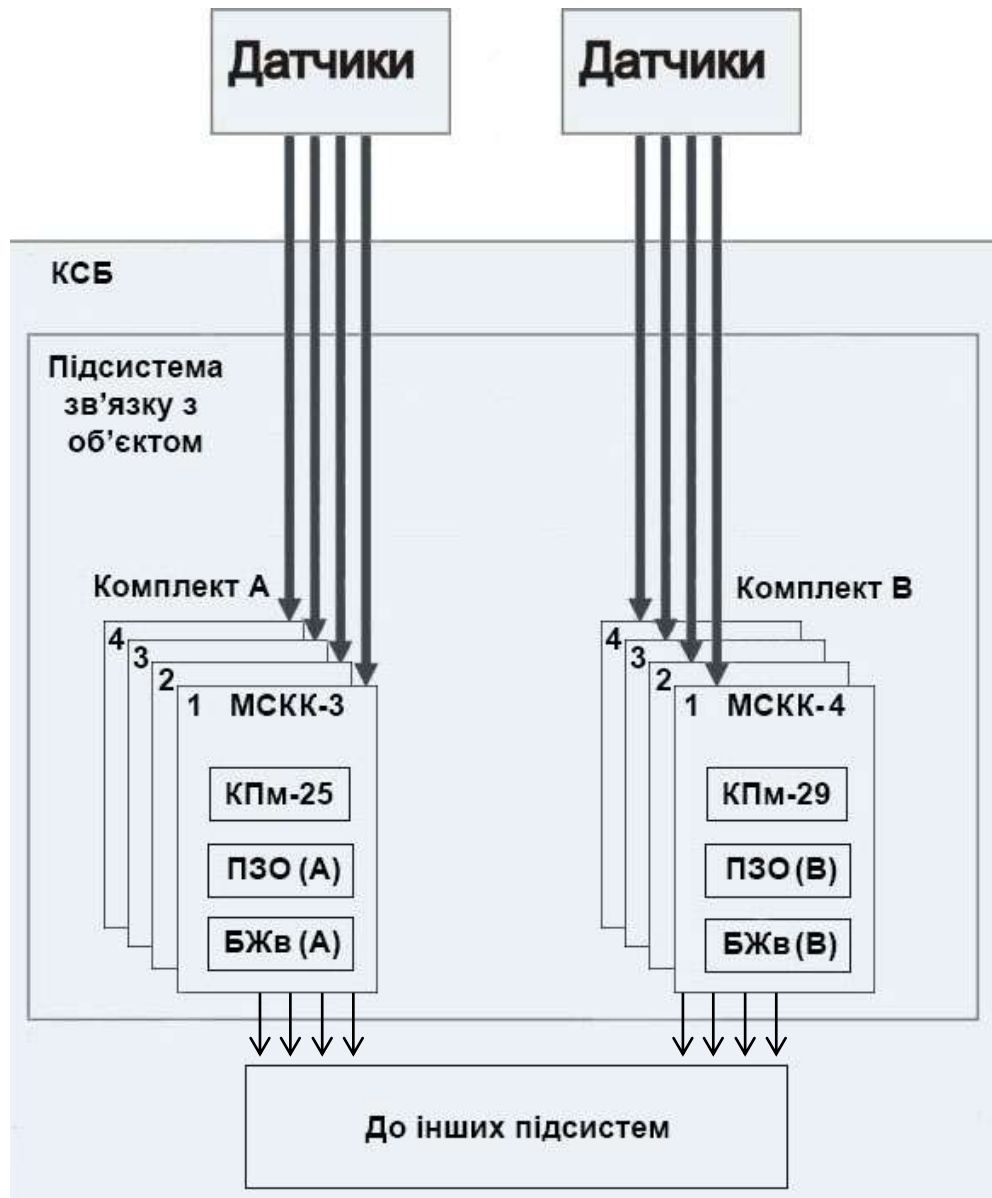


Рисунок 3.5 – Результуюча підсистема зв'язку з об'єктом

3.2 Методика розрахунку надійності підсистеми зв'язку з об'єктом

Для функцій КСБ встановлена наступна номенклатура показників безвідмовності:

- L – ймовірність правильного виконання дискретної функції (для відмов типу "неспрацювання");
- λ – параметр потоку відмов дискретної функції (для відмов типу "помилкове спрацювання");
- T_0 – середнє напрацювання на відмову безперервної функції.

Кількісні значення показників безвідмовності (таблиця 3.1) повинні визначатися розрахунковим шляхом згідно [12] і відповідати технічному завданню на КСБ.

Таблиця 3.1 – Показники безвідмовності

Найменування функція	Тип функції	Вид відмови	Показник безвідмовності позначення, одиниця вимірювання
1 Первинна обробка даних і формування безперервних сигналів для суміжних систем	Неперервна	Будь-яка відмова елемента	T_o, h
2 Формування послідовності команд захисних дій за логікою «2 з 4»	Дискретна	Неспрацювання	L
		Помилкове спрацювання	$\lambda, 1/h$
3 Формування команд ТЗіБ за логікою «2 з 3»	Дискретна	Неспрацювання	L
		Помилкове спрацювання	$\lambda, 1/h$
4 Формування команд технологічних блокувань за логікою «2 з 2»	Дискретна	Неспрацювання	L
		Помилкове спрацювання	$\lambda, 1/h$
5 Формування команд технологічних блокувань за логікою «1 з 2»	Дискретна	Неспрацювання	L
		Помилкове спрацювання	$\lambda, 1/h$
6 Формування команд технологічних блокувань за логікою «1 з 1»	Дискретна	Неспрацювання	L
		Помилкове спрацювання	$\lambda, 1/h$

Розрахунок показників надійності проводиться для кожної розглянутої функції і включає наступні етапи:

- складання структурної схеми надійності (далі - ССН) виконання функції;
- декомпозицію ССН на послідовне з'єднання простих схем;
- розрахунок показників безвідмовності простих схем;
- розрахунок показників безвідмовності функції.

Простою схемою називається ділянка ССН, яка далі не поділяється на послідовно з'єднані ділянки.

В якості компонентів ССН, що об'єднуються в прості схеми, виділяють технічні засоби або їх складові частини, для яких задані або можуть бути визначені показники надійності: параметр потоку відмов λ_i і середній час відновлення T_{Bi} .

Параметр потоку відмов компонентів λ_i пов'язаний з його середнім напрацюванням на відмову T_i співвідношенням:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i}, \quad (3.1)$$

а інтенсивність відновлення компонентів μ_i із середнім часом його відновлення T_{Bi} – співвідношенням:

$$\mu_i = \frac{1}{T_{Bi}}. \quad (3.2)$$

Відповідно до методики, наведеної в публікації [26], інтенсивність потоку відмов для системи з p робочих компонентів і n однотипних резервних компонентів визначається за формулою:

$$\lambda_{cx_i} = \frac{p\lambda^{n+1}C_{p+n}^p}{\mu^n}, \quad (3.3)$$

$$C_N^p = \frac{N!}{p!n!}, \quad N - \text{сумарне число компонентів.}$$

Дублювання різними компонентами:

$$\lambda_{cxi} = \lambda_1\lambda_2(T_{B1} + T_{B2}), \quad (3.4)$$

Параметр потоку відмов для кожної розглянутої функції, що складається з S послідовно з'єднаних простих схем, визначається за такою формулою:

$$\lambda\phi = \sum_i^s \lambda_{cx_i}, \quad (3.5)$$

де λ_{cx_i} - параметр потоку відмов i -ї простої схеми;

S - число виділених простих схем, послідовне з'єднання яких становить ССН функції.

Середнє напрацювання на відмову функції визначається за формулою:

$$T\phi = \frac{1}{\sum_i^s \lambda c x_i} \quad (3.6)$$

Інтенсивність відновлення системи, що виконує задану функцію, розраховується за формулою:

$$\mu_\phi = \frac{\lambda\phi}{\sum \frac{\lambda i}{\mu i}} \quad (3.7)$$

Середній час відновлення системи, що виконує задану функцію, визначається за формулою:

$$T_{B\phi} = \frac{1}{\mu_\phi} \quad (3.8)$$

Коефіцієнт готовності за заданими функціями визначається за формулою:

$$K_r = \frac{T_\phi}{T_\phi + T_{B\phi}} \quad (3.9)$$

Згідно [12] ймовірність правильного виконання дискретної функції (для відмов типу "неспрацювання") $L = K_r$.

Структурна схема надійності МСКК-3 наведена на рисунку 3.6.

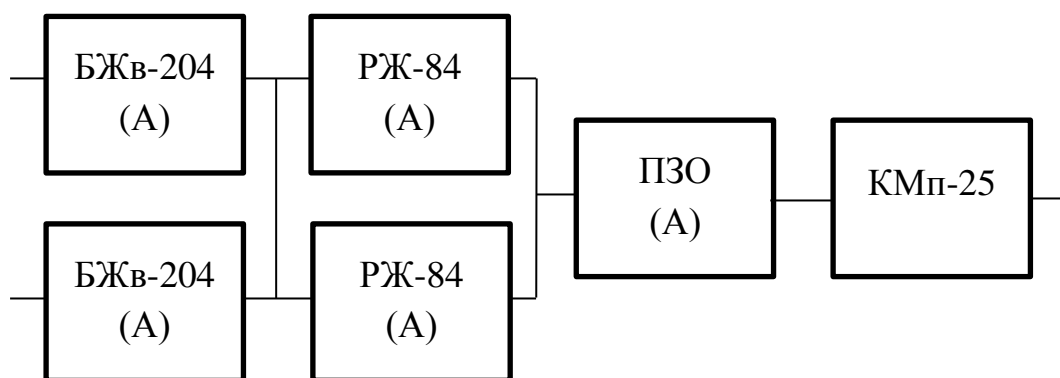


Рисунок 3.6 – Структурна схема надійності МСКК-3

Параметри потоку відмов (відповідно до (3.1)) для компонентів МСКК-3:

$$\lambda_{\text{БЖВ}(A)} = \frac{1}{T_{\text{БЖВ}(A)}}; \quad \lambda_{\text{РЖ}(A)} = \frac{1}{T_{\text{РЖ}(A)}}; \quad \lambda_{\text{ПЗО}(A)} = \frac{1}{T_{\text{ПЗО}(A)}}; \quad \lambda_{\text{КМП-25}} = \frac{1}{T_{\text{КМП-25}}}$$

а інтенсивність відновлення (відповідно до (3.2)) компонентів МСКК-3:

$$\mu_{\text{БЖВ}(A)} = \frac{1}{T_{\text{В}(БЖВ(A))}}; \quad \mu_{\text{РЖ}(A)} = \frac{1}{T_{\text{В}(РЖ(A))}}; \quad \mu_{\text{ПЗО}(A)} = \frac{1}{T_{\text{В}(ПЗО(A))}}; \quad \mu_{\text{КМП-25}} = \frac{1}{T_{\text{В}(КМП-25)}}.$$

Для дубльованих БЖВ(A) і РЖ(A) потік відмов (відповідно до (3.3)) матиме наступний вигляд:

$$\lambda_{\text{БЖВ}(A)(\text{дубльований})} = \frac{2\lambda_{\text{БЖВ}(A)}^2}{\mu_{\text{БЖВ}(A)}}; \quad \lambda_{\text{РЖ}(A)(\text{дубльований})} = \frac{2\lambda_{\text{РЖ}(A)}^2}{\mu_{\text{РЖ}(A)}}.$$

Таким чином, параметр потоку відмов для МСКК-3 (відповідно до (3.5)) обчислюється так:

$$\lambda_{\text{МСКК-3}} = \lambda_{\text{БЖВ}(A)(\text{дубльований})} + \lambda_{\text{РЖ}(A)(\text{дубльований})} + \lambda_{\text{ПЗО}(A)} + \lambda_{\text{КМП-25}}.$$

Середнє напрацювання на відмову (відповідно до (3.6)) МСКК-3:

$$T_{\text{МСКК-3}} = \frac{1}{\lambda_{\text{МСКК-3}}}.$$

Інтенсивність відновлення (відповідно до (3.7)) МСКК-3:

$$\mu_{\text{МСКК-3}} = \frac{\lambda_{\text{МСКК-3}}}{\frac{2\lambda_{\text{БЖВ}(A)}}{\mu_{\text{БЖВ}(A)}} + \frac{2\lambda_{\text{РЖ}(A)}}{\mu_{\text{РЖ}(A)}} + \frac{\lambda_{\text{ПЗО}(A)}}{\mu_{\text{ПЗО}(A)}} + \frac{\lambda_{\text{КМП-25}}}{\mu_{\text{КМП-25}}}}.$$

Середній час відновлення (відповідно до (3.8)) МСКК-3:

$$T_{\text{ВМСКК-3}} = \frac{1}{\mu_{\text{МСКК-3}}}.$$

Структурна схема надійності МСКК-4 наведена на рисунку 3.7.

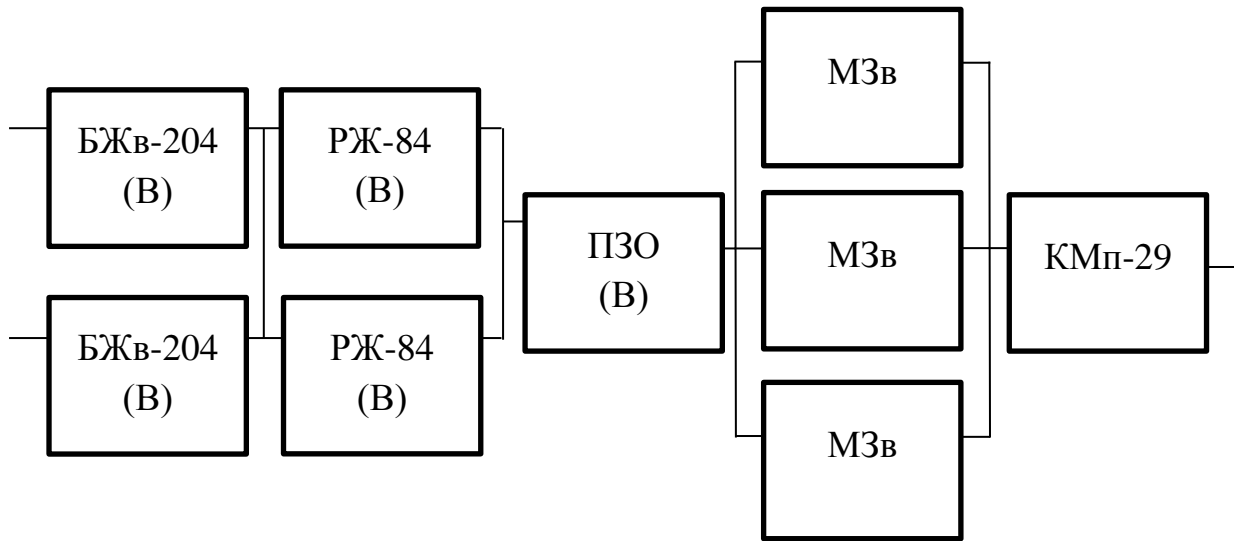


Рисунок 3.7 – Структурна схема надійності МСКК-4

Аналогічні розрахунки для МСКК-4. Параметри потоку відмов для компонентів МСКК-4 (відповідно до (3.1)):

$$\lambda_{\text{БЖВ(В)}} = \frac{1}{T_{\text{БЖВ(В)}}}; \quad \lambda_{\text{РЖ(В)}} = \frac{1}{T_{\text{РЖ(В)}}}; \quad \lambda_{\text{ПЗО(В)}} = \frac{1}{T_{\text{ПЗО(В)}}}; \quad \lambda_{\text{МЗВ}} = \frac{1}{T_{\text{МЗВ}}}; \quad \lambda_{\text{КМП-29}} = \frac{1}{T_{\text{КМП-29}}},$$

а інтенсивність відновлення компонентів МСКК-4 (відповідно до (3.2)):

$$\mu_{\text{БЖВ(В)}} = \frac{1}{T_{\text{В(БЖВ(В))}}}; \quad \mu_{\text{РЖ(В)}} = \frac{1}{T_{\text{В(РЖ(В))}}}; \quad \mu_{\text{ПЗО(В)}} = \frac{1}{T_{\text{В(ПЗО(В))}}}; \quad \mu_{\text{МЗВ}} = \frac{1}{T_{\text{В(МЗВ)}}}; \quad \mu_{\text{КМП-29}} = \frac{1}{T_{\text{В(КМП-29)}}}.$$

Для дубльованих БЖВ(В) і РЖ(В) потік відмов матиме наступний вигляд (відповідно до (3.3)):

$$\lambda_{\text{БЖВ(В)(дубльований)}} = \frac{2\lambda_{\text{БЖВ(В)}}^2}{\mu_{\text{БЖВ(В)}}}; \quad \lambda_{\text{РЖ(В)(дубльований)}} = \frac{2\lambda_{\text{РЖ(В)}}^2}{\mu_{\text{РЖ(В)}}}.$$

Для троїрованого МЗВ потік відмов розраховується так (відповідно до (3.3)):

$$\lambda_{\text{МЗВ(троїрований)}} = \frac{3\lambda_{\text{МЗВ}}^3}{\mu_{\text{МЗВ}}^2}.$$

Таким чином, параметр потоку відмов для МСКК-4 обчислюється так (відповідно до (3.5)):

$$\lambda_{\text{МСКК-4}} = \lambda_{\text{БЖВ(дубльований)}} + \lambda_{\text{РЖ(дубльований)}} + \lambda_{\text{ПЗО(В)}} + \lambda_{\text{МЗВ(троїрований)}} + \lambda_{\text{КМП-29}}.$$

Середнє напрацювання на відмову МСКК-4 (відповідно до (3.6)):

$$T_{\text{МСКК-4}} = \frac{1}{\lambda_{\text{МСКК-4}}}.$$

Інтенсивність відновлення МСКК-4 (відповідно до (3.7)):

$$\mu_{\text{МСКК-4}} = \frac{\lambda_{\text{МСКК-4}}}{\frac{2\lambda_{\text{БЖВ(В)}}}{\mu_{\text{БЖВ(В)}}} + \frac{2\lambda_{\text{РЖ(В)}}}{\mu_{\text{РЖ(В)}}} + \frac{\lambda_{\text{ПЗО(В)}}}{\mu_{\text{ПЗО(В)}}} + \frac{3\lambda_{\text{МЗВ}}}{\mu_{\text{МЗВ}}} + \frac{\lambda_{\text{КМП-29}}}{\mu_{\text{КМП-29}}}}.$$

Середній час відновлення МСКК-4 (відповідно до (3.8)):

$$T_{\text{ВМСКК-4}} = \frac{1}{\mu_{\text{МСКК-4}}}.$$

Структурна схема надійності підсистеми наведена на рисунку 3.8.

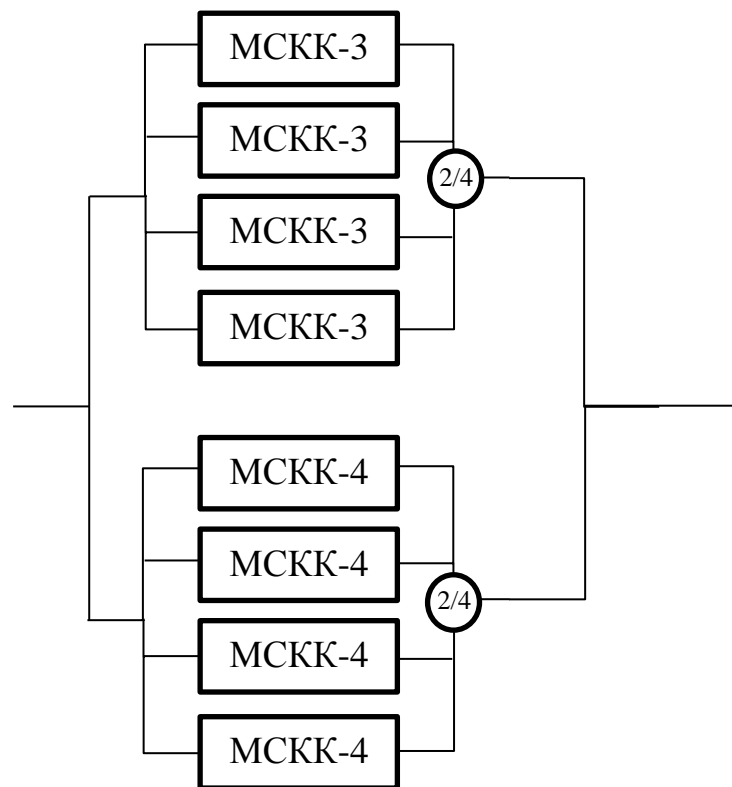


Рисунок 3.8 – Структурна схема надійності підсистеми

Параметр потоку відмов для чотириразового резервування з двома робочими, та двома резервними однотипними компонентами (відповідно до (3.3)):

$$\lambda_{\text{МСКК-3}(2/4)} = \frac{12\lambda_{\text{МСКК-3}}^3}{\mu_{\text{МСКК-3}}^2}; \quad \lambda_{\text{МСКК-4}(2/4)} = \frac{12\lambda_{\text{МСКК-4}}^3}{\mu_{\text{МСКК-4}}^2}.$$

У зв'язку з тим, що усі компоненти диверситету з'єднані паралельно, параметр потоку відмов для диверситетів має наступний вигляд (відповідно до (3.5)):

$$\lambda_{\text{диверситет A}} = \lambda_{\text{МСКК-3(2/4)}}; \quad \lambda_{\text{диверситет B}} = \lambda_{\text{МСКК-4(2/4)}}.$$

Середнє напрацювання на відмову диверситетів (відповідно до (3.6)):

$$T_{\text{диверситет A}} = \frac{1}{\lambda_{\text{диверситет A}}}; \quad T_{\text{диверситет B}} = \frac{1}{\lambda_{\text{диверситет B}}}.$$

Інтенсивність відновлення диверситету А (відповідно до (3.7)):

$$\mu_{\text{диверситет A}} = \frac{\lambda_{\text{диверситет A}}}{4\lambda_{\text{МСКК-3}}} = \frac{\lambda_{\text{диверситет A}} * \mu_{\text{МСКК-3}}}{4\lambda_{\text{МСКК-3}}}.$$

Аналогічно для диверситету В:

$$\mu_{\text{диверситет B}} = \frac{\lambda_{\text{диверситет B}}}{4\lambda_{\text{МСКК-4}}} = \frac{\lambda_{\text{диверситет B}} * \mu_{\text{МСКК-4}}}{4\lambda_{\text{МСКК-4}}}.$$

Параметр потоку відмов підсистеми зв'язку з об'єктом з двома диверситетами (відповідно до (3.4)):

$$\lambda_{\text{підсистеми}} = \frac{\lambda_{\text{диверситет A}} * \lambda_{\text{диверситет B}}}{\mu_{\text{диверситет A}} + \mu_{\text{диверситет B}}}.$$

Середнє напрацювання на відмову підсистеми (відповідно до (3.6)):

$$T_{\text{підсистеми}} = \frac{1}{\lambda_{\text{підсистеми}}}.$$

Інтенсивність відновлення підсистеми (відповідно до (3.7)):

$$\mu_{\text{підсистеми}} = \frac{\lambda_{\text{підсистеми}}}{\frac{4\lambda_{\text{МСКК-3}}}{\mu_{\text{МСКК-3}}} + \frac{4\lambda_{\text{МСКК-4}}}{\mu_{\text{МСКК-4}}}}.$$

Середній час відновлення підсистеми (відповідно до (3.8)):

$$T_{\text{Впідсистеми}} = \frac{1}{\mu_{\text{підсистеми}}}.$$

Коефіцієнт готовності підсистеми за заданими функціями (відповідно до (3.9)):

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{підсистеми}}}{T_{\text{підсистеми}} + T_{\text{Впідсистеми}}}$$

Так як усі функції підсистеми виконуються одними й тими ж компонентами, ймовірність правильного виконання всіх дискретних функцій дорівнює коефіцієнту готовності (K_{Γ}). Середнє напрацювання на відмову безперервної функції дорівнює середньому напрацюванню на відмову підсистеми ($T_{\text{підсистеми}}$).

Згідно з результатами розрахунків було визначено, що розроблена підсистема зв'язку з об'єктом має кращі показники надійності в порівнянні з існуючою підсистемою та задовольняє новим вимогам МАГАТЕ до ядерної та радіаційної безпеки для перспективних енергоблоків.

Реалізацію керуючої програми, що визначає функції, виконувани МСКК у складі підсистеми зв'язку з об'єктом, розглянемо на прикладі реалізації програми, що реалізує алгоритм системи ІЗК компенсатора тиску.

3.3 Реалізація алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску

3.3.1 Система компенсації тиску

Система компенсації тиску призначена для створення і підтримки тиску в першому контурі, обмеження відхилень тиску в першому контурі, що спричиняються зміною температурного режиму реакторної установки, і захисту першого контуру від перевищення тиску вище допустимого в аварійних режимах. До складу системи входять:

- компенсатор тиску УР10В01;
- барботажний бак УР20В01;
- імпульсно-запобіжні пристрої, арматура, трубопроводи.

Система компенсації тиску першого контуру складається з наступних функціональних груп:

- УР10 – компенсатора тиску;
- УР20 – захисту першого контуру від перевищення тиску.

Група УР20 складається з трьох імпульсно-запобіжних пристроїв УР21, 22, 23 і барботажного бака УР20В01.

Система компенсації тиску є системою важливою для безпеки.

Принцип роботи компенсатора тиску УР10В01 полягає в наступному.

Розігрів компенсатора тиску, кипіння і підтримання температури середовища в ньому проводиться за допомогою електричних нагрівачів, розташованих у нижній частині

компенсатора тиску. Утворений при кипінні води пар, знаходиться у верхній частині компенсатора тиску, створюючи парову подушку необхідного тиску.

При зміні середньої температури теплоносія першого контуру в перехідних режимах, пов'язаних із зміною навантаження або при порушеннях в роботі обладнання, частина теплоносія перетікає з компенсатора тиску в перший контур або з першого контуру в компенсатор тиску по з'єднувальному (дихальному) трубопроводу. При цьому обмеження відхилення тиску від номінального значення досягається за рахунок стиснення або розширення парової подушки в компенсаторі тиску, закипання води.

Водяний обсяг також бере участь в процесі компенсації обсягу. При зниженні тиску в першому контурі, парова подушка розширюється за рахунок перетікання води по "дихальному" трубопроводу в ГЦК. Вода в компенсаторі тиску починає випаровуватися, сприяючи тим самим збільшенню тиску в подушці і, відповідно, підтримання тиску в контурі, а при стисненні парової фази відбувається її конденсація на поверхні води, що обмежує зростання тиску.

3.3.2 Розробка алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску «УР»

Алгоритм буде розроблено на підставі даних по вихідних подіях і відповідним цим подіям блокуванням (таблиця 3.2) для енергоблоків, працюючих на основі ВВЕР-1200.

Таблиця 3.2 - Перелік блокувань, що беруть участь в алгоритмі

Блокування	Вихідна подія (параметр)	Вплив	Уставка
YPS03	Підвищення тиску в КТ (УР10P34,35,36)	Відкрити УР21S09	185 кгс/см ²
YPS03	Зниження тиску в КТ (УР10P34,35,36)	Закрити УР21S09	176 кгс/см ²
YPS03	Підвищення тиску над активною зоною реактора (УС70P04)	При Т в першому контурі < 100 °С відкрити УР21S09	35 кгс/см ²
YPS15	Зниження тиску в КТ (УР10P25,26,27) (3 з 3)	Включити електромагніти УР21S03,04	180 кгс/см ²
YPS18	Підвищення тиску в КТ (УР10P25,26,27) (1 з 3)	Відключити електромагніти УР21S03,04	190 кгс/см ²
YPS13	Зниження тиску в першому контурі (УС10(20,30)P04B1)	Якщо УР21S09 не закритий, закрити і заборонити відкриття клапана УР21S08	160 кгс/см ²
YPS13	Зниження тиску над активною зоною реактора (УС70P04B1) (3 з 3)	При Т в першому контурі < 100 °С – закрити із заборороною відкриття УР21S08	28 кгс/см ²
YPS13	Підвищення тиску над активною зоною реактора (УС70P04B1)	При Т в першому контурі < 100 °С – відкрити УР21S08	35 кгс/см ²
YPS13	Підвищення тиску в першому контурі (УС70P03B1)	Відкрити УР21S08	185 кгс/см ²

Електромагніт УР21S09 повинен бути включений при тиску УР10P34, УР10P35, УР10P36 більше 185 кгс/см² хоча б від двох датчиків з трьох. Аналогічно для значень тиску менше 176 кгс/см² від цих же датчиків, електромагніт повинен бути відключений.

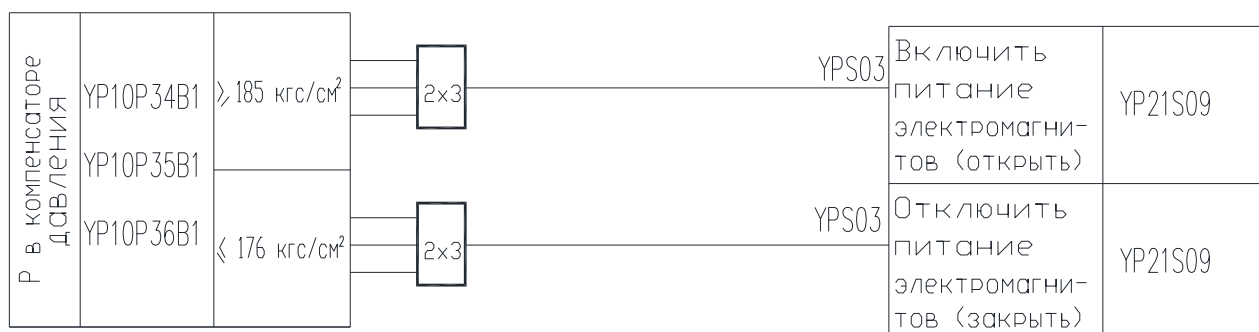


Рисунок 3.9 – Реалізація алгоритму крок 1

Також включення електромагніту YP21S09 має відбуватися при тиску YC70P04B1 над активною зоною реактора більше 35 кгс/см^2 і температурі теплоносія в першому контурі більше 100°C .

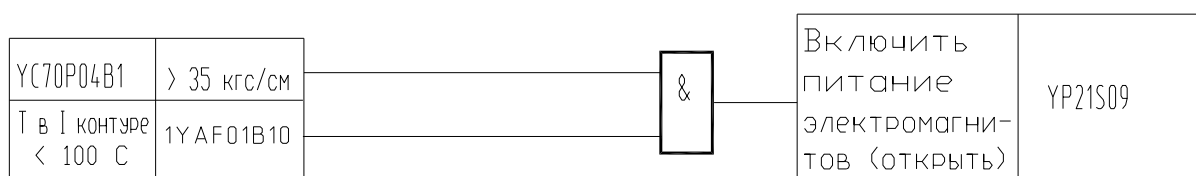


Рисунок 3.10 – Реалізація алгоритму крок 2

При перевищенні тиску 190 кгс/см^2 в компенсаторі тиску по будь-якому з датчиків YP10P25, YP10P26, YP10P27 повинні відкритися YP21S03 і YP21S04. Але закритися ці ВМ повинні тільки після того як показання тиску від усіх трьох датчиків будуть менше 180 кгс/см^2 .

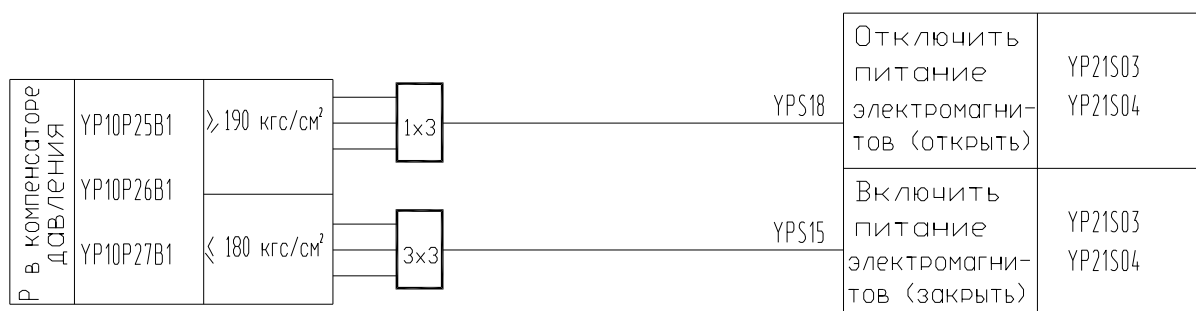


Рисунок 3.11 – Реалізація алгоритму крок 3

Об'єднавши отримаємо наступну схему, що реалізує блокування YPS03, YPS15 і YPS18.

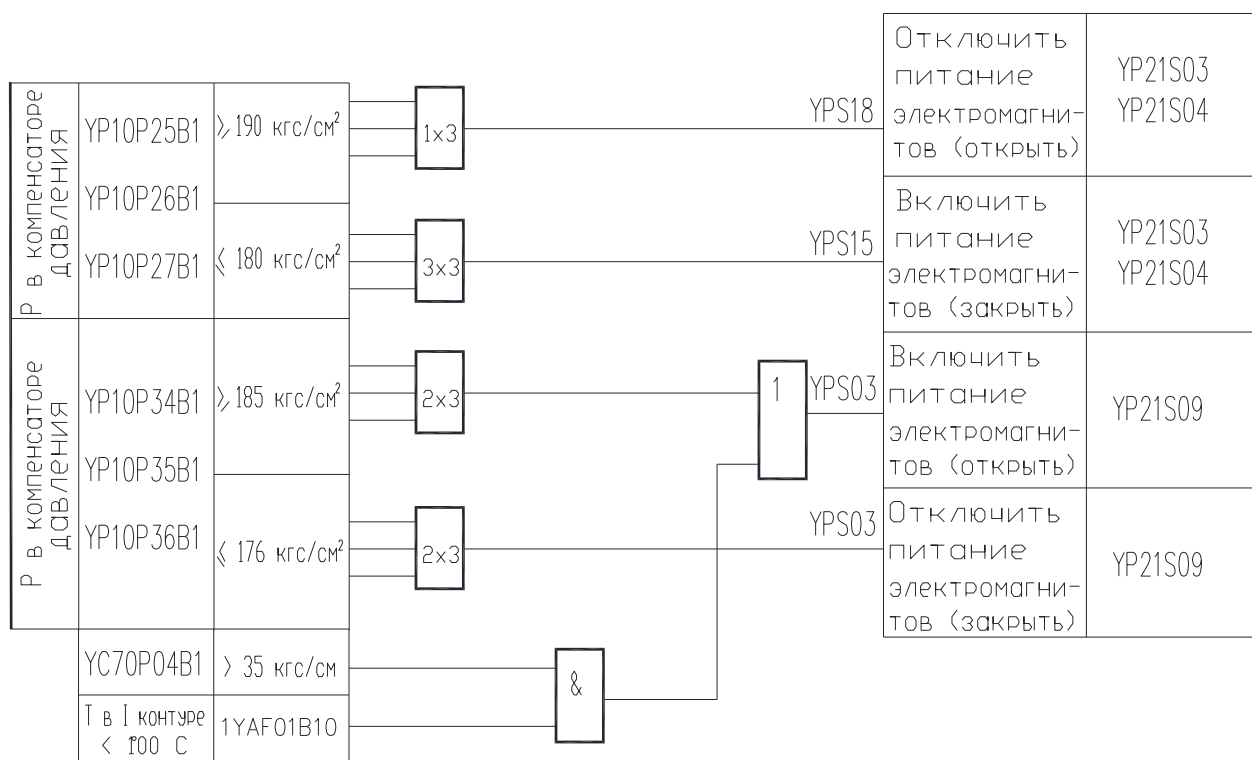


Рисунок 3.12 – Реалізація алгоритму крок 4

При зниженні тиску в першому контурі YC10P04B1, YC20P04B1, YC30P04B1 менше 160 кгс/см² повинен бути закритий з заборною відкриття клапан YP21S08. Аналогічну дію має бути виконане у разі зниження тиску над активною зоною реактора (YC70P04B1) менше 28 кгс/см² при температурі теплоносія в першому контурі менше 100 °С.

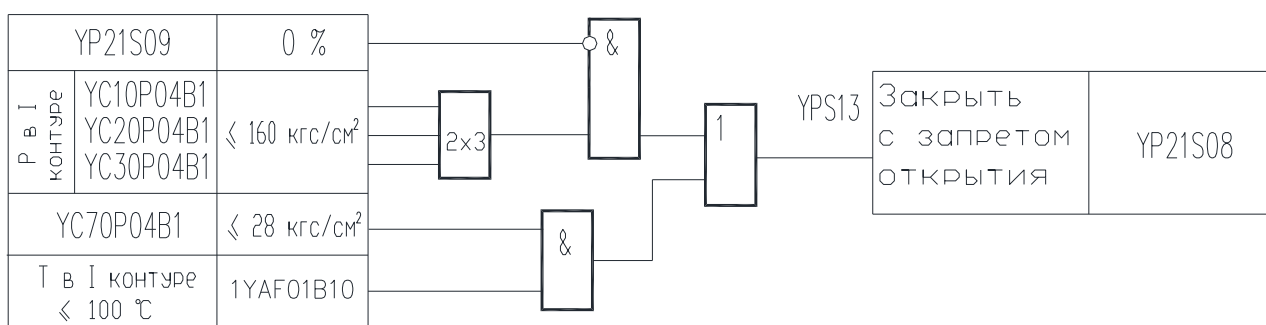


Рисунок 3.13 – Реалізація алгоритму крок 5

При підвищенні тиску над активною зоною реактора (YC70P04B1) більше 35 кгс/см² і температурі теплоносія в першому контурі менше 100 °С повинен бути відкритий клапан YP21S08.

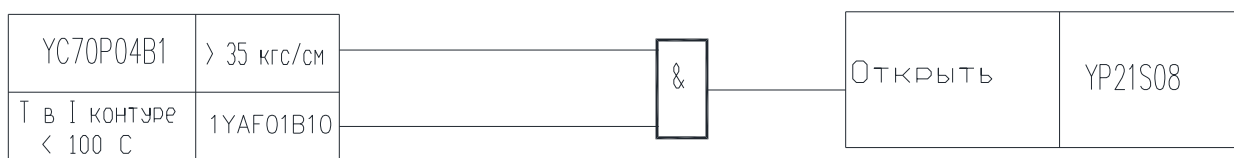


Рисунок 3.14 – Реалізація алгоритму крок 6

Підвищення тиску в першому контурі (УС70P03B1) більше 185 кгс/см² також повинно призводити до відкриття клапана УР21S08, в результаті отримуємо наступну логіку відкриття клапана УР21S08.

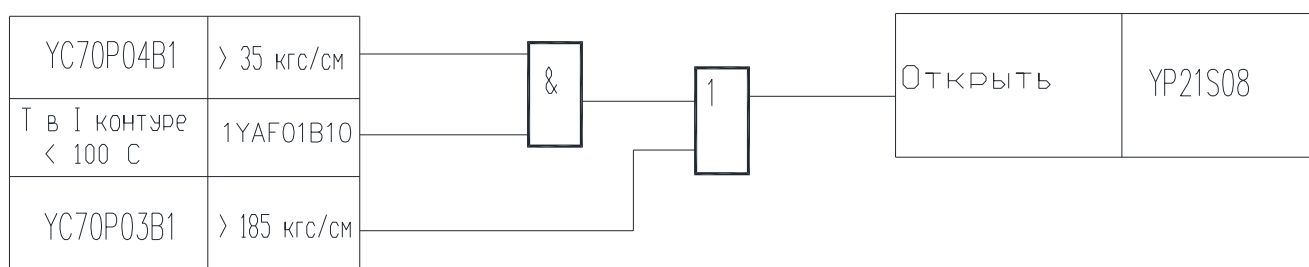


Рисунок 3.15 – Реалізація алгоритму крок 7

Сигнал пониження тиску в першому контурі від двох з трьох УС10P04B1, УС20P04B1 та УС30P04B1 менше 160 кгс/см² є менш пріоритетним порівняно з сукупністю сигналів підвищення тиску в першому контурі (УС70P04B1) більше 35 кгс/см² і температури теплоносія в першому контурі менше 100 °С, тому останній повинен перервати сигнал пониження тиску в першому контурі менше 160 кгс/см² і відкрити виконавчий механізм УР21S08. Об'єднавши кроки реалізації блокування УПС13 алгоритму ІЗК компенсатора тиску «УР» отримуємо наступну схему.

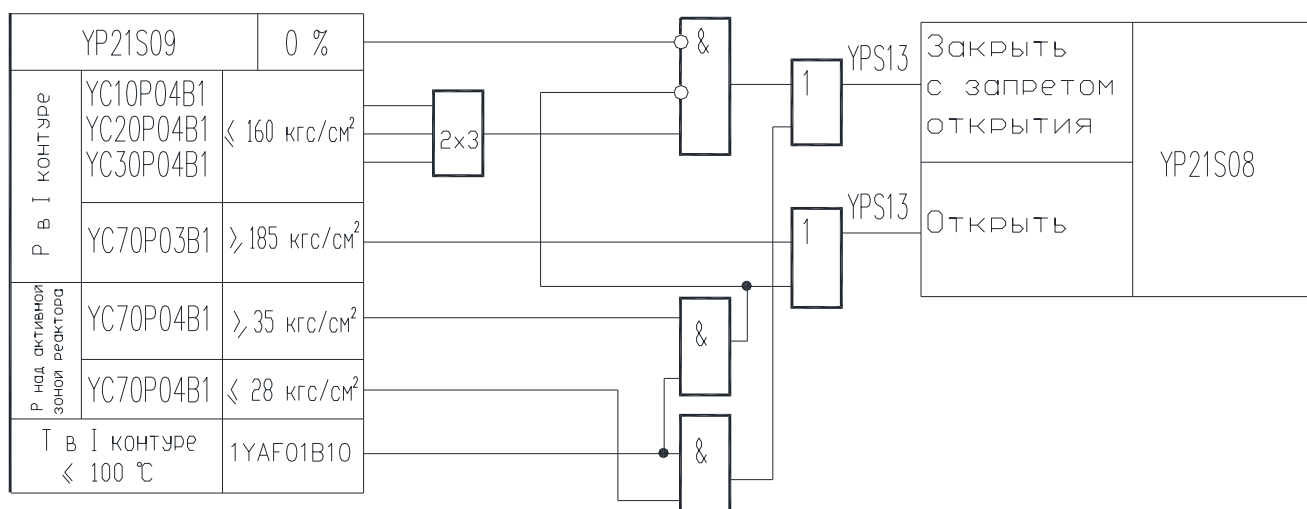


Рисунок 3.16 – Реалізація алгоритму крок 8

Всі блокування алгоритму реалізовані. З'єднаємо і отримаємо повну логічну схему для алгоритму ІЗК компенсатора тиску «УР».

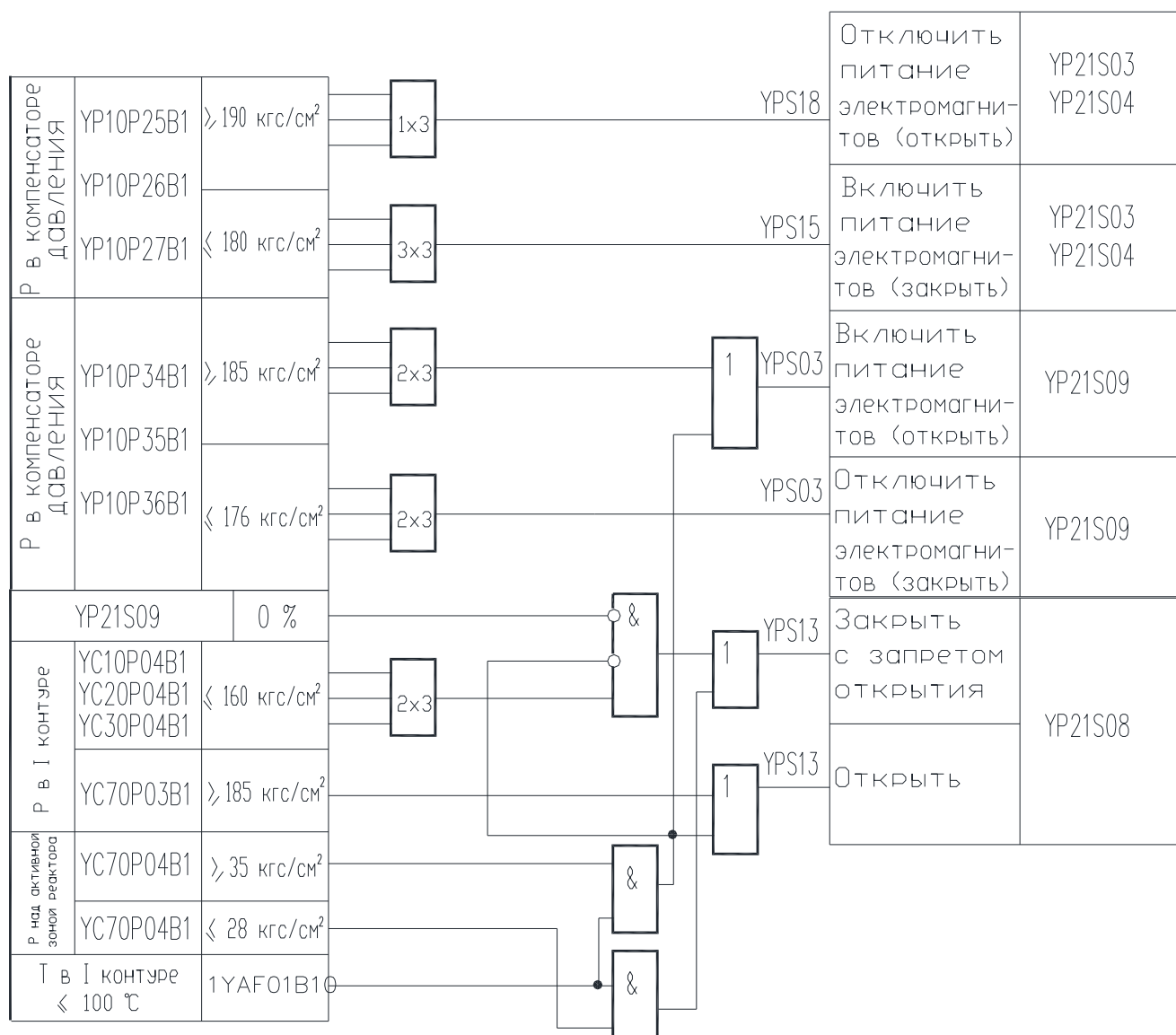


Рисунок 3.17 – Схема алгоритму ІЗК компенсатора тиску «УР»

Для імпульсно-запобіжних пристроїв УР22 та УР23 алгоритми систем ІЗК матимуть такі ж логічні схеми, але з відповідними ідентифікаторами параметрів та ВМ. Текст програми, що реалізує алгоритм системи ІЗК компенсатора тиску приведений у додатку А.

3.4 Висновки до розділу 3

У розділі 3 була розроблена структура підсистеми зв'язку з об'єктом. Підсистема з розробленою структурою забезпечує необхідний рівень виконання принципів незалежності, резервування і різноманітності. Для розробки структури було визначено і вибрано відповідне конструктивне виконання обраного у розділі 2 промислового контролера МСКК, реалізовані

два комплекти диверсітетів завдяки вибору різних (діверсних) версій промислового контролера та його складових частин.

Представлена методика розрахунку надійності підсистеми зв'язку з об'єктом. Наведено структурні схеми надійності для кожної з версій промислових контролерів МСКК, використаних у підсистемі, а також загальна структурна схема надійності підсистеми зв'язку з об'єктом. У загальному вигляді розраховані показники надійності для підсистеми зв'язку з об'єктом.

Проаналізовано систему компенсації тиску та розроблено схему алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску, відповідно до даних щодо вихідних подій та відповідних цим подіям блокувань. На підставі отриманої схеми розроблена прикладна програма, що реалізує алгоритм системи ІЗК компенсатора тиску.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці і виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

Завданням даної магістерської роботи була розробка підсистеми зв'язку з об'єктом КСБ. Так як в процесі виконання магістерської роботи використовувався персональний комп'ютер, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується для персонального комп'ютера.

4.1 Загальні питання з охорони праці

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. В законі України «Про охорону праці» [18] визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Повітря забруднюється шкідливими хімічними речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, які використовуються для обробки приміщень та обладнання. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним орган (далі роботодавець). Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Роботодавець повинен

впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників. Він не має права вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають [18]. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Основним організаційним напрямом у здійсненні керування в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави, і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 [18] [34] законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки. Жінок з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до роботи з ПК не допускають.

4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 [13].

Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у

справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469 [14].

Обов'язковими вимогами враховане наступне:

– не слід допускати до роботи осіб, що в установленому порядку не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки та цих Правил;

– на підприємстві/організації, де експлуатуються ЕОМ з відео дисплейними терміналами (ВДТ) і периферійними пристроями (ПП), розробляється інструкція з охорони праці відповідно до Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 29.01.98 N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за N 226/2666 [15];

– ознайомлення з правилами безпеки праці, одержання відповідних інструктажів засвідчується у журналі інструктажів;

– перед допуском до самостійної роботи кожен працівник має право на навчання з питань охорони праці і роботодавець зобов'язаний, і проводить таке навчання у вигляді двох інструктажів з питань охорони праці:

1) *вступного*;

2) *первинного*;

– обов'язкові організаційні заходи перед початком, під час і після завершення роботи повинні включати перевірку (візуально) наявності і справності електрообладнання та його заземлення, а під час виконання роботи вимогу «не залишати без нагляду обладнання, яке працює». Після закінчення роботи вимагається прибирання робочого місця, відключення всіх електроприладів від електромережі.

Не допускається:

– виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ з ВДТ і ПП безпосередньо на робочому місці оператора;

– зберігати біля ЕОМ з ВДТ і ПП папір, дискети, інші носії інформації, запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

– відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі ЕОМ з ВДТ і ПП або їх технічне налагодження;

– працювати з ВДТ, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

– працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

4.2 Аналіз стану умов праці

Робота над створенням підсистеми зв'язку з об'єктом проходитиме в приміщенні ПрАТ «СНВО «Імпульс». Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером.

4.2.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення зазначені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	5
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м ²	25
Об'єм, м ³	75

Згідно з [16] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за [17] і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600

Продовження таблиці 4.2

Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ 800

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5 .

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці

Виконання магістерської роботи за фізичним навантаженням відноситься до категорії легкі роботи (Ia), її виконують сидячи з періодичним ходінням. Щодо характеру організування виконання дипломної роботи, то він підпадає під нав'язаний режим, оскільки певні розділи роботи необхідно виконати у встановлені конкретні терміни. За ступенем нервово-психічної напруги виконання роботи можна віднести до II – III ступеня і кваліфікувати як помірно напружений – напружений за умови успішного виконання поставлених завдань.

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої (лазерні та струменеві), що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не

тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Найбільшому ризику виникнення різноманітних порушень піддаються: органи зору, м'язово-скелетна система, нервово-психічна діяльність, репродуктивна функція у жінок.

Тобто наявне психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

а) фізичного перевантаження:

- статичного;
- динамічного;

б) нервово-психічного перевантаження:

- розумового перенапруження;
- монотонності праці;
- перенапруження аналізаторів;
- емоційних перевантажень.

Рекомендовано застосування екранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, а також інші профілактичні заходи наведені в [17].

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи.

4.3 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу

Роботу, пов'язану з ЕОП з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання [19], які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ЕОМ з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої.

Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є наступні:

- робоча напруга $U = +220\text{В} \pm 5\%$;
- робочий струм $I = 2\text{А}$;
- споживана потужність $P = 350\text{Вт}$.

Робочі місця мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 [17].

За умов роботи з ПК виникають наступні небезпечні та шкідливі чинники: несприятливі мікрокліматичні умови, освітлення, електромагнітні випромінювання, забруднення повітря шкідливими речовинами (джерелом, яких можуть бути: принтер, сканер та інші джерела виділення багатьох хімічних речовин - напр., озону, оксидів азоту та аерозолів високодисперсних частинок тонера), шум, вібрація, електричний струм, електростатичне поле, напруженість трудового процесу та інше.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	А
фізичні			
- підвищена або знижена рухливість повітря	-//-	1	[16]
- підвищений рівень іонізуючого випромінювання в робочій зоні	-//-	2	[16] [22]
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання	-//-	2	[22]
- підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	[23] [24]
- підвищений рівень статичної електрики	-//-	2	[23]
- підвищена напруженість електричного поля	-//-	2	[22]
- підвищена напруженість магнітного поля	-//-	2	[22]
- недостатнє освітлення робочої зони	порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	[20]
- підвищена яскравість світла	порушення умов праці (організації місця праці - налагодження моніторів)	1	[17]
- понижена контрастність	-//-	1	[17]

Продовження таблиці 4.3

психофізіологічні:			
- нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури; - пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи	4	[19] [17]
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці - сидіння користувача,) та організації робочого часу - безперервна робота)	2	[19] [17]

4.3.2 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ЕОМ, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загорання пов'язана з особливістю комп'ютерів - із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 °С). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізольованих матеріалів. Кабельні лінії є найбільш пожежонебезпечними місцем. Наявність пального ізоляційного матеріалу, ймовірних джерел запалювання у вигляді електричних іскор і дуг, розгалуженість і недоступність роблять кабельні лінії місцем найбільш ймовірного

виникнення і розвитку пожежі. Для зниження займистості і здатності поширювати полум'я кабелі покривають вогнезахисними покриттями. Проектом передбачено прокладати проводку: приховано, під знімною підлогою розділяючи негорючими діафрагмами, в малодоступних місцях.

Для гасіння пожеж в офісному приміщенні пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними. Дане приміщення оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації, має 1 вогнегасник ВП-5 із зарядом вогнегасної речовини 8-12 кг, відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогасіння вільні, не захарашуються та у разі потреби забезпечувати евакуацію всіх людей, які перебувають у приміщенні через один евакуаційний вихід з дверима на шляху евакуації, що відчиняться в напрямку виходу з будівлі від робочого місця. В приміщенні наявна затверджена «План-схема евакуації з кабінету (приміщення)».

Запобігти утворенню горючого середовища (замінити горючі речовини і матеріали на негорючі і важкогорючі) не надається технічно можливим. Тому проектом передбачаються способи і засоби запобігання утворення (або внесення) в горюче середовище джерел запалювання, таких як:

- 1) застосування електроустаткування, відповідної пожежонебезпечної і вибухонебезпечної зонам відповідно до ПУЕ;
- 2) застосування в конструкції швидкодійних засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- 3) виключення можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення.

Згідно [25] таке приміщення, площею 25 м², відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечної) та для протипожежного захисту в ньому проектом передбачено устаткування автоматичною пожежною сигналізацією із застосуванням датчиків-сповіщувачів РІД-1 (сповіщувач димовий ізоляційний) в кількості 1 шт., і застосуванням первинних засобів пожежогасіння. Відповідно до норм первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вуглекислий вогнегасник ОУ-5 в кількості 1 шт.;
- повсть 1 1 м², кошму 2×1,5 м² або азбестове полотно 2×2 м² в кількості 1 шт.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окислювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є:

- 1) поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420° С;
- 2) полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335° С, температура самозаймання 530° С;
- 3) склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.7А, не схильний до температурного самозаймання;
- 4) пластикат кабельний №.489 – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1;
- 5) деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255° С, температура самозаймання 399° С.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходитися пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до [25] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигазу, що фільтрує, з коробкою марки «В» із сірою відміткою забарвлення – захист від неорганічних газів (хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорціан, галогени), а цей фільтр не захистить від СО (тобто від чадного газу).

Можливе також відповідне застосування фільтрувальної коробки з маркуванням «СО» із фіолетовим забарвленням на фільтрі означає, що він захищає від Чадного газу. Або фільтру для протигазу з літерним маркуванням «SX» із фіолетовим забарвленням захистить від спец речовин таких як (зарин, зоман та фосген).

4.3.3 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується

для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Мікроклімат

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [16] і наведені в табл. 4.4:

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С ⁰	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	A0 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	A0 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [16]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [16]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату. Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

4.4.2 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПЕОМ.

Робота на ПЕОМ може здійснюватися за таких видах освітлення:

- загальному штучному освітленні, коли відео монітори розташовуються по периметру приміщення або при центральному розташуванні робочих місць у два ряди по довжині кімнати з екранами, звернені в протилежні сторони;

- суміщене освітлення (природне + штучне) тільки при одному і трьох рядном розташуванні робочих місць, коли екран і поверхню робочого столу знаходяться перпендикулярно світла несучій стіні. При цьому штучне освітлення буде виконане стельовими або підвісними люмінесцентними світильниками, рівномірно розміщеними по стелі рядами паралельно світловим прорізам так, щоб екран відео монітора знаходився в зоні захисного кута світильника, і його проекції не доводилися на екран. Працюючі на ПЕОМ не повинні бачити відображення світильників на екрані. Застосовувати місцеве освітлення при роботі на ПЕОМ не рекомендується.

Природне освітлення, коли робочі місця з ПЕОМ розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 - 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ПЕОМ. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проекті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні

отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ЕОМ виконується зорова робота IVв розряду точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці (E_n) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає [20]. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє [20] і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (4.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 25 = 3,125 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею $S = 1,6 \text{ м}^2$ кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників n виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, м²; $S = 25$ м²;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

F – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 2} \approx 2.$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 2-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

4.5 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів (зумовлений як роботою системних блоків, клавіатури, так і друкуванням на принтерах, а також зовнішніми чинниками), коливається у межах 50–65 дБА [21]. Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Для зниження шуму на шляху його поширення передбачається розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Для зниження рівня шуму стелю або стіни вище 1.5 - 1.7 метра від підлоги повинні облицьовуватися звукопоглинальним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц. Додатковим звукопоглинанням в КВТ можуть бути фіранки, підвішені в складку на відстані 15-20 см. Від огорожі, виконані з щільної, важкої тканини. У приміщенні з ЕОМ коректований рівень звукової потужності не перевищує 45 дБА.

Оскільки рівень шуму не перевищує гранично допустимих величин, які встановлені санітарними нормами, заходи для зниження шуму не проводяться.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [21]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; для 2-3 - 1-6 дБ; для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- 1) застосування нових плазмових моніторів, LG W2271TC;
- 2) віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4-0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля;
- 3) встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування);
- 4) раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

4.6 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти) і установки в віконному отворі автономного кондиціонера БК-2000. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП (30 м³ на годину на одного працюючого).

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

4.7 Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі)

Загальний опір захисного заземлення визначається за формулою:

$$R_{\text{ззп}} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_n}, \quad (4.3)$$

де R_3 - опір заземлення, якими когут бать труби, опори, кути і т.п., Ом;

R_n - опір опори, яке з'єднує заземлювачі, Ом;

n - кількість заземлювачів;

η_3 - коефіцієнт екранування заземлювача; приймається в межах $0,2 \div 0,9$; $\eta_3 = 0,7$

$\eta_{ш}$ - коефіцієнт екранування сполучної стійки; приймається в межах $0,1 \div 0,7$; $\eta_{ш} = 0,5$.

Опір заземлення визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (4.4)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, залежить від типу ґрунту, Ом·м;

для піску - $400 \div 700$ Ом·м; приймаємо $\rho = 400$ Ом·м;

l - довжина заземлювача, м; для труб - $2-3$ м; $l = 3$ м;

d - діаметр заземлювача, м; для труб - $0,03-0,05$ м; $d = 0,05$ м;

t - відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м; $t = 2$ м.

$$R_3 = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 110, \text{ Ом.}$$

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою:

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_1}, \quad (4.5)$$

де L - довжина смуги, що з'єднує заземлювачі (м) і приблизно дорівнює периметру будівлі: $P_{буд.} = 42 \cdot 2 + 38 \cdot 2 = 160$ м; $L = 160$ м;

b - ширина смуги, м; $b = 0,03$ м;

t_1 - глибина заземлення від рівня землі, м; $t_1 = 0,5$ м.

$$R_{ш} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 160} \cdot \ln \frac{2 \cdot 160^2}{0,03 \cdot 0,5} = 5,99, \text{ Ом.}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлення визначається за формулою:

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (4.6)$$

де 4 - допустимий загальний опір, Ом;

2 - коефіцієнт сезонності.

Визначаємо загальний опір захисного заземлення:

$$R_{ззп} = \frac{110 \cdot 5,99}{5,99 \cdot 79 \cdot 0,7 + 110 \cdot 0,5} = 1,7 \text{ Ом.}$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова: $R_{ззп} < 4 \text{ Ом}$.

При виникненню пожеж при роботі на ПЕОМ від таких можливими джерел запалювання як:

- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів провідників, резисторів та інших радіодеталей ПЕОМ, від тривалої перевантаження та наявності перехідного опору;
- іскри при розмиканні і розмиканні ланцюгів;
- розряди статичної електрики;
- необережному поводженню з вогнем, а також вибухи газо-повітряних і паро-повітряних сумішей.

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі.

4.8 Охорона навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи — обслуговування керуючої системи безпеки ядерного реактора. В процесі її виконання впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства: Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Законом України «Про забезпечення санітарного та

епідемічного благополуччя населення», Законом України «Про відходи», Законом України «Про охорону атмосферного повітря», Законом України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», Водний кодекс України.

В процесі обслуговування керуючої системи безпеки ядерного реактора виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- лом и кускові відходи алюмінію - III клас небезпеки;
- акумулятор для джерел безперебійного харчування - III клас небезпеки;
- відпрацьований ізолюючий матеріал, дроти та кабелі - IV клас небезпеки;
- відпрацьовані вогнегасники - IV клас небезпеки;
- макулатура - IV клас небезпеки;
- матеріали текстильні вторинні (спецодяг, х/б, шерстяні) - IV клас небезпеки;
- матеріали пакувальні, що не вміщують целюлозу - IV клас небезпеки;
- матеріали пакувальні, що вміщують п/ет, п/пр - IV клас небезпеки;
- відпрацьовані фільтрувальні засоби індивід. захисту (респіратори, протигази) - IV клас небезпеки;

Висновки до розділу 4

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Було наведено розміри приміщення, значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи було виконано огляд предметної області. Визначено, що являє собою ядерний реактор, для чого може використовуватися, наведені його основні складові частини. Розглянуто найбільш перспективний ядерний реактор ВВЕР-1200 та його системи керування і захисту. Розглянуто основні функції та призначення керуючої системи безпеки. Описані основні принципи і особливості роботи КСБ. Проаналізовані КСБТ та її аналог — керуюча цифрова система безпеки, розробка ПАТ «НВП «Радій», та визначено недоліки. Визначена й обґрунтована мета роботи і сформульовано завдання, поставлені вимоги до підсистеми зв'язку з об'єктом.

Проаналізовані промислові контролери трьох різних виробників. За результатами аналізу було визначено можливості забезпечення необхідних функцій підсистеми зв'язку з об'єктом кожним із розглянутих промислових контролерів. Таким чином, для застосування у підсистемі зв'язку з об'єктом були обрані промислові контролери МСКК, як єдині контролери, що задовольняють усім основним вимогам підсистеми.

Розроблена структура підсистеми зв'язку з об'єктом. Підсистема зв'язку з об'єктом з розробленою структурою забезпечила необхідний рівень виконання принципів незалежності, резервування та різноманітності, що в свою чергу робить підсистему зв'язку з об'єктом відповідною принципу одиничної відмови у достатній мірі для застосування в перспективних енергоблоках. Для цього було визначено та обрано відповідне конструктивне виконання обраного промислового контролера МСКК, реалізовано два комплекти диверситетів завдяки вибору різних версій промислового контролера та його складових частин. Представлена методика розрахунку надійності підсистеми зв'язку з об'єктом. Наведено структурні схеми надійності для кожної з версій промислових контролерів МСКК, використаних у підсистемі, а також загальна структурна схема підсистеми зв'язку з об'єктом. У загальному вигляді розраховані показники надійності для підсистеми зв'язку з об'єктом. Проаналізовано систему компенсації тиску та розроблено алгоритм системи ІЗК компенсатора тиску, відповідно до даних щодо вихідних подій та відповідних цим подіям блокувань.

Також у магістерській роботі були розглянуті питання з охорони праці.

Метою магістерської роботи була розробка підсистеми зв'язку з об'єктом, що відповідає новим вимогам МАГАТЕ до ядерної та радіаційної безпеки для перспективних енергоблоків [6], та вимогам до функцій у складі КСБ. Розроблена підсистема відповідає всім вимогам, таким чином, поставлене завдання було виконано.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 В. В. Елисеєв, В. А. Ларгин, Г. Ю. Пивоваров «Программно-технічні комплекси АСУ ТП», 2003 г.
- 2 Левин В. Е. Ядерная физика и ядерные реакторы. 4-е изд. — М.: Атомиздат, 1979.
- 3 Резепов В. К., Денисов В. П., Кирилюк Н. А., Драгунов Ю. Г., Рыжов Ю. Б. «Реакторы ВВЭР-1200 для атомных электростанций» — Подольск: ОКБ «Гидропресс», 2100
- 4 ГОСТ 17137-87 «Системы контроля, управления и защиты ядерных реакторов. Термины и определения» 2005 г.
- 5 М. А. Ястребенецкий, В. Н. Васильченко, С. В. Виноградская, В. М. Гольдрин, Ю. В. Розен, Л. И. Спектор, В. С. Харченко «Безопасность атомных станций: информационные и управляющие системы», 2004 г.
- 6 Нормы безопасности МАГАТЭ для защиты людей и охраны окружающей среды «Проектирование систем контроля и управления для атомных станций». Специальное руководство по безопасности № SSG-39. Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2018
- 7 Патент №2356111, МПК G21C 7/36, 2009 г.
- 8 НП 306.2.141-2008 «Загальні положення безпеки атомних станцій»
- 9 ДСТУ ІЕС 61226 «Атомні електростанції. Інформаційні та керівні системи, важливі для безпеки. Класифікація контрольно-вимірвальних та керівних функцій»
- 10 Каталог НПО «Импульс» «Высоконадежные информационные и управляющие системы для атомной энергетики и других отраслей промышленности», 2016
- 11 Г.Ю. Пивоваров, В.И. Яценко, А.В. Гомон «КОМПЛЕКСЫ УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ. Руководство по эксплуатации», 2008 г
- 12 ГОСТ 24.701-86 «Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения», 2009 г.
- 13 НПАОП 0.00-4.12-05 «Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»
- 14 НАПБ Б.02.005-2003 «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України»
- 15 НПАОП 0.00-4.15-98 «Про затвердження Положення про розробку інструкцій з охорони праці»

- 16 ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
- 17 ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»
- 18 Закон України «Про охорону праці»
- 19 НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»
- 20 ДБН В.2.5 - 28:2015 «Державні Будівельні Норми України. Природне і штучне освітлення»
- 21 ДСН 3.3.6.037-99 «Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука»
- 22 ГОСТ 12.1.006-84 «Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
- 23 ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»
- 24 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»
- 25 НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
- 26 Надёжность технических систем. Справочник. Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985 г.

ДОДАТОК А

Текст програми, що реалізує алгоритм системи ІЗК компенсатора тиску на текстовій мові програмування прикладних програм для МСКК /КМп.

```
#SECTION_1 "Первичная обработка и сравнение с уставкой"
```

```
#PART1: HIDDEN "Первичная обработка"
```

```
#PROCTP40 {YA11T07B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA21T07B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA31T07B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA41T07B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA11T08B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA21T08B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA31T08B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA41T08B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA11T10B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA21T10B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA31T10B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCTP40 {YA41T10B1}, {TD=TXK_L, TVB=0, TVE=400, LM1=-32767, LM2=32767, LG=0, ADDT=0}
```

```
#PROCP {YC70P03B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YC70P04B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YC10P04B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YC20P04B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YC30P04B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YP10P25B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767, LG=256, ADD=-307}
```

```
#PROCP {YP10P26B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767,
LG=256, ADD=-307}
#PROCP {YP10P27B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767,
LG=256, ADD=-307}
#PROCP {YP10P34B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767,
LG=256, ADD=-307}
#PROCP {YP10P35B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767,
LG=256, ADD=-307}
#PROCP {YP10P36B1}, {TD=P4_20, PVB=0, PVE=250, PN="kgf/cm2", LM1=3200, LM2=32767,
LG=256, ADD=-307}
```

```
#PART2: HIDDEN "Сравнение с уставкой"
```

```
#US {YA11T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA11T07B1<100
C"}
#US {YA21T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA21T07B1<100
C"}
#US {YA31T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA31T07B1<100
C"}
#US {YA41T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA41T07B1<100
C"}
#US {YA21T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA21T07B1<100
C"}
#US {YA31T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA31T07B1<100
C"}
#US {YA41T07B1.TV}, {N=1, UTD=20, US=8000, UT=1, UG=320, UDESC="YA41T07B1<100
C"}
#US {YP10P25B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=22400, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P25B1>190
kgf/cm2"}
#US {YP10P26B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=22400, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P26B1>190
kgf/cm2"}
#US {YP10P27B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=22400, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P27B1>190
kgf/cm2"}
#US {YP10P25B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P25B1<180
kgf/cm2"}
#US {YP10P26B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P26B1<180
kgf/cm2"}
#US {YP10P27B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P27B1<180
kgf/cm2"}
#US {YP10P34B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=21480, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P34B1>185
kgf/cm2"}
#US {YP10P35B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=21480, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P35B1>185
kgf/cm2"}
#US {YP10P36B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=21480, UT=2, UG=160, UDESC="YP10P36B1>185
kgf/cm2"}
```

```

#US {YP10P34B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=19620, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P34B1<176
kgf/cm2"}
#US {YP10P35B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=19620, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P35B1<176
kgf/cm2"}
#US {YP10P36B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=19620, UT=1, UG=160, UDESC="YP10P36B1<176
kgf/cm2"}
#US {YC70P04B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=3584, UT=1, UG=160, UDESC="YC70P04B1<28
kgf/cm2"}
#US {YC70P04B1.NV2}, {N=2, UTD=20, US=4352, UT=2, UG=160, UDESC="YC70P04B1>35
kgf/cm2"}
#US {YC70P03B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=23680, UT=2, UG=160, UDESC="YC70P03B1>185
kgf/cm2"}
#US {YC10P04B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YC10P04B1<160
kgf/cm2"}
#US {YC20P04B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YC20P04B1<160
kgf/cm2"}
#US {YC30P04B1.NV2}, {N=1, UTD=20, US=20480, UT=1, UG=160, UDESC="YC30P04B1<160
kgf/cm2"}

```

```
#SECTION_END
```

```
#SECTION_2 "ИПК КД"
```

```
#BOOL YP_UN[14]
```

```
#PART1: "Температура теплоносителя в первом контуре"
```

```

#MAJOR_2X3 {YA11T07B1.UZ1, YA11T08B1.UZ1, YA11T10B1.UZ1}, {YP_UN[1].CV}
#MAJOR_2X3 {YA21T07B1.UZ1, YA21T08B1.UZ1, YA21T10B1.UZ1}, {YP_UN[2].CV}
#MAJOR_2X3 {YA31T07B1.UZ1, YA31T08B1.UZ1, YA31T10B1.UZ1}, {YP_UN[3].CV}
#MAJOR_2X3 {YA41T07B1.UZ1, YA41T08B1.UZ1, YA41T10B1.UZ1}, {YP_UN[4].CV}
#OR {YP_UN[1].CV, YP_UN[2].CV, YP_UN[3].CV, YP_UN[4].CV}, {YP_UN[5].CV} /* T в 1к.
<100 C

```

```
#PART2: "ИПК КД"
```

```

#AND {YC70P04B1.UZ2, YP_UN[5].CV}, {YP_UN[6].CV} /* P >35 * T в 1к. <100 C
#MAJOR_2X3 {YC10P04B1.UZ1, YC20P04B1.UZ1, YC30P04B1.UZ1}, {YP_UN[7].CV}
#OR {YC70P03B1.UZ1, YP_UN[6].CV}, {YP_UN[8].CV} /* otkr. s08
#AND {YP_UN[5].CV, YC70P04B1.UZ1}, {YP_UN[9].CV} /* T в 1к. <100 C * P < 28
#AND_NOT1 {YP21S09.ZB02_R, YP_UN[7].CV}, {YP_UN[10].CV} /* proverka koncevika
#NOT {YP_UN[6].CV}, {YP_UN[11].CV}
#AND {YP_UN[11].CV, YP_UN[10].CV}, {YP_UN[12].CV} /* proverka prioritetnogo signala
#OR {YP_UN[9].CV, YP_UN[12].CV}, {YP_UN[13].CV} /* zakr. s zapr. otkrit s08
#FORMDOS {YP_UN[8].CV, YP_1, 0, "ИПК КД YPS13 YP21S08 Открыть"},
{YP21S08.UAKOTKR}

```

```
#FORMDOS {YP_UN[13].CV, YP_2, 0, "ИПК ҚД YPS13 YP21S08 Закр. с запр. откр."},
{YP21S08.UAKZAKRZO}
#OR {YP10P25B1.UZ1, YP10P26B1.UZ1, YP10P27B1.UZ1}, {YP_UN[14].CV}
#AND {YP10P25B1.UZ2, YP10P26B1.UZ2, YP10P27B1.UZ2}, {YP_UN[15].CV}
#MAJOR_2X3 {YP10P34B1.UZ1, YP10P35B1.UZ1, YP10P36B1.UZ1}, {YP_UN[16].CV}
#MAJOR_2X3 {YP10P34B1.UZ2, YP10P35B1.UZ2, YP10P36B1.UZ2}, {YP_UN[17].CV}
#OR {YP_UN[16].CV, YP_UN[6].CV}, {YP_UN[18].CV}
#FORMDOS {YP_UN[18].CV, YP_3, 0, "ИПК ҚД YPS03 YP21S09 Открыть."},
{YP21S09.UAKOTKR}
#FORMDOS {YP_UN[17].CV, YP_4, 0, "ИПК ҚД YPS03 YP21S09 Закрывать."},
{YP21S09.UAKZAKR}
#FORMDOS {YP_UN[14].CV, YP_5, 0, "ИПК ҚД YPS18 YP21S09 Открыть."},
{YP21S03.UAKOTKR, YP21S04.UAKOTKR,}
#FORMDOS {YP_UN[15].CV, YP_6, 0, "ИПК ҚД YPS15 YP21S09 Закрывать."},
{YP21S03.UAKZAKR, YP21S04.UAKZAKR,}

#SECTION_END
```


ДОДАТОК Б

Презентація.

Презентація дипломної роботи на
тему «Методи побудови
підсистеми нижнього рівня
керуючої системи безпеки
ядерного реактора»

Студента групи КІ-17дМ
Кислинського Богдана

Рисунок Б.1 – Слайд № 1

Принцип роботи ВВЕР-1200

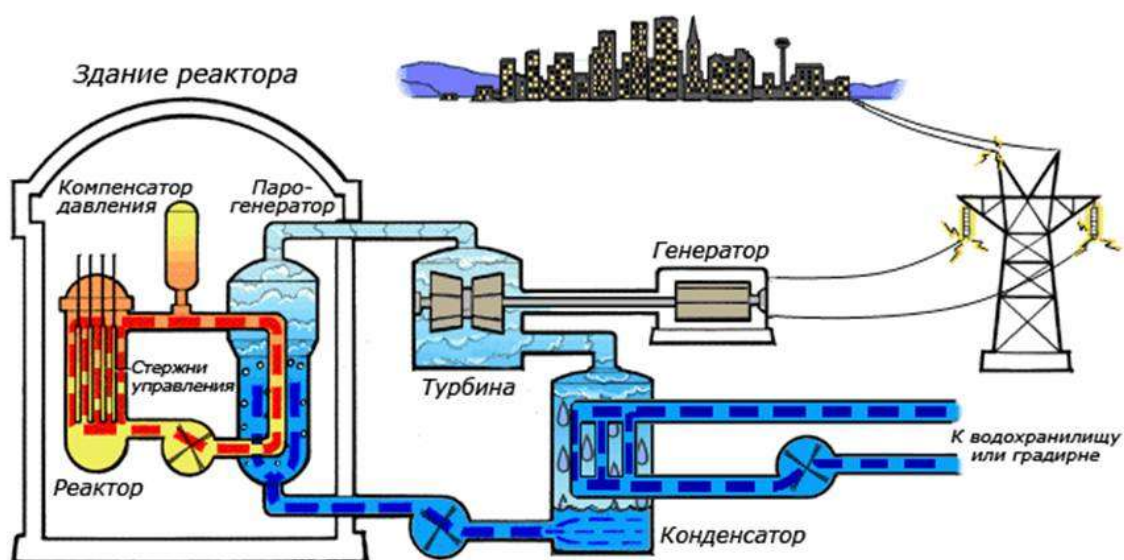


Рисунок Б.2 – Слайд №2

Керуюча цифрова система безпеки

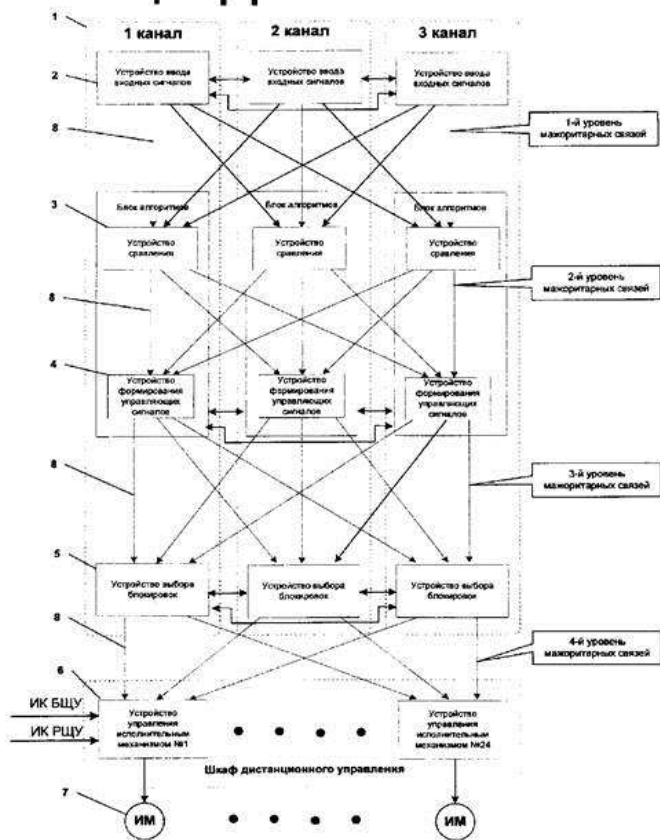


Рисунок Б.3 – Слайд № 3

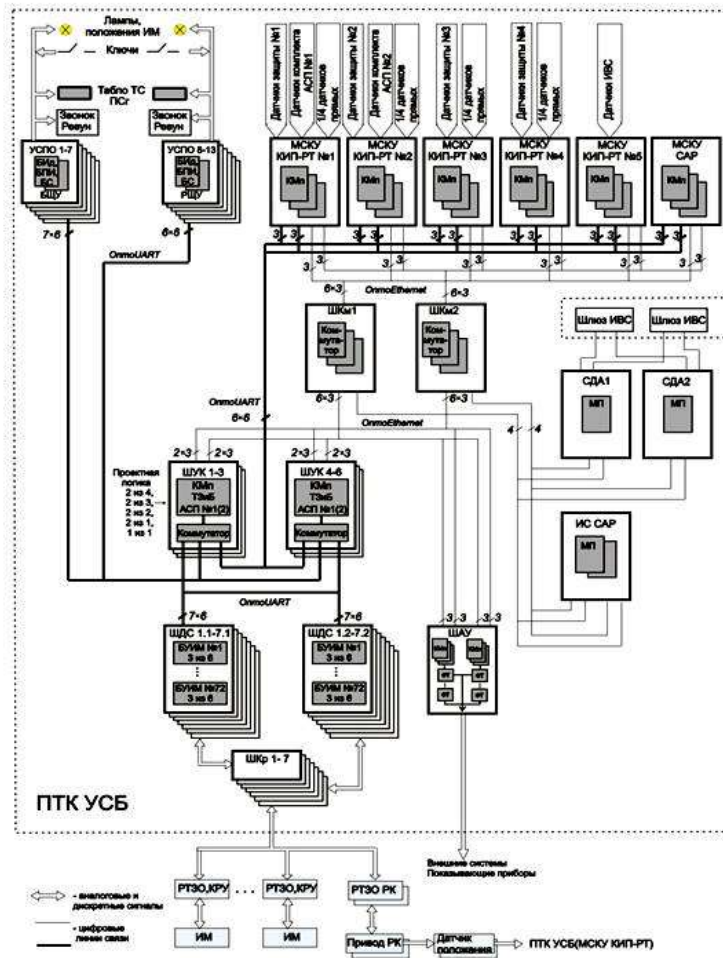


Рисунок Б.4 – Слайд № 4

Підсистема зв'язку з об'єктом

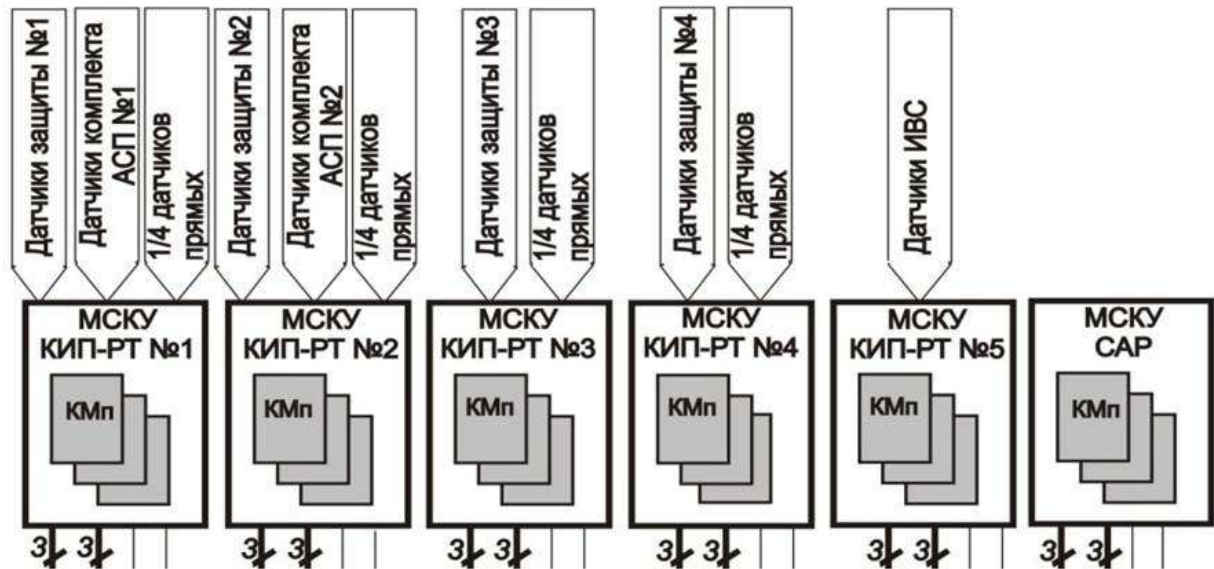


Рисунок Б.5 – Слайд № 5

Порівняння можливостей контролерів

Функція	Можливість її забезпечення		
	SIMATIC S7-400	МФК1500	МСКК
Прийом і первинна обробка вхідних сигналів:			
— від датчиків термоопору	+	+	+
— від термоелектричних датчиків	+	+	+
— від датчиків з виходом від 0 до 5 mA	+	+	+
— від датчиків з виходом від 4 до 20 mA	+	+	+
— від датчиків положення регулюючої арматури	+	+	+
— від датчиків дискретних сигналів	+	+	+
— від датчиків прямого заряду	-	-	+
формування сигналів непрямого вимірювання	+	+	+
формування сигналів виходу значення безперервного параметра за кордон уставки	+	+	+
вирівнювання вхідних сигналів, елементів пам'яті, оперативно-змінюваних параметрів	+	+	+
Реалізація алгоритмів ТЗіБ	+	+	+
Передача і прийом в цифровому вигляді сигналів через оптичний UART	+	-	+
Передача і прийом в цифровому вигляді сигналів через оптичний Ethernet	+	+	+

Рисунок Б.6 – Слайд № 6

Незалежність каналів підсистеми

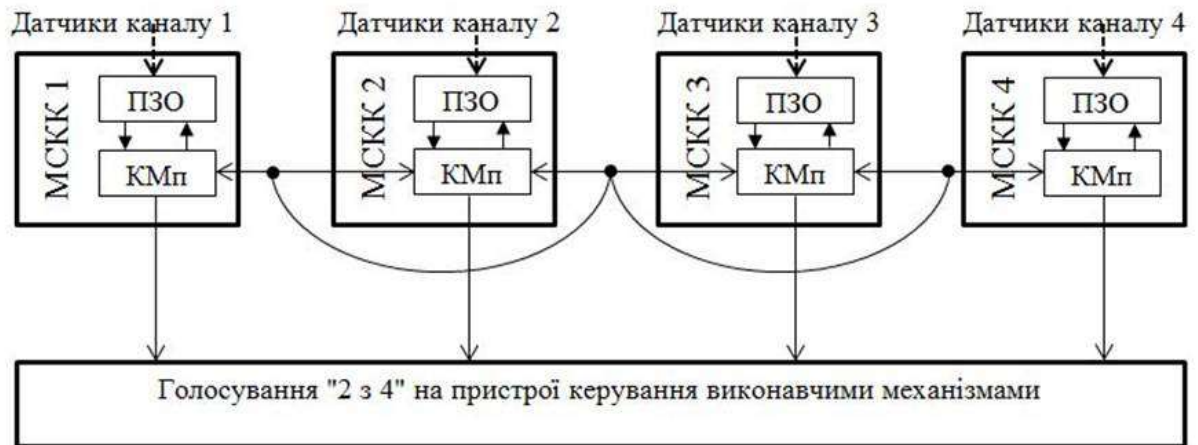


Рисунок Б.7 – Слайд № 7

Принцип неоднаковості

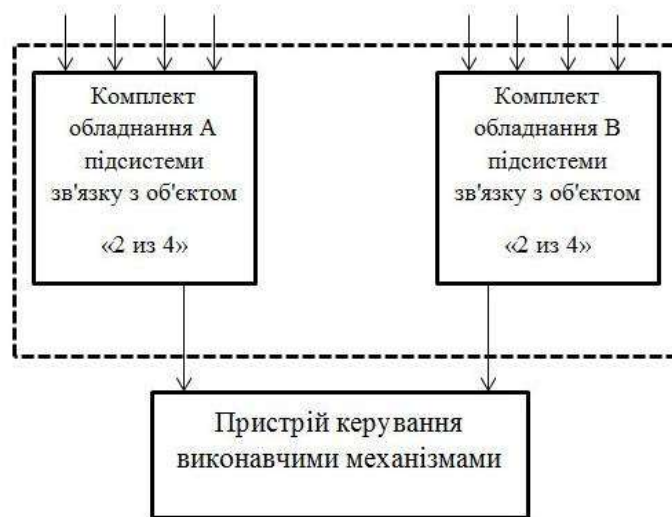


Рисунок Б.8 – Слайд № 8

Структурні схеми МСКК-3

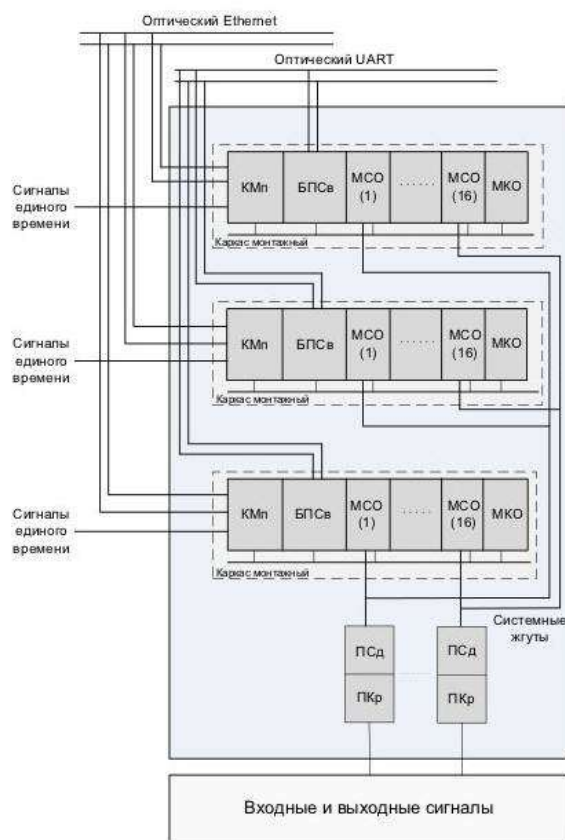
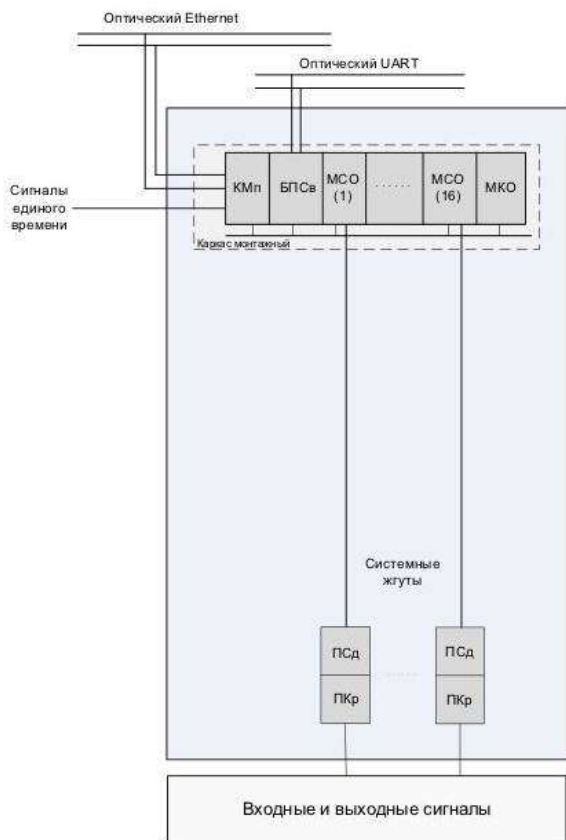


Рисунок Б.9 – Слайд № 9

Структурні схеми МСКК-4

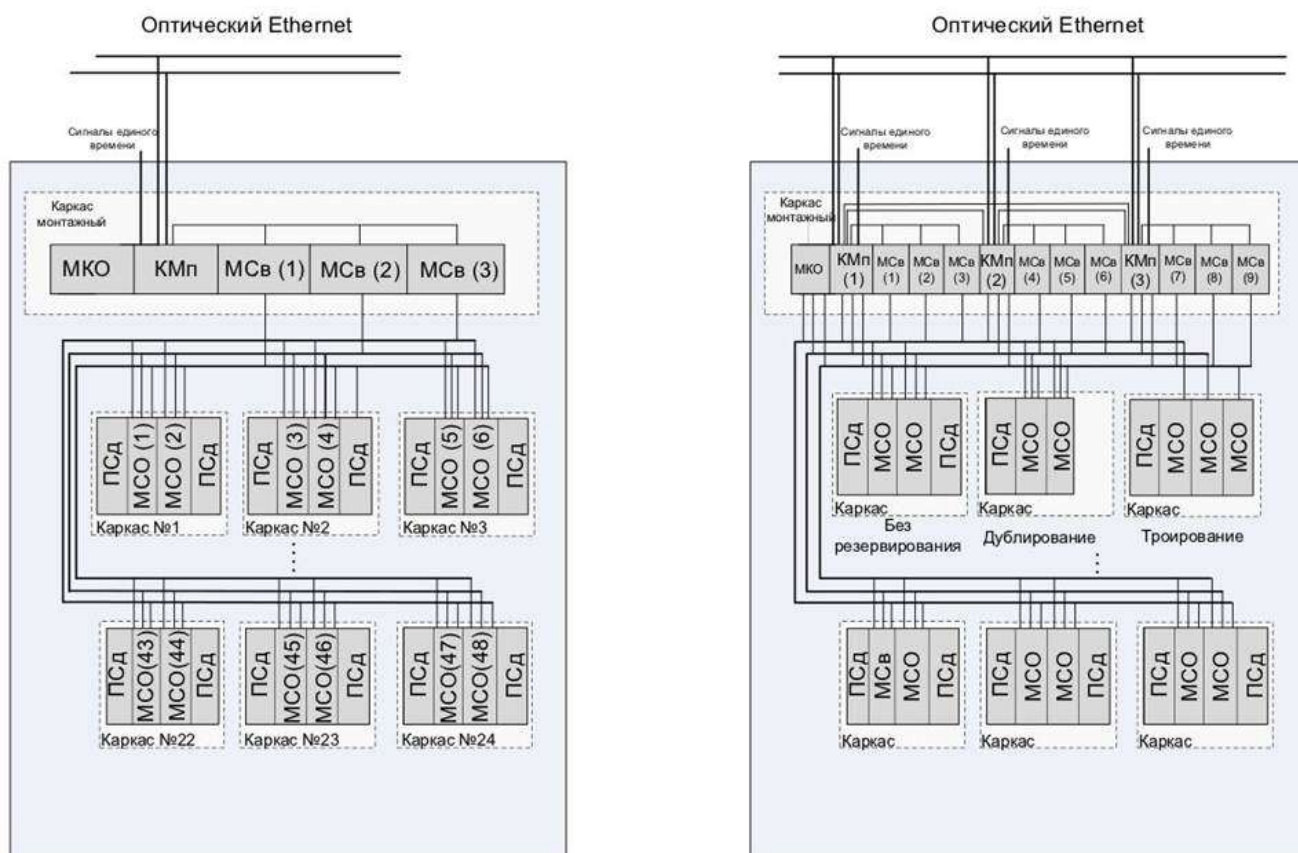


Рисунок Б.10 – Слайд № 10

Отримана підсистема зв'язку з об'єктом

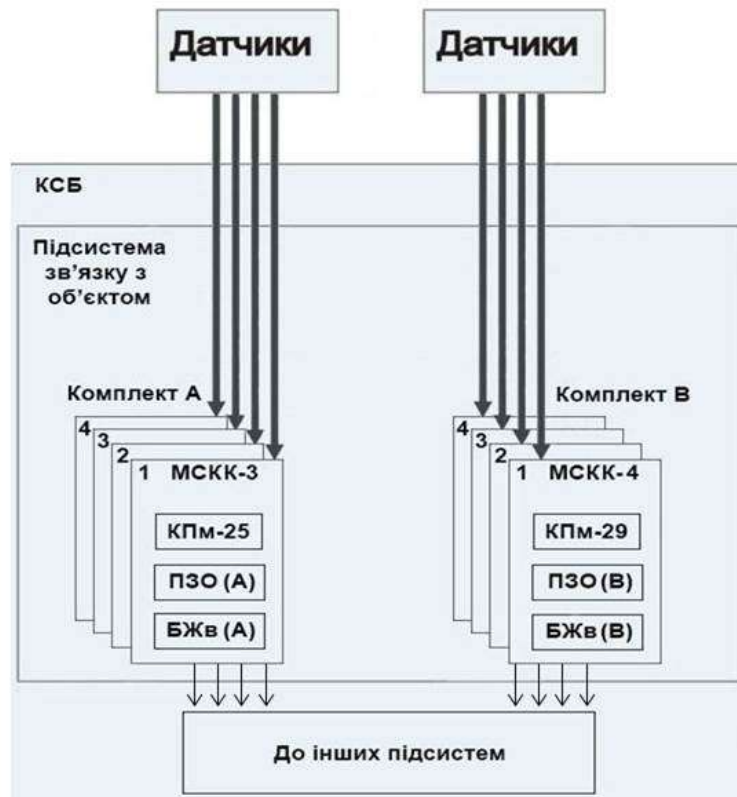


Рисунок Б.11 – Слайд № 11

Структурна схема надійності МСКК-3

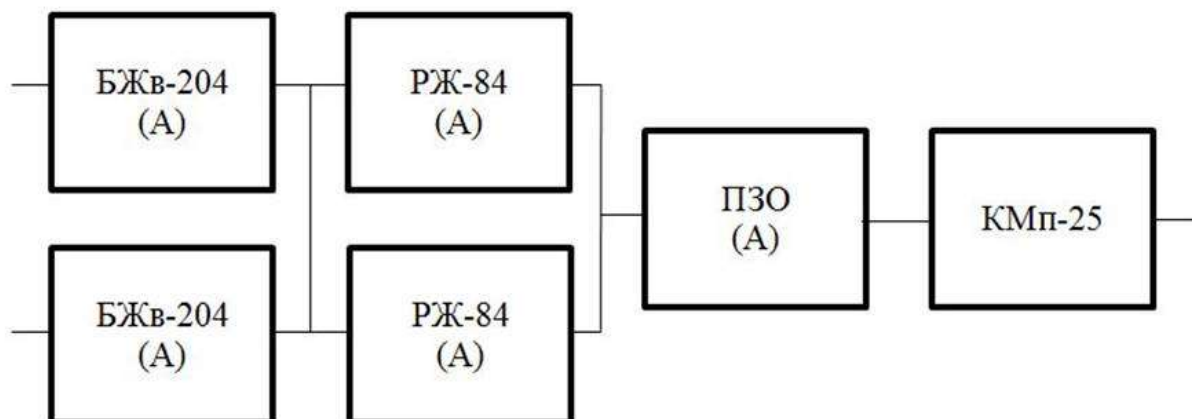


Рисунок Б.12 – Слайд № 12

Структурна схема надійності МСКК-4

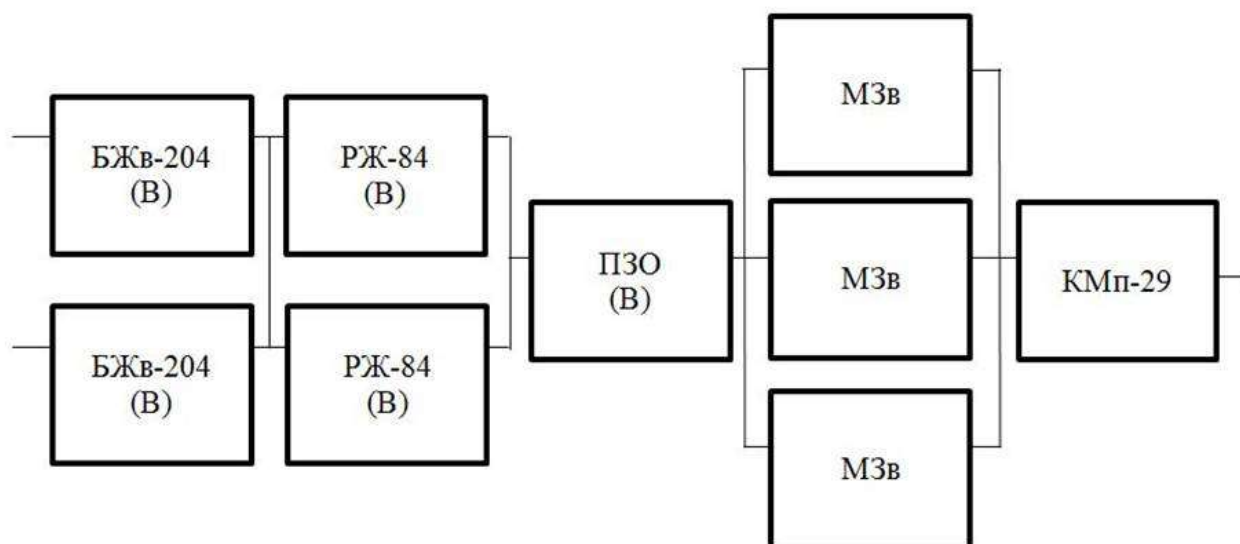


Рисунок Б.13 – Слайд № 13

Структурна схема надійності підсистеми зв'язку з об'єктом

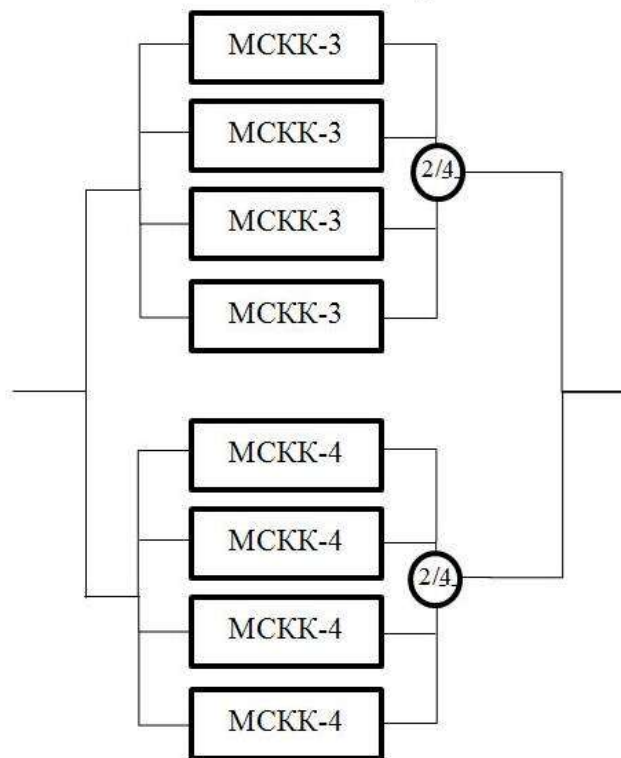


Рисунок Б.14 – Слайд № 14

Схема алгоритму системи ІЗК компенсатора тиску

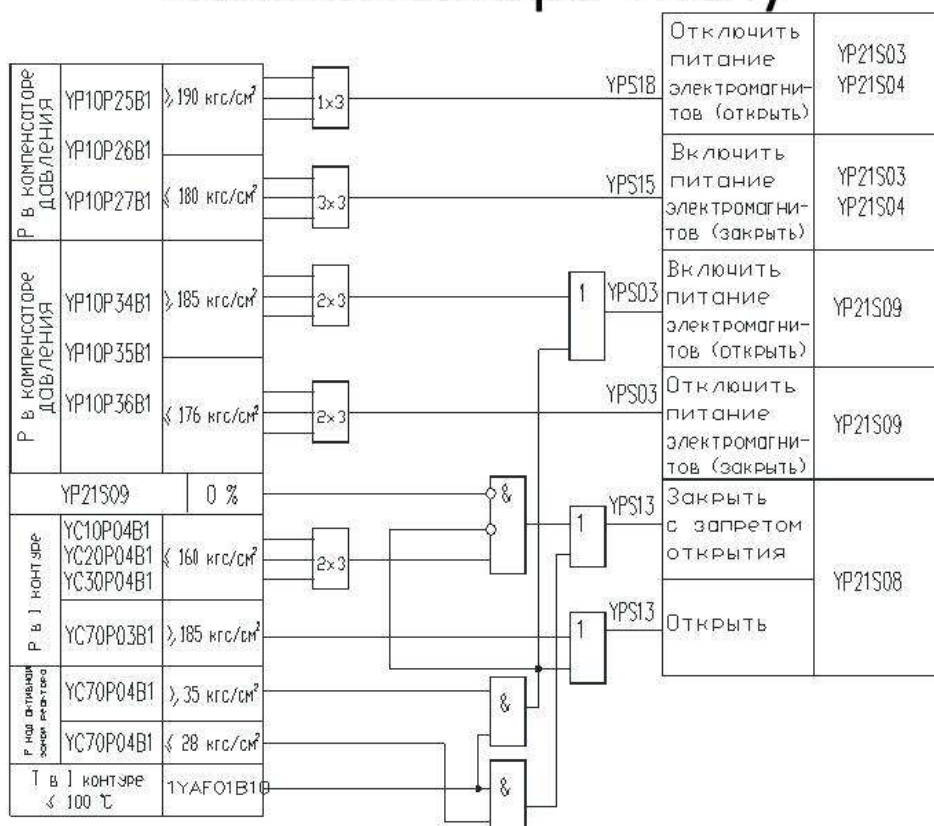


Рисунок Б.15 – Слайд № 15