

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

кібернетики хіміко-технологічних процесів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Т. В. Бойко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

на тему: Підсистема управління блоком деаератора в АСУТП на АЕС з ВВЕР – 1000

Виконав: студент VI курсу, групи ХА-61м

(шифр групи)

Денисенко Олексій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник професор каф. КХТП, к.т.н.,

професор Медведєв Р.Б

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент директор ТОВ “Інтернешнл інжинірінг Україна”

Дячук Д. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Робота включає 92 с., 8 табл., 34 рис., 2 дод., 28 джерела.

АЕС, ВВЕР-1000, ДЕАЕРАТОР, ВХР, ДЕАЕРАЦІЙНА КОЛОНА, КИСЕНЬ, INTOUCH, SCADA.

Об'єкт дослідження — деаератор 2 контуру АЕС з ВВЕР-1000.

Мета роботи — автоматизація системи управління деаератором.

Методи дослідження — моделювання процесу деаерації, створення системи керування, обробляння та аналіз отриманих результатів.

Визначено вплив витрати пари на значення тиску в деаераторі та встановлено оптимальні параметри.

Здійснено моделювання процесу деаерації та розроблено підсистему управління блоком деаератора АСУТП на АЕС з ВВЕР – 1000. У результаті цих досліджень встановлено, оптимальне значення пари яка надходить у деаератор та тиску в баці для кращого протікання процесу.

На основі отриманих результатів налаштовано параметри регулювання АСУ, розроблено автоматизовану систему керування деаератора в системі Intouch. Описано реалізацію людино-машинного інтерфейсу системи керування деаератором.

Упровадження розробленого програмного модуля покращить управління процесу деаерації, що призведе до мінімізації корозійно-активних газів у воді.

РЕФЕРАТ

Работа включает 92 с., 8 табл., 34 рис., 2 доп., 28 источника.

АЭС, ВВЭР-1000, ДЕАЭРАТОР, ВХР, ДЕАЭРАЦИОННАЯ КОЛОННА, КИСЛОРОД, INTOUCH, SCADA.

Объект исследования - деаэратор 2 контура АЭС с ВВЭР-1000.

Цель работы - автоматизация системы управления деаэратором.

Методы исследования - моделирование процесса деаэрации, создание системы управления, обработки и анализ полученных результатов.

Определено влияние расхода пара на значение давления в деаэраторе и установлено оптимальные параметры.

Осуществлено моделирование процесса деаэрации и разработана подсистема управления блоком деаэратора АСУТП на АЭС с ВВЭР 1000. В результате этих исследований установлено, оптимальное значение пары поступающей в деаэратор и давления в баке для лучшего протекания процесса.

На основе полученных результатов настроены параметры регулирования АСУ, разработана автоматизированная система управления деаэратора в системе Intouch. Описаны реализацию человеко-машинного интерфейса системы управления деаэратором.

Внедрение разработанного программного модуля улучшит управление процесса деаэрации, что приведет к минимизации коррозионно-активных газов в воде.

ABSTRACT

The work includes 92 p, 8 tables, 34 figures, 2 addition, 28 sources.

NPP, VVER-1000, DEAERATOR, VHF, DEAERATION COLUMN, CHEESE, INTOUCH, SCADA.

The object of the study – deaerator 2 circuit of AER of WWER-1000.

The purpose of the work is to automate the deaerator control system.

Research methods - modeling the deaeration process, creating a control system, processing and analyzing the results.

The influence of the steam consumption on the pressure value in the deaerator is determined and the optimal parameters are determined.

The deaeration process was simulated and a control subsystem of the deaerator control system at the NPP with BBEP – 1000 was developed. As a result of these studies, the optimal value of the steam entering the deaerator and the pressure in the tank for better flow of the process has been established.

On the basis of the obtained results, the control parameters of the control system were set up, and an automated Deaerator control system was developed in the Intouch system. The implementation of the man-machine interface of the deaerator control system is described.

Implementation of the developed software module will improve the management of the deaeration process, which will minimize corrosion-active gases in water.

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
1 Теоретична частина.....	11
1.1 Опис водо-водяного енергетичного реактора ВВЕР – 1000.....	11
1.2 Водно-хімічний режим другого контуру.....	12
1.3 Корозійні процеси у другому контурі.....	14
1.4 Процес деаерації.....	16
1.5 Розчинність газів у воді.....	19
1.6 Деаератор	21
2 Постановка задачі автоматизації систем деаерації.....	31
2.1 Аналіз сучасної системи деаерації	31
2.2. Ідентифікація технологічного об'єкту	32
2.3 Функціональна схема автоматизації	41
2.4 Основні функції АСУ	44
2.5 Програмна і апаратна платформа АСУ.....	46
3 Проектування АСУ	48
3.1 Структура програмно-технічного комплексу	48
3.2 Виконавча апаратура	50
3.3 Технологічний контроль	51
3.4 Програмований логічний контролер.....	52
3.5 Монтаж засобів автоматизації.....	55
3.6 Розрахунок виконавчого каналу.....	55
3.6.1 Розрахунок РО.....	55
3.6.2 Тип і модель виконавчого механізму	56
3.7 Розрахунок вимірювального каналу	57
3.8 Розрахунок надійності функціонування АСУ.....	59
4 Створення системи управління.....	64
4.1 Середовище InTouch.....	64
4.2 Налаштування регулювання на ПЛК	70

4.3	Моделювання АТК.....	72
4.3.1	Створення моделі в Matlab Simulink-RT	73
4.3.2	Контур регулювання в SoftPLC.....	74
4.3.3	Програмний комплекс в Intouch	76
4.4	Реалізація сигналізації, блокувань і захисту	80
4.5	Результат створення АСУ	80
5	Економічна частина	82
5.1	Розрахунок економічної частини	82
5.2	Розрахунок затрат на автоматизацію	82
5.3	Розрахунок економічної ефективності	84
	ВИСНОВОК.....	89
	Список літератури	90
	Додаток 1.....	93
	Додаток 2.....	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЕС	Атомна електростанція
ВВЕР	Водо-водяний енергетичний реактор
ВХР	Водно-хімічний режим
ДП	Деаератор підвищеного тиску
ГЦН	Головні циркуляційні насоси
АСУ	Автоматизована система управління
АСУТП	Автоматизована система управління технологічними процесами
ПТК	Програмно-технічний комплекс
ПЛК	Програмований логічний контролер
САР	Система автоматичного регулювання
ПГ	Парогенератор
ХВО	Хімоводоочищення
ХОВ	Хімобессоленной вода

ВСТУП

Атомні електричні станції (АЕС) на сьогоднішній день є одними з основних об'єктів з виробництва електричної енергії в Україні. Термін експлуатації існуючих АЕС складає більше 20 років, тому система автоматизації потребує модернізації.

Водно-хімічний режим другого контуру має значний вплив на надійність, економічність і безпечність функціонування АЕС. Удосконалення ВХР мінімізує шкідливий вплив хімічних домішок і корозії на структури, системи і обладнання АЕС, а також знижує накопичення радіонуклідів, дозове навантаження і можливий вихід хімічних та радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище.

Одним із основних обладнань ВХР, яке використовують для видалення корозійно-активних газів є деаератор. Оптимізації деаератора забезпечить кращу мінімізацію газів, що в подальшому сприяє зменшенню процесів утворення відкладень у водопаровому тракті.

У магістерській дисертації представлено АСР регулювання тиску в деаераторі. Один з найважливіших параметрів процесу деаерації є тиск, у залежності від його значень температура в деаераторі досягає температури насичення. Процес деаерації працює при умовах автоматичного регулювання процесу, бо параметри які впливають на тиск, постійно змінюються. АСР необхідна для підвищення техніко-економічних показників процесу деаерації, так як система автоматизації застаріла.

1 Теоретична частина

Основним заходом, що запобігає корозії енергетичного обладнання та трубопроводів, є деаерація - завершальна стадія комплексного технологічного процесу водопідготовки, призначена для видалення з живильної води розчинених корозійно-активних газів.

1.1 Опис водо-водяного енергетичного реактора ВВЕР – 1000

ВВЕР-1000 – ядерний реактор серії реакторів ВВЕР з номінальною електричною потужністю 1000 МВт, теплової – 3000 МВт. У даний час даний тип реакторів є найпоширенішим у своїй серії – 34 діючих реактора (з 58-ї ВВЕР), що становить 7,5% від загальної кількості експлуатуючих у світі енергетичних реакторів усіх типів [1].

Установка на АЕС водо-водяних корпусних реакторів типів ВВЕР-1000, передбачає застосування двоконтурної теплової схеми, де до першого контуру відносять сам ядерний реактор з його установками по забезпеченню надійної та безперебійної експлуатації, головні циркуляційні насоси (ГЦН), парогенератори і зв'язуючі їх з реактором, водяні трубопроводи в вигляді самостійних петель, кількість яких зазвичай вибирають від трьох до шести. Другий контур харчується паром парогенераторів і включає турбогенератори установки з їх допоміжними елементами.

Перший контур – радіоактивний. Це контур (разом з системою компенсації тиску) по якому теплоносій під робочим тиском циркулює через активну зону. Перший контур призначений для циркуляції теплоносія і передачі тепла, що виділяється в активній зоні реактора воді другого контуру в парогенераторах з метою генерації пари в другому контурі для турбогенераторної установки [2].

Другий контур – нерадіоактивний. Він включає в себе парогенератори, паропроводи, парові турбіни, сепаратори-пароперегрівачі, живильні насоси і трубопроводи, деаератори і регенеративні підігрівачі. Парогенератор є загальним устаткуванням для першого і другого контурів. У ньому теплова енергія, вироблена в реакторі, від першого контуру через теплообмінні трубки передається другому

контур. Насичена пара, що виробляється в парогенераторі, по паропроводу надходить на турбіну, яка приводить в обертання генератор, що виробляє електричний струм [2].

1.2 Водно-хімічний режим другого контуру

ВХР це сукупність заходів, які необхідні для запобігання негативних процесів, що відбуваються у другому контурі АЕС.

Створення ВХР передбачає:

- забезпечення корекції водно-хімічних умов;
- забезпечення норм технологічного середовища;
- підтримка заданого режиму очищення.

Цілі водно-хімічного режиму забезпечити надійну роботу головного елемента другого контуру парогенератора, збільшити термін експлуатації всього обладнання 2 контуру.

Водно-хімічний режим найбільше позначається на терміні експлуатації. При поганій роботі ВХР, збільшується кількість відкладень на внутрішніх поверхнях, що призводить до зниження ККД.

При недотримання необхідних значень теплоносія при роботі водно-хімічного режиму, може статись аварія або зупинка обладнання.

Завдання ВХР:

- мінімізація відкладення корозії на внутрішніх поверхнях основного обладнання;
- забезпечення захисту від корозії обладнання яке використовується на другому контурі АЕС.
- мінімізація викидів шкідливих хімічних сполук у навколишнє середовище.

Оптимальний режим роботи досягається за умов:

- висока якість додаткової води;
- видалення з води окисів і солей з 2 контуру, також з води яка надходить до парогенератора;

- раціональна корекція живильної води парогенератора;
- висока щільність прилягання трубних елементів;
- правильно налаштований процес деаерації і ефективне видалення корозійно-активних газів з живильної води парогенераторів.

- мінімізація деструкції матеріалів;
- відсутність масел у воді;
- надійний хімічний контроль.

Одним з найважливіших задач ВХР другого контуру АЕС з ВВЕР-1000 є боротьба з корозійно-активними газами, які сприяють утворення корозії. Іншим важливим завданням ВХР є зменшення швидкості протікання корозії в усіх конструкційних матеріалів. Збільшення кількості відкладень корозії на внутрішніх елементах другого контуру сильно сприяє зменшенню ресурсу роботи обладнання, тому швидкість корозії необхідно мінімізувати.

Головним економічним показником до роботи обладнання є число максимальних годин використання потужностей. Порушення ВХР може призвести до аварійного або повного зупинення обладнання, що призведе до його неповного використання.

До енергоблоків великої потужності це особливо необхідно, тому що простий більш потужного агрегату, робота при знижених параметрах або зменшеної потужності можуть призвести до суттєвої недовиробітку енергії.

З підвищенням параметрів робочого середовища і збільшенням одиничної потужності паросилових установок зростають вимоги до чистоти води і пари в основних агрегатах електростанцій, що нерозривно пов'язані з водним режимом всіх її елементів.

Таким чином, ВХР прямо впливає на економічні показники роботи електростанції, тому досягнення і ведення оптимального водно-хімічного режиму є найважливішою вимогою функціонування об'єкта.

Особливості водного режиму визначає одночасне використання в другому контурі обладнання з перлитових сталей, аустенітної нержавіючої сталі і

мідномістких сплавів, що володіють різною корозійною стійкістю в робочих середовищах. На рис. 1.1 зображено схему другого контуру ВВЕР-1000.

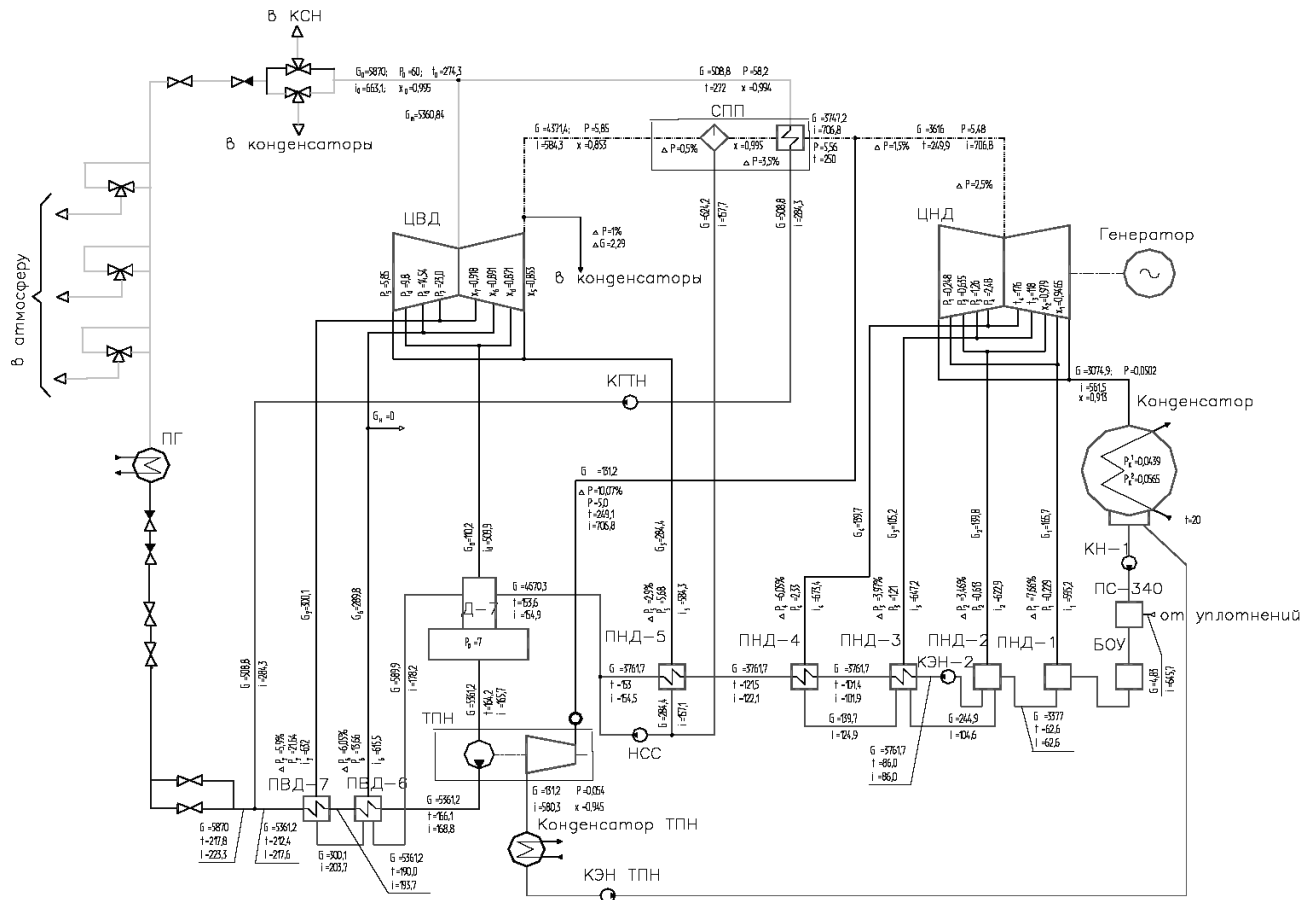


Рисунок 1.1 Принципова схема другого контуру ВВЕР-1000

Найбільш вразливим обладнанням другого контуру є парогенератор, в якому, внаслідок упарювання котельної води, відбувається концентрування йоногенних домішок, що надходять з живильною водою.

Одним із основних обладнань ВХР, яке використовують для видалення корозійно-активних газів є деаератор.

1.3 Корозійні процеси у другому контурі

Обладнання другого контуру АЕС виготовлене з металів та сплавів. При експлуатації обладнання взаємодіє з водою та паром. Водні середовища мають корозійно-активні гази, які визивають корозійні процеси. При недотриманні правил

експлуатації, кількість кількість корозійно-активних газів збільшиться що призведе до корозії матеріалів.

Корозія – це поверхневе руйнування металів в результаті взаємодії з навколишнім середовищем, у даному випадку теплоносія, в основі якого лежать хімічні і електрохімічні процеси. Корозія протікає на кордоні метал – робоче тіло. Вона призводить до часткового або повного руйнування металу. Можна виділити наступні основні види корозії, що протікають в тракті 2 контуру: хімічна, електрохімічна, корозія-ерозія [3].

Хімічна корозія є результатом протікання хімічної реакції між металом і робочим тілом, коли робоче тіло не є електролітом. У даному варіанті це, наприклад, перегрітий пар, який виходить в сепараторах - пароперегрівачах. Процес хімічної корозії описується реакцією Шедрона [3].



Електрохімічна корозія є результатом виникнення і дій гальванічних (корозійних) елементів на межі метал середа другого контуру.

Корозія-ерозія – процес руйнування металу внаслідок ерозійного впливу корозійного середовища. Прикладом корозії-ерозії є знос (руйнування) лопаток турбіни під впливом вологої пари. Для зведення до мінімуму зазначеного процесу, до вологості пара, що надходить на турбіну, висуваються жорсткі вимоги. Вологість не повинна перевищувати 0,2% [3].

Корозію характеризують за пошкодженням: загальна і місцева.

Класифікації корозії металу (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Класифікація корозії

1.4 Процес деаерації

У конденсаті, живильної і додаткової води містяться агресивні гази (кисень, вуглекислий газ та інші), які призводять до корозії обладнання та трубопроводів електростанції. Вони надходять в пароводяний тракт переважно в конденсаторі турбіни і у вакуумній частині системи регенерації. Для захисту від газової корозії застосовують деаерацію води, тобто видалення розчинених у ній газів. Основну корозійну дію на металічне обладнання надає кисень, тим більше що зміст його в повітрі і при розчиненні в воді досить значний. Вуглекислота викликає корозію самостійно і діє як каталізатор агресивного впливу кисню, а також сприяє забрудненню пароводяного тракту сполуками заліза і міді, які потім відкладаються на трубах парових котлів. Вуглекислота міститься в пароводяному тракті у вільному стані і як продукт термічного розкладання солей натрію-бікарбонатів.

На АЕС використовують термічну деаерацію води для видалення корозійно-активних газів.

Термічна деаерація – це процес десорбції газу, при якому відбувається перехід розчиненого газу з рідини в який перебуває з нею в контакт пар. Такий

процес може здійснюватися при дотриманні законів рівноваги між рідкою і газовою фазами. Спільне існування цих двох фаз можливо тільки за умови динамічної рівноваги між ними, яке встановлюється при тривалому їх зіткненні. При динамічній рівновазі (при певних тиску і температурі) кожному складу однієї з фаз відповідає рівноважний склад іншої фази [1].

Доведення води до стану кипіння, коли $p_0 = p_{H_2O}$, не є достатнім для повного видалення з неї розчинених газів. Видалення газів при термічній деаерації відбувається і в результаті дифузії і дисперсного виділення їх. При цьому повинні бути створені умови переходу газів з води в паровий простір. Одним з таких умов є збільшення площі поверхні контакту води з паром, щоб максимально наблизити частки потоку деаеруючої води до поверхні розділу фаз. Це досягається дробленням потоку води на тонкі струмені, краплі або плівки, а також при барботажі пари через тонкі шари води [1].

Утворення бульбашок газу протікає найбільш інтенсивно при раціональній конструкції деаератора цим шляхом можна видалити з води 90–95% розчинених в ній газів.

З метою поліпшення виділення газів з води необхідно максимально наблизити всі частинки потоку деаеруючої води до поверхні розділу фаз для того, щоб розчинені гази могли швидко переходити з води в парову фазу. Чим більше поверхня контакту фаз, через яку відбувається десорбція газів, тим швидше система наближається до рівноваги, тобто тим повніше з води видаляються розчинені гази. Цього можна досягти посиленням турбулентності потоку води шляхом її розпилення, розбризкування або зливання через дрібні отвори і перегородки для поділу її на дрібні краплі, тонкі цівки або плівки, що значно збільшує поверхню води в деаeratorній установці і полегшує видалення з неї газів.

Збільшення поверхні зіткнення води з паром може бути досягнуто за допомогою пари, що гріє у вигляді дрібних бульбашок через шар деаеруючої води (барботування). З ростом швидкості пари, що гріє збільшується динамічний вплив парового потоку на деаеруючу воду, що сприяє підвищенню ефективності термічної деаерації.

Деаерація стає більш ефективною, якщо збільшити середню температуру продеаерованої води. При збільшенні температури зменшується в'язкість води і поверхневий натяг і стає більшим швидкість дифузії у газах (рис 1.4).

Але при цьому деаерація не стає дуже ефективною, оскільки видалення корозійно-активних газів не є достатнім. Корозійно-активні гази розташовуються на рідині або близькі до неї і навіть при невеликому зменшенні температури води або збільшенні тиску газ поглинається.

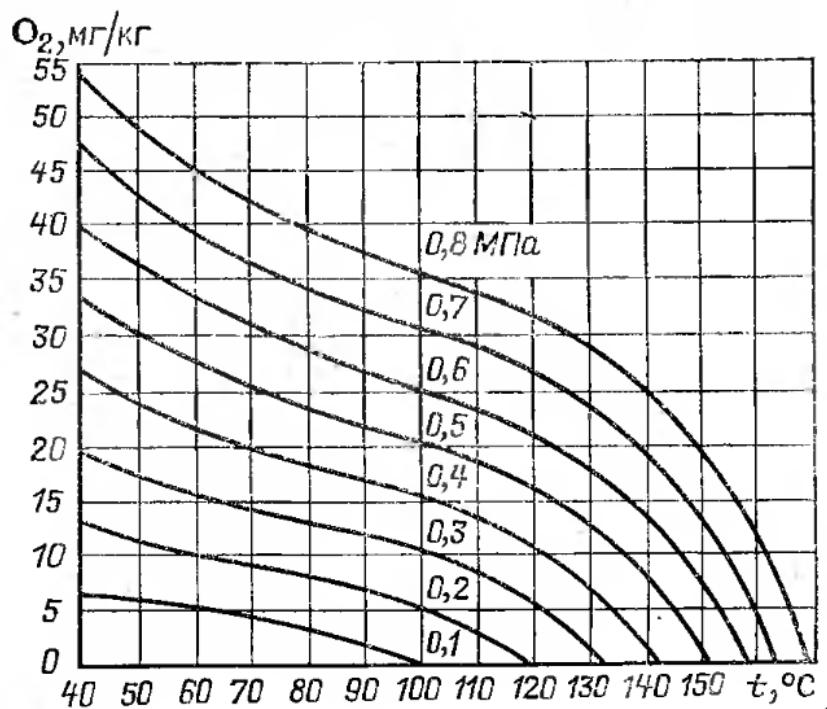


Рисунок 1.4 – Розчинність O₂ від температури

Взаємодія між газом і рідиною можна організувати двома способами: розподіл рідини в газі (плівкові, насадок, струменеві і краплинні апарати) і газу в рідині (барботажні апарати). Однак визначення поверхні контакту фаз в реальних масообмінних апаратах становить значні труднощі. У зв'язку з цим часто користуються умовними коефіцієнтами масопередачі, віднесеними до одиниці робочого обсягу апарату або до його робочої поверхні десорбується елемента, наприклад насадки або пінної решітки. Зв'язок між об'ємним K_v і поверхневим K коефіцієнтами десорбції виражається як:

$$K_v = a_v \cdot K$$

де a_v – питома поверхня контакту фаз (m^2/m^3), яка припадає на одиницю робочого об'єму апарата [5].

Разом з тим, внаслідок ряду чинників, у воді залишається деяка кількість розчиненого газу, яке повинно бути видалено за рахунок дифузії. Необхідність глибокого видалення з рідини цього залишкового кількості розчиненого газу є досить важким завданням і пред'являє великі вимоги до деаераторної установки, а ефект дегазації при цьому є вирішальним критерієм для оцінки працездатності деаератора [5].

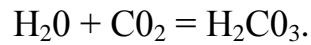
Ефективна деаерація досягається при повному відведенні виділених газів за рахунок безперервної вентиляції і виведення їх з деаератора. Газ з деаератора відводиться разом з парою, який називають випаром. Кількість випару робить істотний вплив на ефект деаерації. Для деаераторів підвищеного тиску кількість випару складає 2-3 кг пара на 1 т деаеруючої води. Таким чином, кількість пара, що підводиться до деаератора, має забезпечувати підтримку стану кипіння деаерованої води і оптимальний випар, а гідравлічне навантаження деаератора повинно бути таким, щоб динамічний вплив потоку пара було переважаючим на кордоні фаз. Значення випару робить істотний вплив на ефект деаерації.

За допомоги термічної деаерації можна мінізувати концентрацію кисню в деаерованій воді до значень, які допускаються нормами Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж.

1.5 Розчинність газів у воді

Статика процесу десорбції ґрунтується на законі рівноваги між рідкою і газовою фазами. У загальному випадку умови спільного існування фаз визначаються наявністю динамічної рівноваги між ними, підкоряється правилу фаз. Згідно з цим правилом при певних тиску і температурі деякого складу однієї з фаз відповідає певний «рівноважний» склад другої фази. Якщо вміст (концентрація) будь-якого компонента в газовій фазі більше рівноважного, то він переходить в рідку фазу і навпаки. Стан динамічної рівноваги між фазами встановлюється при тривалому часі зіткнення фаз [5].

Розчинність кисню, азоту та вуглекислого газу в воді різна. Велика (в порівнянні з O_2 і N_2) розчинність вуглекислого газу у воді обумовлюється його хімічним взаємодією з водою з утворенням вугільної кислоти



У деаераторних установках розчини газів можуть вважатися нескінченно розведеними. У цьому випадку перехід того чи іншого компонента з рідкої фази в газову не залежить від наявності в розчині інших компонентів і визначається лише змістом в ньому даного компонента. Для ідеальних розчинів, температура яких вище критичної температури газу, при низьких парціальних тисках газу рівновагу визначається законом Генрі

$$p = Ex,$$

де E – коефіцієнт Генрі, який має розмірність тиску; x – молярна частка компонента в рідині [5].

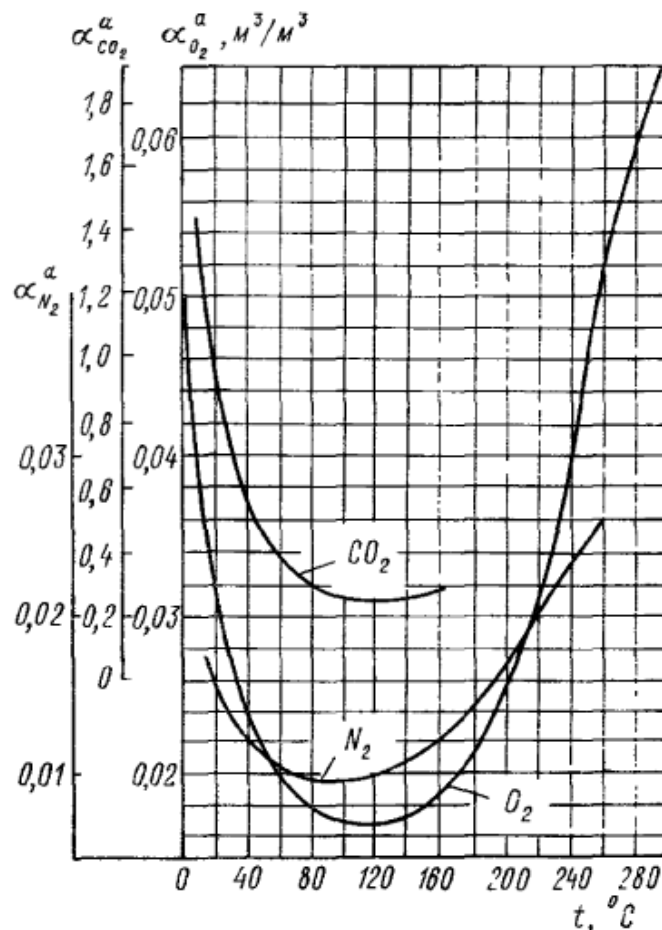


Рисунок 1.3 – Залежність коефіцієнта абсорбції O_2 , N_2 та CO_2 від температури

Кінетика або швидкість процесу десорбції (масообміну) визначається ступенем відхилення системи від рівноважного стану, властивості розчинника (води), основного компонента (O_2 , CO_2 , N_2) і інертного середовища (пара), величиною і формою поверхні контакту фаз і гідродинамічними умовами [5].

Під час процесу деаерації невелика кількість корозійно-активних газів всерівно залишатиметься, повне виділення неможливе. Деаерація буде виконуватись поки рівноважний парціальний тиск газу в рідкій фазі більше ніж тиск газу в паровій фазі. Для забезпечення максимальної деаерації води потрібно використовувати пар з мінімальним вмістом компонентів повітря.

1.6 Деаератор

Деаератор – апарат для видалення з води розчинених кисню і двоокису вуглецю, що викликають корозію обладнання. Відсутність глибокої деаерації води призводить до значного збільшення концентрації оксидів заліза і відкладення їх у вигляді вторинної накипу на поверхнях теплосилових установок. Це істотно знижує надійність і економічність роботи паротурбінних станцій [4].

Деаераційна установка призначена для:

- видалення корозійно-активних газів з води;
- підігрів води;
- створення робочого об'єму деаерованої води в баку-акумуляторі для компенсації між витратою живильної води, яка подається насосами в парогенератор і кількістю основного конденсату турбіни, що подається в деаератор;
- подачі пари на ущільнення турбіни при роботі блоку на номінальних параметрах.

Дегазація води відбувається у деаераційній колонці [4].

Термічні деаератори діляться на:

За призначенням:

- 1) деаератори живильної води парогенераторів;

- 2) деаератори додаткової води і зворотного конденсату;
- 3) деаератори підживлювальної води.

За тиском пари, що гріє:

- 1) деаератори підвищеного тиску (тип ДП, робочий тиск 0,6-0,7 МПа, рідше 0,8-1,2 МПа, температура насичення 158-167 °С і відповідно 170-188 °С);
- 2) атмосферні деаератори (тип ДА, робочий тиск 0,12 МПа, температура насичення 104 °С);
- 3) вакуумні деаератори (тип ДВ, робочий тиск 0,0075 - 0,05 МПа, температура насичення 40-80 °С) [4].

Деаератори розрізняють також за вживаним в них способом розподілу деаеруючої води в парі:

- 1) плівкові;
- 2) струменеві;
- 3) краплинні;
- 4) пара в воді: барботажні. При цьому часто використовуються комбіновані схеми контакту (наприклад, струменево-барботажні).

Загальні вимоги деаераторів

Об'єм баку-деаератора необхідно підбирати так, щоб після зупинки подачі води до деаераційної колонки, об'єм води в ньому ще був на три-чотири хвилини роботи живильних насосів. Рівень продеаерованої води необхідно підтримувати в певному діапазоні, вимірюватись за допомогою рівнемірів і скляного водоміра, значення рівня впливає на процес деаерації. Якщо рівень сягає критичного значення, продеаерована вода повинна зливатись через пристрій для переливу. Тиск у деаераторі сильно впливає на протікання процесу, тільки при певному значенні тиску вода досягне температури насичення, тому тиск необхідно тримати в постійному значенні. Якщо тиск різко зміниться, може закипяти вода в деаераторі. Для забезпечення сталого тиску деаератор приєднують до декількох відборів турбін по каналах тиску. Значення температури також дуже важливе, розбіжність не повинна бути більшою ніж 8-10 °С

Тиск над водою визначається тиском насичених парів води пара і конденсату.

На всіх типах АЕС відповідно до Правил технічного проектування установка 100% очистки турбінного конденсату є обов'язковою. Це означає, що всі домішки, що надходять з присосами охолоджуючої води в конденсаторі, в тому числі і бікарбонати, будуть видалятися на іонообмінних фільтрах конденсатоочищення. Поява вуглекислоти виключається, кисень, як уже вказувалося, частково видаляється в деаераційному пристрої конденсатора [6]. Крім того, кисень у воді високої чистоти з електропровідністю менше 0,3 мкСі / см виконує позитивну функцію. При взаємодії з вуглецевими сталлями кисень утворює захисну окисну плівку, що зменшує корозійні процеси і винос продуктів корозії в воду. Корозія латунних сплавів в присутності кисню навіть у воді високої чистоти не знижується. Відсутність деаератора спрощує теплову схему АЕС, проте виникають і деякі проблеми, зокрема, зі зливом дренажів гріють парів ПВД, збором другорядних потоків пара і конденсату, приймачем яких є деаератор. Якщо виникає необхідність виключення деаерації, то це можна зробити і в схемі з деаератором, перекинувши лінію на відводі випару. Бездеаераторна схема поки що ні на одному блоці АЕС не реалізована [4].

При проектуванні деаераторів необхідно виконати вимоги:

- забезпечити деаерацію всіх потоків води, що надходять в апарат, в яких можуть міститися розчинні гази;
- застосувати двоступеневу схему, причому в якості другої найбільш доцільна барботажна;
- всередині кожного ступеня мають бути відсутні циркуляційні струми, що призводять до проскоку необроблених мас води;
- апарат повинен вентилюватися необхідною кількістю пара, також забезпечити вентиляцію бака-акумулятора;
- на всьому шляху між водою і паром забезпечуються протитечія і максимальна різниця концентрації компонентів у воді і парі;
- до кожного ступеня має підводитися необхідну кількість пара;
- способи взаємодії води і пара повинні забезпечувати багаторазову обробку води паром і максимальний розвиток поверхні взаємодії;

- забезпечити умови для видалення газових пухирців, що виникають при нагріванні або різкій зміні тиску;
- виключити повторну аерацію води [4].

Деаераційна установка складається з 2-х деаераторів Д-7 RL21,22В01 пов'язаних між собою зрівняльними лініями по пару і воді. Кожен деаератор Д-7 складається з бака-акумулятора і деаераційної колони. Деаератори невідключні один від одного. Загальний вигляд одного деаератора представлений на рисунку.

Робота деаератора заснована на принципі термічної деаерації, що полягає в тому, що при температурі рідини, що дорівнює температурі кипіння при заданому тиску, розчинність газів у рідині стає рівною нулю.

Рівень у деаераторах Д-7 підтримується в межах 220 ± 20 см основним регулятором RM50S01 і пусковим релятором RM53S01.

Підтримка нормальної тиску в деаератори $6.9 \pm 0,1$ кгс/см² у режимі нормальної експлуатації проводиться регуляторами RQ21,22S08 і регулятором RQ22S09 в режимах пуску, розігріву деаератора і розхолодження устаткування 1-го контуру через 2-й контур.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики деаератора.

№ п/п	Параметр	Значення
1.	Робочий тиск, МПа	0.69
2.	Робоча температура, °С	164
3.	Рівень в баку-акумуляторі, мм	2200
4.	Температура основного конденсату на вході в деаератор, °С	150
5.	Витрата основного конденсату на вході в деаератор, м ³ /час	1600
6.	Температура живильної води на виході з деаератор, °С	164
7.	Допустимий тиск при роботі ПК, кгс/см ²	7.5
8.	Робочий об'єм бака-акумулятора, м ³	185
9.	Геометричний обсяг деаераторної колонки, м ³	58
10.	Висота деаераторною колонки, м	7.3

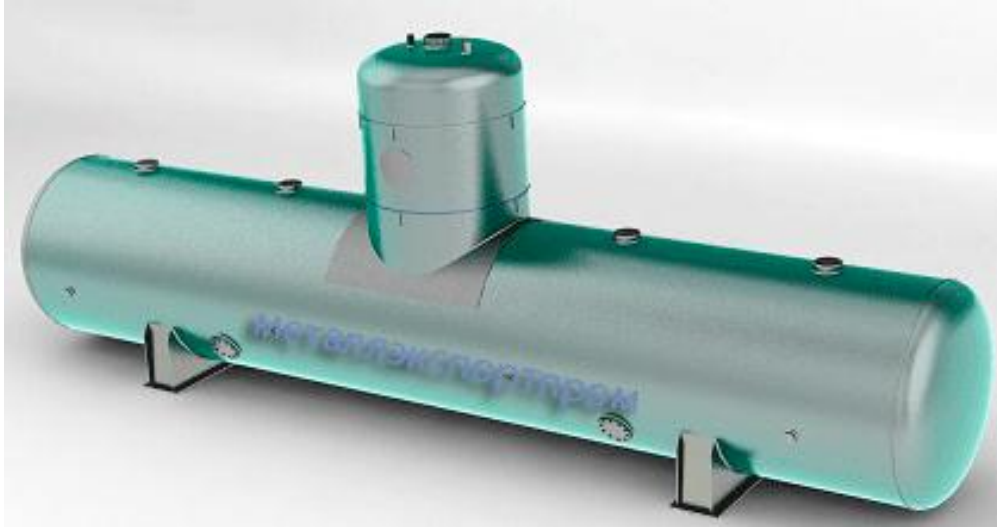


Рисунок 1.4 – Деаераційна установка

Деаераційна колона складається з корпусу, кільцевого приймального короба, змішувального пристрою, верхнього і нижнього блоків, колекторів підведення пари, що гріє і гарячих потоків дренажів. Деаераційно колона представлена на рисунку 1.4. Корпус являє собою сталевий циліндр звареної конструкції з внутрішнім діаметром 3418 мм, виготовлений з листової сталі товщиною 12 мм, до якого приварена сферична кришка [8].

Корпус колонки приварений до деаераторного баку на рис 1.5.

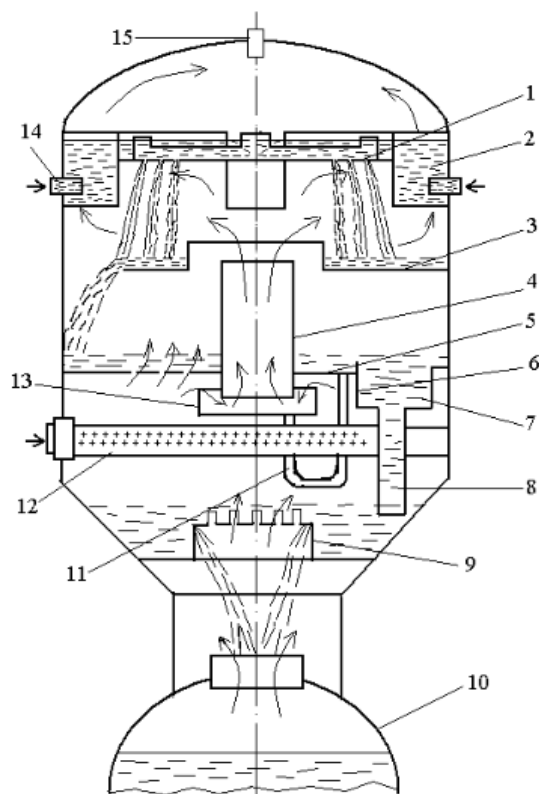


Рисунок 1.5 – схематичне зображення деаераційної колонки ДП -1600
 1 - перфорований лист; 2 - водорозподільувач; 3 - переливна тарілка;
 4 - пароперепускна труба; 5 - барботажний лист; 6 - поріг; 7 - приймальна
 камера; 8 - зливні труби; 9 - горловина; 10 - акумуляторний бак; 11 - труби для
 заповнення водою піддону пароперепуску; 12 - колектор пари, що гріє; 13 - піддон;
 14 - штуцер основного конденсату; 15 - штуцер випару

Як і в деаераторних колонках ДСП-1000 і ДП-2000, тут передбачена двоступенева деаерація води. Деаераційний бак призначений для відбору всіх потоків води, що пройшли деаерацію в деаераційних колонках, а також є акумулююча ємністю запасу живильної води на 3-4 хвилини роботи турбіни при номінальному навантаженні без підживлення. У баку відбувається також залишкова деаерація води, а саме: виділяється дисперсний кисень і відбувається розкладання бікарбонатів. У водорозподільному пристрої штуцера для підведення основного конденсату розташовані нижче верхньої тарілки, що дозволяє дещо зменшити вертикальні габарити колонки. Робочий тиск у цьому деаераторі прийнято рівним 0,7 МПа [8].

Конструкція деаераційної колонки

У верхній частині корпусу розташований кільцевий приймальний короб для прийому холодних потоків конденсату. Внутрішня обичайка короба в нижній частині має прямокутні вікна, через які конденсат надходить в змішувальний пристрій.

Змішувальний пристрій призначений для змішування холодних потоків конденсату, рівномірного розподілу їх по периметру колонки і являє собою короб, утворений внутрішньою обичайкою приймального короба і обичайка змішувального пристрою у верхній частині, якою є прямокутні вирізи розташовані по всьому периметру.

Верхній блок складається з внутрішньої і зовнішніх обичайок і перфорованого днища (дірчастий щит), привареного з низу. Для забезпечення жорсткості конструкції рівномірного розподілу конденсату по всій поверхні дірчастого щита між обичайками приварені шість перегородок з трьома в підлозі отворами в нижній частині кожної перегородки. У центральній частині верхнього блоку є знімний люк, який кріпиться болтами до кільцевому виступу дірчастого щита. Верхній блок прикріплений до корпусу колони шістьма косинками розташованими таким чином, що є можливість для вільного проходу пара по периферії. Нижній блок складається з переливного листа і барботажного устрою. З одного боку переливної лист має виріз для зливу води в барботажное пристрій, а в центрі горловину для проходу пара. У колоні переливної лист закріплений за допомогою утримує каркаса [9].

Барботаажний пристрій складається з перфорованого листа, чотирьох зливних труб приварених з боку протилежної сегментному вирізу переливного листа, який виступає над ним на 100 мм паро-перепускного патрубка, піддону і двох водо-перепускних труб з'єднують барботаажний лист і піддон. Нижній кінець паро-перепускного патрубка опущений в піддон і при заповнення водою останнього утворюється гідрозатвор. Заповнення гідрозатвору забезпечується автоматично, при зміні витрати, подачею води через водо-перепускні трубки з барботаажного листа в піддон.

Під нижнім блоком розташовані колектор підведення пари, що гріє і колектори гарячих потоків дренажів [9].

Колектор гріючого пару являє собою перфоровану трубу $\text{Ø}325 \times 10$ мм. Отвори розташовані сім'ю рядами на нижній частині колектора, що забезпечує рівномірний розподіл пара по всьому простору колонки.

Колектори підведення дренажів є перфоровані труби $\text{Ø}108 \times 6$ мм, вводи яких в колонку виконані на одному рівні з колектором, що гріє пара [9].

Опис процесу деаерації

Холодні потоки конденсату через штуцери введення надходять в кільцевий приймальний короб і далі через прямокутні вікна на внутрішній обичайці в змішувальний пристрій.

З змішувального пристрою при досягненні певного рівня, конденсат рівномірним потоком по всьому периметру надходить на перфоровані днище верхнього блоку [9].

З верхнього блоку конденсат пройшовши через отвори перфорованого днища, дробиться на тонкі струменя. Проходить через струменевий відсік конденсат нагрівається до температури близької до температури насичення і потрапляє на нижній блок. Спочатку на переливній лист, потім через сегментний виріз переливного листа надходить на перфорований лист барботажного пристрою. За барботажний листу вода рухається зліва направо і обробляється пором, які пройшли через отвори щита. Відбувається нагрів до температури насичення і остаточне видалення розчинених газів. В кінці барботажного листа вода через чотири зливні трубки, верхні кінці яких, для забезпечення постійного шару води, виступають на 100 мм над листом, надходить у нижню частину колони і далі через зливну горловину зливаються в деаераторний бак [9].

Зливна горловина забезпечує постійний рівень води в нижній частині колони перед надходженням її в деаераторного бак. Злив води з зливних трубок відбувається під цей рівень, що перешкоджає проходженню пари через зливні труби в обхід барботажного пристрою.

Гріючий пар з перфорованого колектора подається під барботажний лист. Ступінь перфорації листа обрана такою, що при мінімальному навантаженні під листом створюється стійка парова подушка, що виключає провал води через отвори листа. На барботажному аркуші відбувається інтенсивна парова обробка шару води, що рухається в бік зливних труб і глибока і стабільна дегазація [9].

Чи не сконденсувалася пар і виділилися з води газу піднімаються вгору і через горловину переливного листа надходять в струменевий відсік. Зі збільшенням продуктивності і витрати пара тиск в паровій подушці зростає, і пар в обхід барботажного листа через паро-перепускний патрубков гідрозатвору надходить в струменевий відсік [9].

У струменевому відсіку пар, рухаючись вгору, перетинає і омиває падаючі вниз, з перфорованого днища струменя води. При цьому відбувається перемішування води з паром, підігрів її до температури, близької до температури насичення при даному тиску в колонки і попередня дегазація води.

Конденсат пари, що гріє приєднується до струменів води, а несконденсований гріючий пар і виділений з води газ по периферії, через кільцевий зазор між корпусом і верхнім блоком, проходять в верхню частину колонки, забезпечуючи її вентиляцію і підігрів зустрічних потоків води, що надходять з змішувального пристрою, і далі через штуцер випару відводяться з колонки [9].

Якість живильної води при роботі поживно-деаераційної установки має відповідати наступним нормам:

- рН = $9 \pm 0,2$ (при 25 °С);
- питома електропровідність 0,3 мкСм/см;
- Fe не більше 15 мкг/кг;
- Cu не більше 3 мкг/кг;
- O₂ не більше 10 мкг/кг;
- гідразин 40 мкг/кг;
- масло і нафтопродукти не більше 100 мкг/дм³.

Не допускається експлуатація деаераційної установки при:

- підвищення тиску понад робочий більше 10% і надалі його збільшенні, незважаючи на дії персоналу;
- несправності 50% запобіжних клапанів деаераторів;
- виникнення сильних і не припиняються гідроударів;
- виходу з ладу всіх показчиків рівня води;
- несправності манометрів і неможливості визначити тиск за допомогою інших приладів;
- виявлення в обладнанні деаераційної установки тріщин, випучин, значного стоншення стінок, течі і ширяння в зварних і болтових з'єднаннях [7].

2 Постановка задачі автоматизації систем деаерації

2.1 Аналіз сучасної системи деаерації

У даній магістерській дисертації розроблена система керування деаератором на атомній електростанції з ВВЕР-1000. Деаератор своєю роботою забезпечує зменшення корозійно-активних газів у живильній воді пароводяного тракту.

Параметри в деаераторі які необхідно завжди підтримувати є тиск та рівень в баку акумуляторі [8]. Концентрація активних газів при постійному тиску знижується, а при зростанні температури стрімко прямує до нуля, а саме коли температура конденсату досягає температури, яка при заданому тиску становить температуру насичення. Утворення парової атмосфери над водою є важливою задачею процесу деаерації. Процес створення парової атмосфери, виконується за рахунок стабільного тиску і нагрівання води до температури кипіння.

Також постійно повинен контролюватись рівень у баці акумуляторі, при зміні конденсату в деаератор. Автоматизація деаератора на ВВЕР-1000, проводилась більше 20 років тому, з цього слідує, що процес автоматизації застарів.

При регулюванні параметрів тиску та рівня застосовують прості схеми керування (рис 2.1, 2.2) [3].

На першій схемі, зображено регулювання тиску, виконується за рахунок надходження пари в самий бак. На регулятор надходить значення тиску з датчика тиску, його значення порівнюються з заданими. Регулятор змінює положення РО, а саме клапану на паропроводі залежно від різниці тиску, за допомоги електроприводу. При зміні тиску, змінюється витрата пари після чого встановлюється потрібне значення тиску.

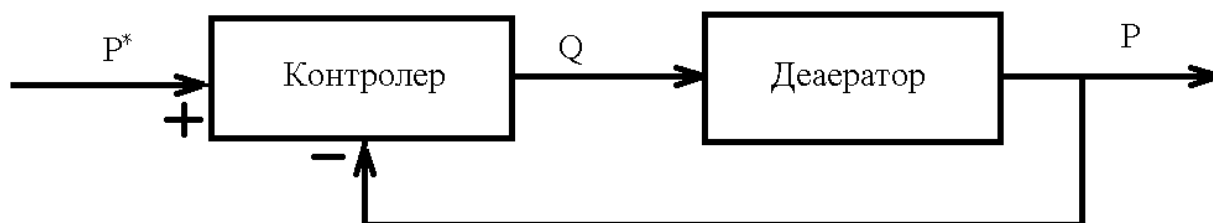


Рисунок 2.1 – Схема регулювання

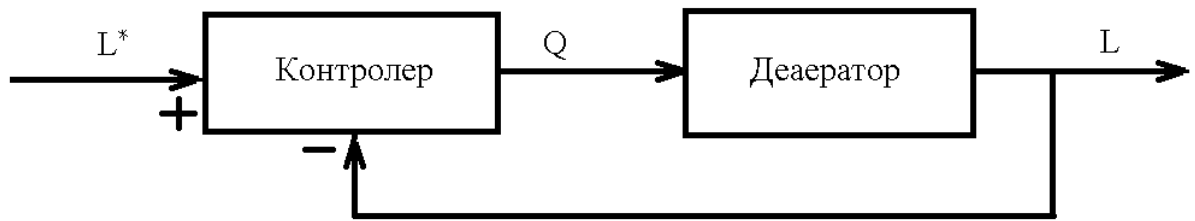


Рисунок 2.2 – Схема регулювання рівня води

Регулювання параметрів рівня в баку, здійснюється за допомогою надходження конденсату в самий бак. На регулятор надходить зміна витрати конденсату, який надходить в деаератор. При зміні рівня, змінюється витрата конденсату після чого встановлюється потрібне значення (рис. 2.2).

Регулювання рівня і тиску це основні параметри, у магістерській дисертації інші параметри не будуть застосовуватись, так як ускладнення автоматизації не призведе до суттєвого покращення процесу деаерації.

2.2. Ідентифікація технологічного об'єкту

У даній роботі необхідно здійснити розрахунок параметрів налаштування регуляторів для контуру регулювання тиску в деаераторі.

При огляді літературних джерел [8], було знайдено данні по тиску в деаераторі. З отриманих даних побудували розгінну характеристику, за допомогою збурення, а саме зміни відкриття сидельного клапану з 60% до 70% (рис. 2.3).

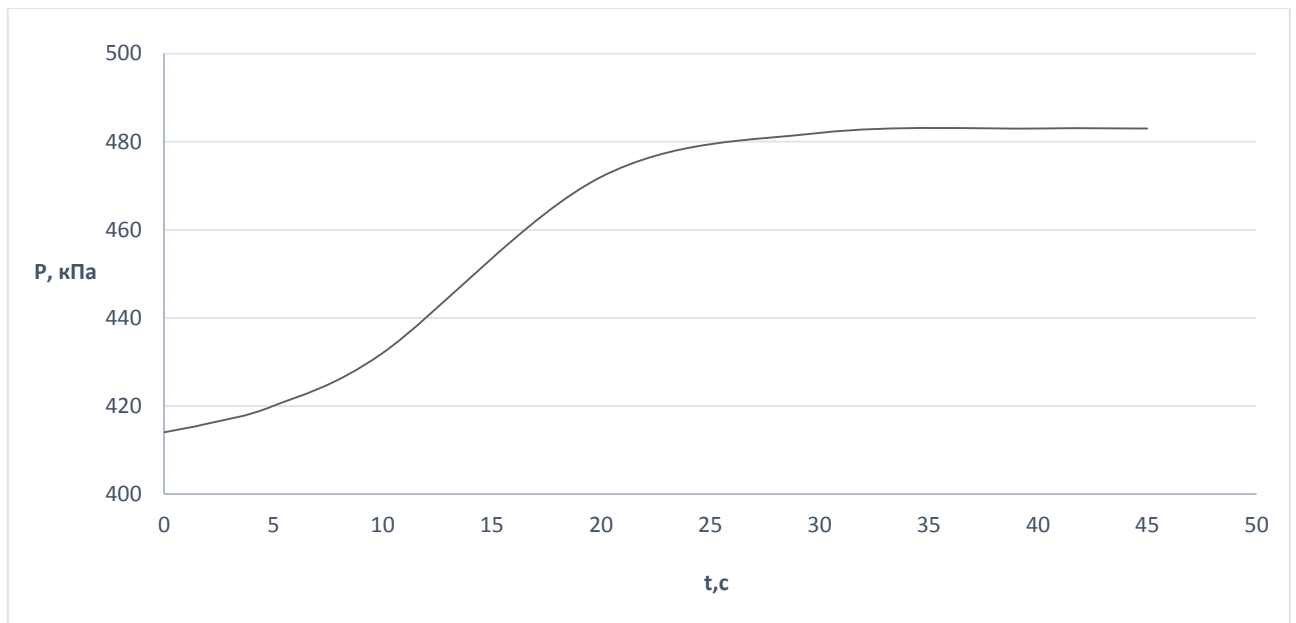


Рисунок 2.3 – Розгінна характеристика

Після побудови розгінної характеристики отримано перехідну характеристику об'єкта (рис.2.4).

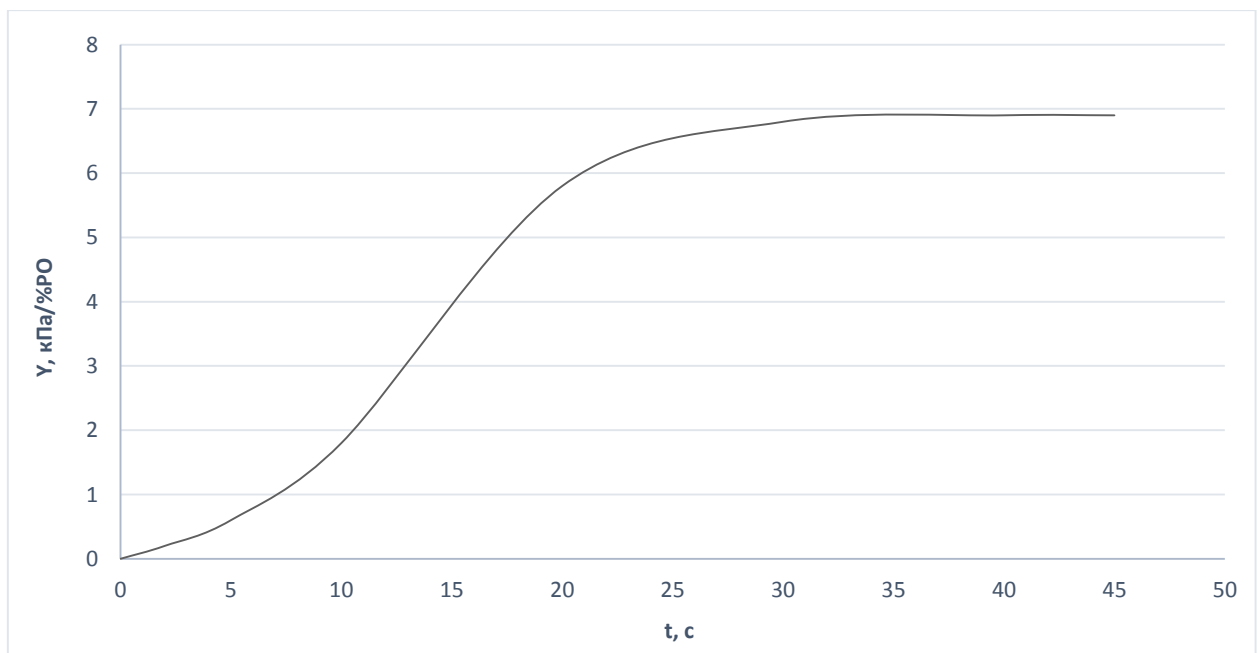


Рисунок 2.4 – Перехідна характеристика об'єкта

Перехідна характеристика об'єкта демонструє нам що є об'ктом з самовирівнюванням. Тому проведемо апроксимацію об'єкту за допомогою двох ланок: аперіодичної ланки першого порядку та транспортної ланки з запізненням [12,13]. Отримано передавальну функцію об'єкта:

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T \cdot s + 1} \quad (1.1)$$

Використаємо формули ідентифікації для апроксимації [13]

- коефіцієнт передачі $K=6,9$
- транспортне запізнення

$$\tau = 1,07 \cdot t_1 - 0,07 \cdot t_8 \quad (1.2)$$

- постійна часу

$$T = \frac{t_8 - \tau}{1,61} \quad (1.3)$$

де t_1 – час, коли перехідна характеристика знаходиться на 10% від усталеного режиму, t_8 – час на 80% .

$$t_1 = 5.6 \text{ с};$$

$$t_8 = 19 \text{ с}.$$

Динамічні характеристики об'єкту коефіцієнт передачі, транспортне запізнення та постійна часу становлять:

$$K_{об} = 6,9 \text{ кПа/\%РО}; \quad \tau = 4,66 \text{ с}; \quad T_{об} = 8,9 \text{ с}$$

Передавальна функція об'єкту має вигляд:

$$W(s) = \frac{6,9}{8,9 \cdot s + 1} e^{-4,66 \cdot s}$$

Наший об'єкт при регулюванні тиску системи автоматичного регулювання зобов'язаний мати такі вимоги: викид повинен бути найменшим, час регулювання повинен не перевищувати 60 секунд, ступінь загасання повинна складати не менше 0.95.

Отримавши параметри об'єкта, виконаємо розрахунки налаштування Пі-регулятора за двома методами: перший метод 20% пере регулювання, другий метод Fertik and Sharpe [13].

Метод з 20% пере регулюванням формула (1.2, 1.3).

$$K_p = \frac{0,7 \cdot T}{K \cdot \tau} \quad (1.4)$$

$$T_i = 0,7 \cdot T \quad (1.5)$$

де K_p - коефіцієнт передачі регулятора;

де T_i - час інтегрування;

$$K_p = \frac{0,7 \cdot 8,9}{6,9 \cdot 4,66} = 0,19 \quad \text{кПа/\%РО}$$

$$T_i = 0,7 \cdot 8,9 = 6,23 \quad \text{с}$$

За допомогою програмного забезпечення Simulink виконаємо налаштування Пі-регулятора, змодельуємо одну контурну систему. Параметри настройки регулятора розраховані вище за першим методом з 20% схема наведена на рисунку 2.5, 2.6.

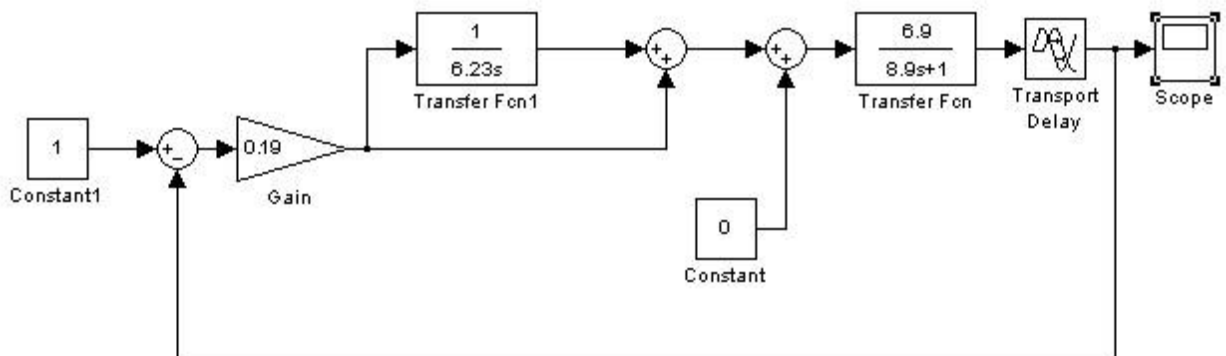


Рисунок 2.5 – Схема САР по каналу «завдання - вихід»

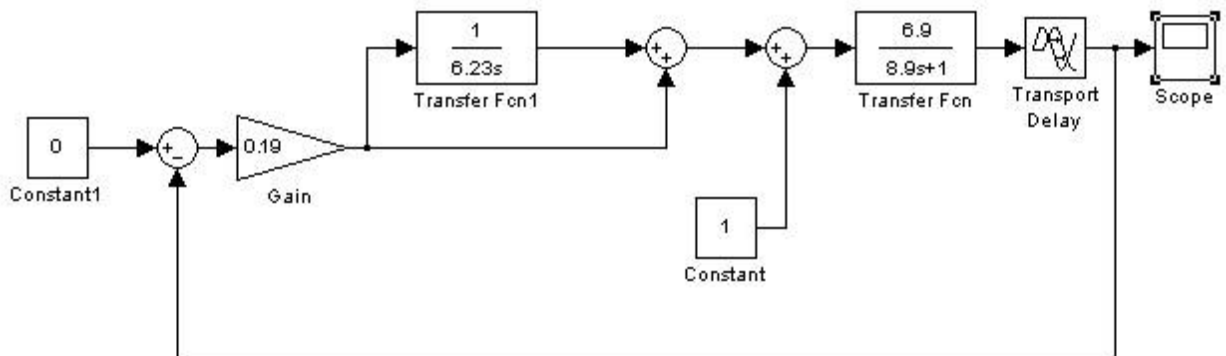


Рисунок 2.6 – Схема САР по каналу «збурення-вихід»

На рисунку 2.7 зображено перехідний процес замкненої САР по каналу «завдання - вихід».

На рисунку 2.8 зображено перехідний процес замкненої САР по каналу «збурення - вихід».

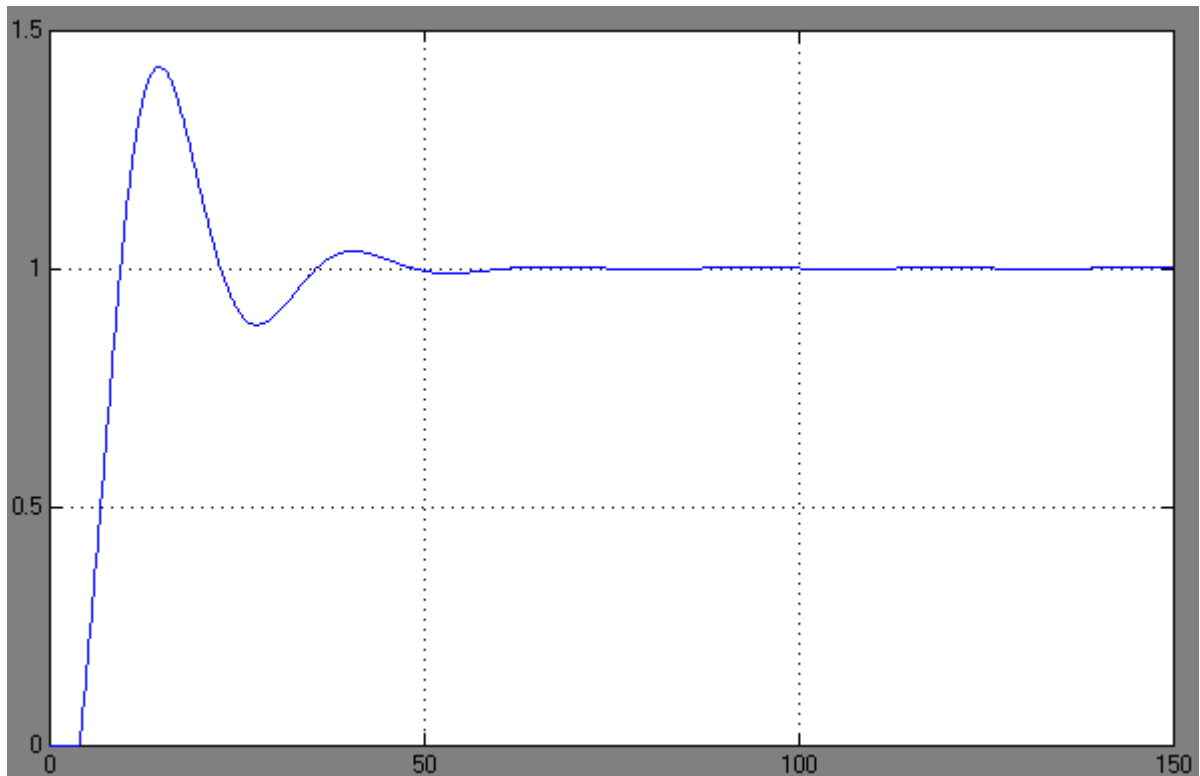


Рисунок 2.7 – Перехідний процес по каналу «завдання - вихід»

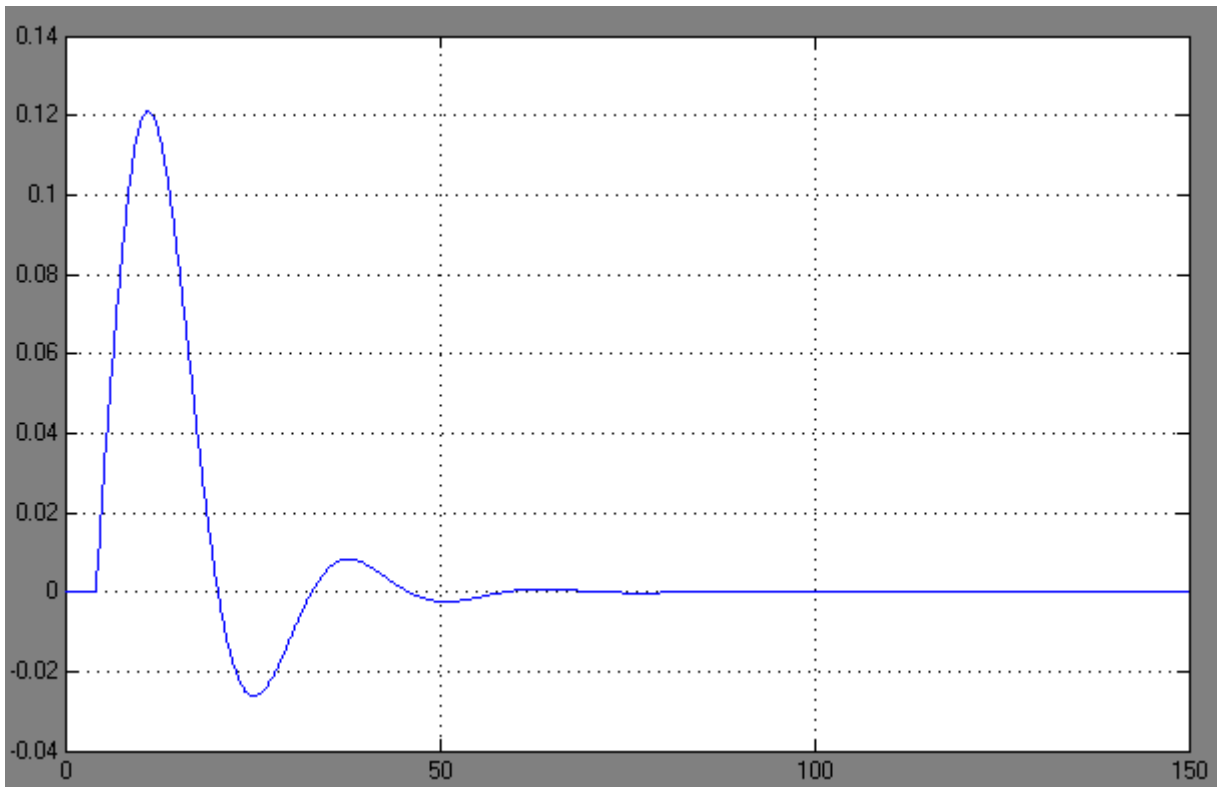


Рисунок 2.8 – Перехідний процес по каналу «збурення - вихід»

Прямі показники якості по першому методу з 20% перерегулюванням зображені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Прямі показники якості

Показник якості	Значення	
	Канал «завдання-вихід»	Канал «збурення-вихід»
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,424	0,121
Ступінь затухання	0,92	0,93
Час регулювання	33,5	17
Перерегулювання,%	42,4	21,5

Метод Fertik and Sharpe формула (2.6, 2.7):

$$K_p = \frac{0,56}{K} \quad (2.6)$$

$$T_i = 0,65 \cdot T \quad (2.7)$$

Підставивши формули коефіцієнт передачі регулятора та час інтегрування (2.6), (2.7), отримаємо:

$$K_p = \frac{0,56}{6,9} = 0,08 \quad \text{кПа/\%РО}$$

$$T_i = 0,65 \cdot 8,9 = 5,78 \quad \text{с}$$

За допомогою програмного забезпечення Simulink виконаємо налаштування Пі-регулятора, змодельємо одну контурну систему. Параметри настройки регулятора розраховані вище за другим методом Fertik and Sharpe схема наведена на рисунку 2.9, 2.10.

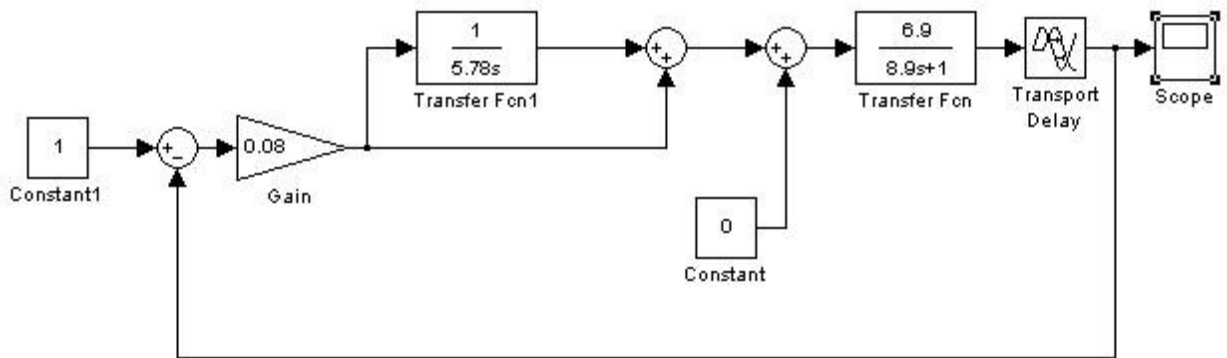


Рисунок 2.9 – Схема САР по каналу «завдання - вихід»

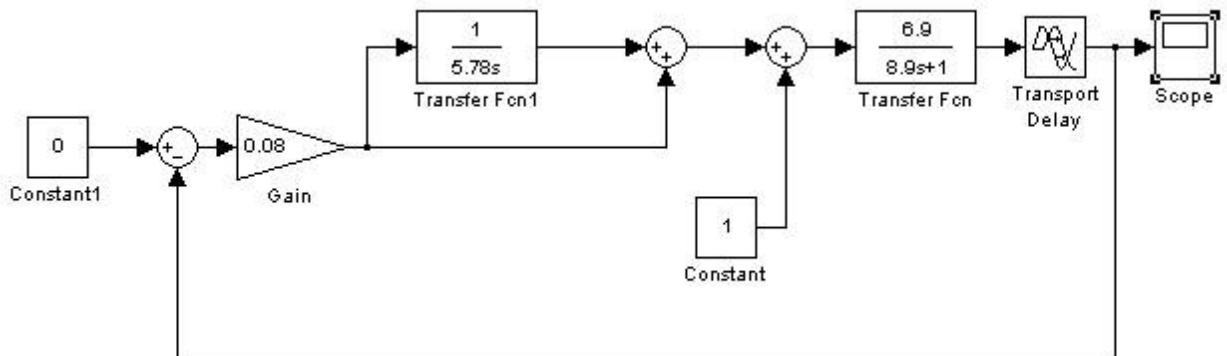


Рисунок 2.10 – Схема САР по каналу «збурення-вихід»

На рисунку 2.11 зображено перехідний процес замкненої САР по каналу «завдання - вихід».

На рисунку 2.12 зображено перехідний процес замкненої САР по каналу «збурення - вихід».

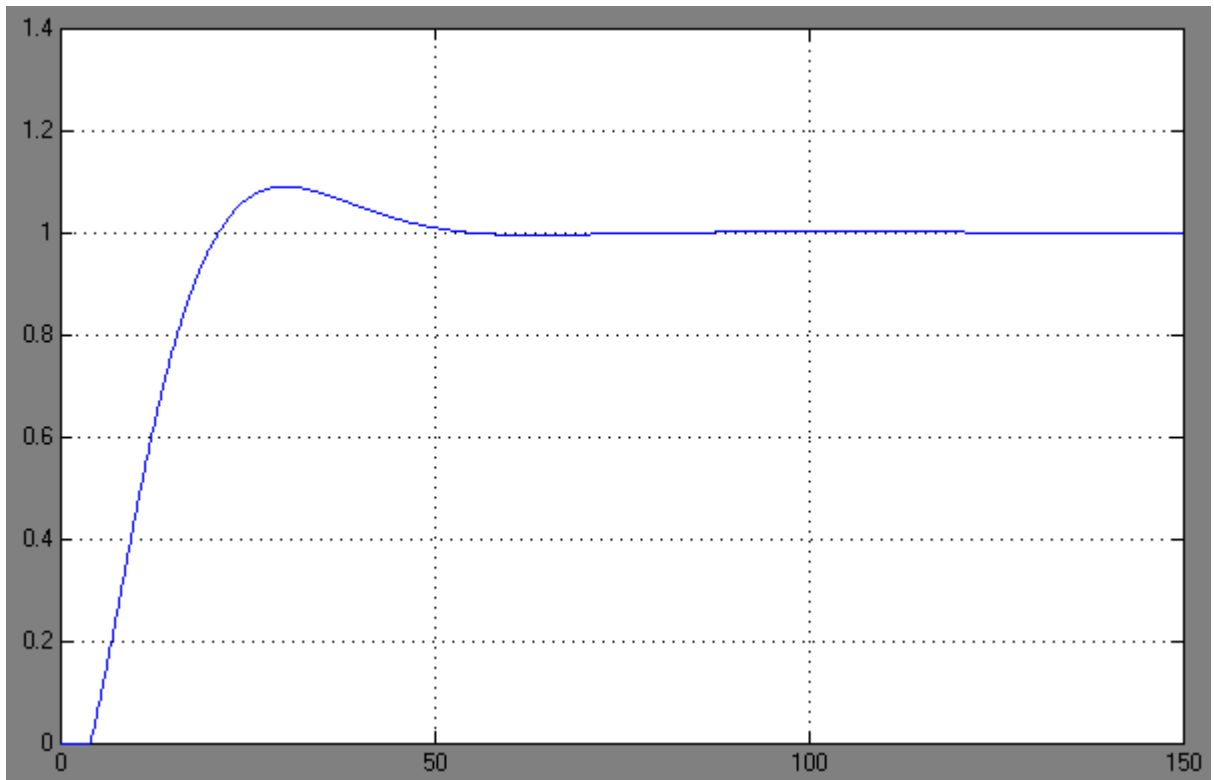


Рисунок 2.11 – Перехідний процес по каналу «завдання - вихід»

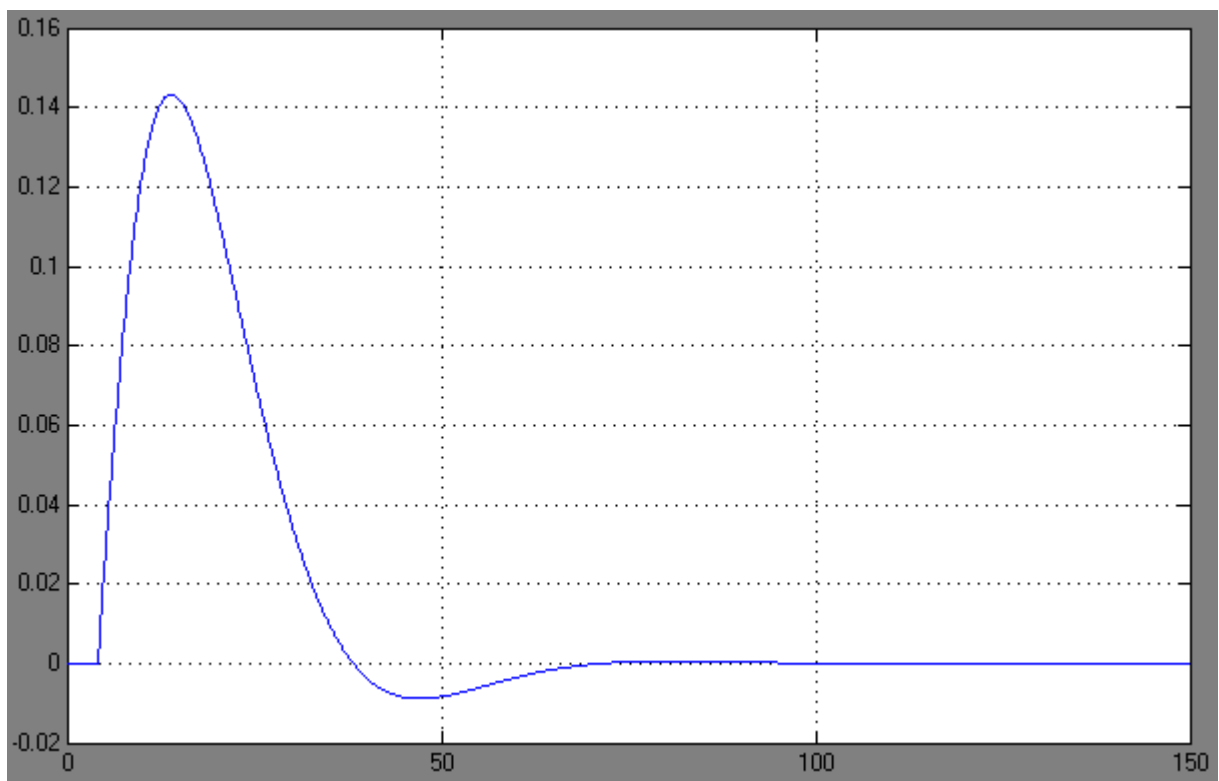


Рисунок 2.12 – Перехідний процес по каналу «збурення - вихід»

Прямі показники якості по методу Fertik and Sharpe зображені в таблиці

2.2.

Таблиця 2.2 Прямі показники якості

Показник якості	Значення	
	Канал «завдання-вихід»	Канал «збурення-вихід»
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,089	0,14
Ступінь затухання	98,7	0,99
Час регулювання	40,2	27,8
Перерегулювання,%	8,9	15,5

Показник якості	Fertik and Sharpe (1979)	
	Канал «завдання- вихід»	Канал «збурення- вихід»
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,089	0,14
Ступінь затухання	0,98	0,99
Час регулювання	40,2	27,8
Перерегулювання,%	8,9	15,5
	З 20% перерегулюванням	
Показник якості	Канал «завдання- вихід»	Канал «збурення- вихід»
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,424	0,121
Ступінь затухання	0,92	0,93
Час регулювання	33,5	17
Перерегулювання,%	42,4	21,5

Найважливішим показником системи є реакція на збурення. У термічних деаераторах головним збуренням виступає витрата пари. З цього слідує, що система зобов'язана управлятись з каналом «збурення - вихід». При порівнянні отриманих значень було обрано налаштовувати регулятор за допомогою Fertik and Sharpe так як він по каналу «збурення - вихід» краще ніж з 20% пере регулюванням, але по каналу завдання - вихід» трохи гірший ніж за «збурення - вихід», але все в межах допустимих правил.

2.3 Функціональна схема автоматизації

Автоматизована система управління (АСУ) – це комплекс технічних і програмних засобів, спільно з організаційними структурами (окремими людьми або колективом), що забезпечує керування об'єктом (комплексом) у виробничій, науковій або суспільному середовищі [14].

Функціональна схема автоматизації демонструє автоматизацію певного процесу на виробництві, показує технічні рішення які використані для автоматизації та розташування технологічного обладнання. Розташування органів управління, приладів та засобів автоматизації виконують за допомогою стандартизованих умовних позначень.

Мета розробки ФСУ – покращення якості керування системою деаерації, яка досягається:

- своєчасним наданням за допомогою АСУ повної і достовірної інформації управлінському персоналу для прийняття рішень;
- застосуванням математичних методів і моделей для прийняття оптимальних рішень.

Крім того, впровадження АСУ зазвичай призводить до вдосконалення організаційних структур і методів управління, більш гнучкою регламентації документообігу та процедур управління, впорядкування використання і створення нормативів, удосконалення організації виробництва. АСУ розрізняють по виконуваних функцій і можливостям інформаційного сервісу [14].

В автоматизованій системі деаерації на аналоговий вхід контролера на позицію 5б подається сигнал по температурі.

Позиція 1а – температура води з ХВО, її параметри необхідно завжди контролювати, бо при зменшенні температури відбувається недогрів води для деаерації, що призведе до погіршення протікання процесу.

Позиція 4а – температура в самому деаераторі, її параметр необхідно контролювати для досягання температури насичення.

Позиція 10а – температура пари, вимірюється для забезпечення відмінної теплової рівноваги пари з водою.

Позиція 3а – температура пари з деаератора, вимірюється для забезпечення теплової рівноваги.

Позиція 5а – регулювання тиску в деаeratorі, сигнал від датчика надходить до контролера. Від його значення, контролер керує виконавчим механізмом Limitorgue MX-20/84, на позиції 5в керує положенням сидельного клапану.

Позиція 9а – регулювання тиску пари яка подається в деаератор, бо при відхиленні значень якої відразу змінюється тиск в об'єкті керування.

Позиція 6а – вимірювання рівня в деаeratorі, він регулюється за рахунок ВМ Limitorgue MX-40/84, позиція 6б, електропривід керує положенням шарового клапану.

Позиція 2а – вимірюється води яка потрапляє для деаерації, витрата води впливає на рівень і протікання деаерації.

Позиція 7а – вимірюється витрати продеаерованої води, для забезпечення надходження потрібної кількості води до парогенератора.

Позиція 8а та – регулювання пари яка надходить до деаераційної колонки, для контролю тиску.

Управляючими функціями є постійний контроль тиску та рівень в деаeratorному баці за допомогою регулюючих механізмів.

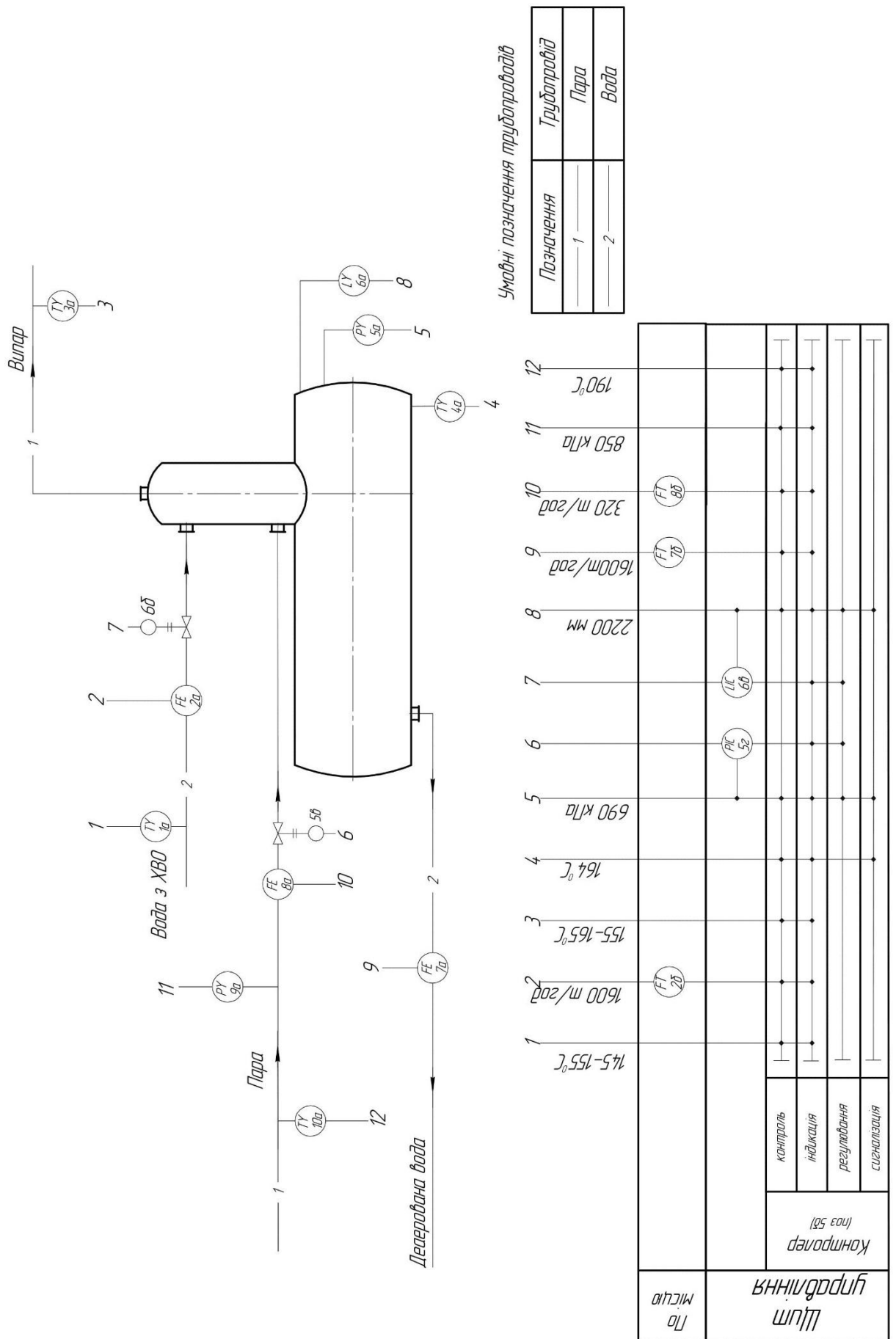


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматизації

2.4 Основні функції АСУ

Функції АСУ поділяють на три види:

- інформаційна;
- керуюча;
- захисна.

Над кожної з цих функцій проводять розрахунок надійності реалізації і після чого визначають надійність АСУ [15]. Із заданими значеннями порівнюють значення отримані під час розрахунку і якщо результати різні то деякі елементи резервують.

Інформаційна включає отримання інформації, обробку та передачу інформації персоналу або поза системою про стан технологічного об'єкта управління або зовнішнього середовища (сигнали від датчиків, відображення ходу процесу за допомогою мнемосхем, вивід сигналів на виконавчу апаратуру, аларми, архіви, обмін даними між рівнями АСУ) [15].

Інформаційна функція забезпечує такі показники надійності: імовірність безвідмовної роботи за певний (заданий) період часу $P(\tau)$ – де τ це час, за який функція працює безвідмовно і середній час напрацювання на відмову $T_{\text{сер}}$, [год]. Під час відмови інформаційної функції, дані які на ній знаходяться зникають і навіть під час оновленні інформаційної функції, данні не може бути повернені. З цього слідує що до функції необхідно ставити жорсткі вимоги.

Керуюча – це функція управління технологічним процесом, що включає отримання інформації про стан технологічного об'єкта управління, оцінку інформації, вибір керуючих впливів і їх реалізацію.

Керуюча функція забезпечує крім імовірності безвідказної роботи, але ще імовірністю відновлення працездатності $P_b(\tau)$. Загалом ці параметри керуючої функції складають імовірність безвідказної роботи. Ставлення до керуючої функції більш пом'якшено, ніж до інформаційної. При відмові керуючої функції оператор має можливість власноруч керувати об'єктом управління, але не з такою точність як раніше.

Захисна функція використовується під час аварії, у період між аваріями захисна функція не використовується, вона не повинна впливати на роботу системи. До захисної функції ставляться більш жорсткі вимоги ніж до інших, так як вона застосовується тільки в аваріях. До функції відносять: імовірність безвідмовної роботи за певний проміжок часу τ при забезпечення виконання очікуваної задачі $P_{оч}(\tau)$, коефіцієнт готовності $K_{гот}$ і середній час напрацювання на відмову.

Функції автоматизованої системи інформаційна, керуюча та захисна, зобов'язані відповідати таким значенням: коефіцієнт готовності зобов'язаний бути більшим за 0,998 або дорівнювати; середній час на відновлення зобов'язаний бути меншим 4 год; середній час напрацювання на відмову зобов'язаний бути більше 1000 год.

Для того щоб забезпечити якісну роботу деаератора необхідно задатися певними вимогами щодо точності вимірювальних та регульованих параметрів технологічного процесу.

У деаeratorі регулювання тиску виконується за допомогою витрати пари, яка потрапляє у деаераційну колону з відбору турбіни, тому тиск залежить від відсотку відкритості РО. Задамося значенням тиску в деаeratorі з точністю до 5 кПа, для того щоб процес деаерації був ще кращим, так як деаерація дуже сильно залежить від значення тиску.

Рівень води регулюється за допомогою витрати води, що надходить до деаераційної колони з ХВО. Рівень води необхідно підтримувати в межах 100 мм від початкового для забезпечення 3 хвилин роботи без подачі води, тому точність вимірювання рівня води повинна бути більшою за 100 мм.

Під час процесу деаерації важливими параметрами протікання процесу деаерації є температура води, тиск та температура пари, потрібно їх підтримувати в певному діапазоні, для забезпечення якісного процесу. Тиск і температура пари яка подається до колони не повинна бути меншою – 145 °С та тиск 800 кПа, а точність температури води яка надходить в деаerator, не менша за 3 °С.

Також проводиться керування температури випару, яка повинна бути не більшою за 5 °С.

Необхідно виконати та налаштувати протікання процесу, щоб витратна характеристика РО була майже лінійною.

2.5 Програмна і апаратна платформа АСУ

Розроблена система процесу деаерації є дворівневою. На нижньому рівні розташовується контролер, запропоновано використовувати контролер ОВЕН ПЛК 100 [16]. Верхній рівень супервізорний, у якості супервізора виступає HMI/SCADA – це система яка виконана за допомогою програми InTouch.

SCADA InTouch виконує функції:

- обмін даними з контролерами;
- побудова та вивід на екран оператора різної складності мнемосхеми;
- ведення алармів;
- ведення архівів;
- відображення трендів;
- створення таблиць, трендів, діаграм;
- створення авторизованого доступу.

Процес деаерації буде регулюватись контролером Овен ПЛК-100. ОВЕН ПЛК100 – моноблочний програмований контролер з дискретними входами і виходами, призначений для побудови систем контролю та управління технологічними об'єктами на малих і середніх об'єктах, а також реалізації систем диспетчеризації [16].

Переваги ПЛК-100:

- точність;
- логіка роботи;
- декілька інтерфейсів обміну;
- підключення зовнішніх модулів [16].

Програмування контролера виконується за допомогою CoDeSys (Controller Development System) – це найпопулярніший в світі апаратно незалежний комплекс

для прикладного програмування ПЛК та вбудованих контролерів. Основним його компонентом є середовище програмування на мовах стандарту МЕК 61131-3. Комплекс працює на комп'ютері. Програми компілюються в машинний код і завантажуються в контролер. Будь-яке завдання, яка має рішення у вигляді програми, можна реалізувати в CoDeSys [10].

Мов зі стандарту МЕК існує 5:

- це мова IL – мова інструкцій, нагадує Assembler;
- ST – дуже нагадує мову програмування C;
- LD – релейні схеми, дуже зручно для електриків;
- FBD – графічна мова, зручний для електронників;
- SFC – структурний мову, зручний для покрокового програмування.

Після підключення до контролера, програмування в CoDeSys виконується в режим відладки. У режимі відладки є моніторинг даних, фіксація змінних, оновлення коду, точки зупинки, контроль виконання процесу, графічне трасування.

3 Проектування АСУ

3.1 Структура програмно-технічного комплексу

АСУ процесу деаерації другого контуру дворівнева. На верхньому рівні знаходиться SCADA-система, у проекті використано сучасну систему InTouch. На нижньому рівні контролер марки ОВЕН, модель вибрано з урахуванням потребностей ПЛК 100. Контролер Овен вільно програмований, тому його використовують у багатьох сферах виробництва. Він складається з процесорного модуля, має три інтерфейси обміну, модулі вводу (4 аналогових входів і 4 дискретних) і модулі виводу (4 аналогових виходів і 4 дискретних). Потрібно забезпечити достатню кількість аналогових входів, тому додаємо до контролера модуль ОВЕН МВА8[16]. Нижній рівень забезпечує постійне регулювання технологічними параметрами. У даній автоматизованій системі програмне забезпечення дещо просте, тому за бажанням його можна ускладнювати. Контролер це багатопроцесорний пристрій, який працює в реальному часі. В АСУ необхідно забезпечувати багатозадачність й обробку переривань. В АСУТП, яка має два рівні, SCADA не виконує функцію регулювання. Функція регулювання буде забезпечуватись контролерами. SCADA-система формує завдання для контролера, також система забезпечує функцію людино-машинного інтерфейсу.

Синхронізація управління процесом відбувається за допомогою взаємодії контролерів один з одним, це забезпечує дворівнева АСУТП. Синхронізація призводить до зростання ефективності АСУ і ККД виробничого процесу. Схема програмно-технічного комплексу у деаераторі показана на рис. 3.1.

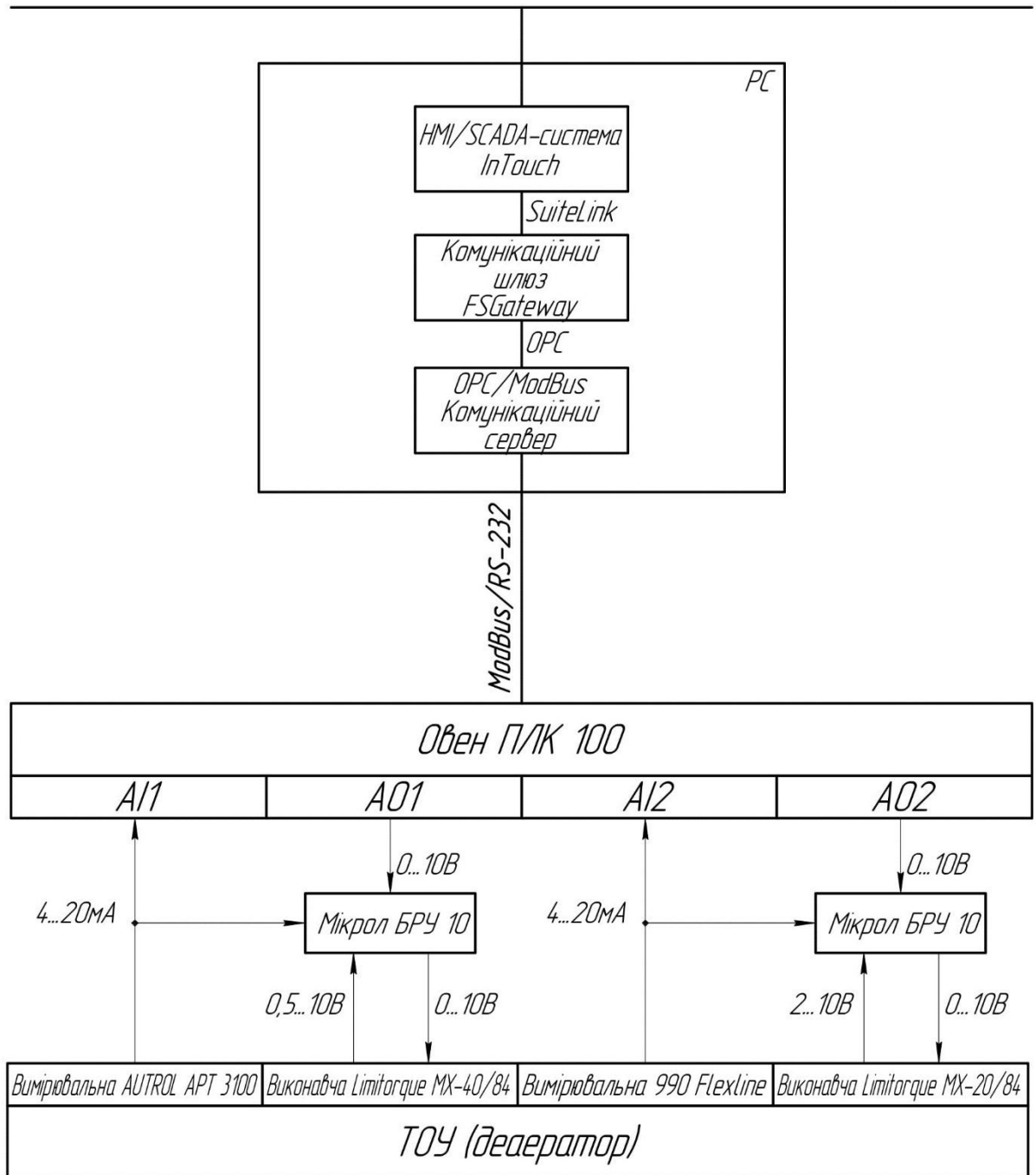


Рисунок 3.1 – Структурна схема програмно-технічного комплексу

- AI1, AI2 – аналогові входи на які потрапляє сигнал від датчика тиску AUTROL APT3100 та сигнал датчика рівня 990 FlexLine.
- AO1, AO2 – аналогові виходи, з яких іде керуюча команда на приводи клапанів Limitorque MX-40/84 та Limitorque MX-20/84 [19].

3.2 Виконавча апаратура

У даній роботі використано виконавчі маханізми з регулюючими органами. Функцію виконавчих механізмів забезпечують електроприводи Limitorque серія Accutronix MX, вони забезпечують управління шаровими і сидельними клапанами.

Приводи серії Limitorque MX задовольняють всім запитам споживачів завдяки своїй досконалої конструкції, що забезпечує їх простоту введення в експлуатацію та економічність при роботі. Новітня технологія Limitorque робить приводи цієї серії дуже надійними і керованими, ергономічними і повністю відповідними виробничому середовищі, в якій людина відчуває себе комфортно, завдяки простоті конструкції і швидкості їх установки [19].

Двигун приводу серії MX забезпечений електро і термоізоляцією з класом захисту F. Цей двигун спеціально розроблений для приводів клапанів, і характеризується високим стартовим крутним моментом і низьким моментом інерції, виключає пере регулювання клапана. В якості додаткова опція передбачена можливість комплектації приводу двигунами з класом захисту H [19].

З'єднання редуктора з електродвигуном дозволяє, в разі необхідності технічного обслуговування, ремонту або перевірки, демонтувати електродвигун в зборі.

Приводи серії MX обладнані пристроєм контролю ланцюга LimiGuard™, яке призначене для захисту двигуна від простоїв і поломок. Система захисту LimiGuard складається зі спеціальної електричної схеми, постійно стежить за пускателем двигуна, керуючими реле, вбудованими логічними схемами і зовнішніми керуючими сигналами, тим самим, відстежуючи виникнення аварійних умов. Контрольна схема також забезпечена функцією самодіагностики, доповненої аналізатором частотних характеристик (АЧХ), і призначеним для діагностичного обслуговування на предмет можливих збоїв в роботі. Час повного ходу 90 с. Час ходу штока 35 с.

Сидельний клапан, який встановлюють в паропровід і шаровий кран, який встановлюють на водопровід використовують як регулюючі органи.

3.3 Технологічний контроль

У даній системі керування деаератором вимірюються параметри:

- Рівень води в деаераторному баці;
- Витрата.
- Тиск
- Температура

Рівень у деаераторному баці вимірюється за рахунок радарних рівнемірів 990 FlexLine, які задають новий рівень точності і гнучкості управління резервуарними запасами. SmartRadar FlexLine забезпечує надвисокий рівень показників роботи з класом точності 3 мм, великий діапазон вимірювання рівня 500...40000 мм та вихідним уніфікованим сигналом 4...20 мА. FlexLine сертифікований TÜV для використання в додатках SIL (Safety Integrity Level). Це означає, що рівнемір може бути включений в контури захисту від переливу і витоків [24].

Тиск у деаераторі визначається за рахунок датчиків надлишкового тиску AUTROL APT3100 це надійний і високоефективний прилад, що володіє широким діапазоном вимірювань і набором функцій, таких як автоматична компенсація впливу змін температури навколишнього середовища, постійна самодіагностика і можливість використання декількох протоколів зв'язку, які в сукупності з привабливою ціною роблять даний прилад оптимальним рішенням широкого спектра прикладних задач (вимір абсолютного, надлишкового, диференціального тиску і рівня). Клас точності становить 0,1; діапазон тиску 0,001...10 МПа; та вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА [21].

Температура конденсату який надходить в деаератор, вода в самому деаераторі, температура випару та температура пари яка подається в деаератор вимірюється за рахунок інтелектуального датчика температури AUTROL APT2100 - це надійний і високоефективний прилад, володіє широким діапазоном вимірювань і набором функцій, таких як автоматична компенсація впливу змін температури навколишнього середовища, постійна самодіагностика і можливість використання декількох протоколів зв'язку, які в сукупності з привабливою ціною роблять даний прилад оптимальним рішенням широкого спектра прикладних

задач. Тип вихідного сигналу $4 \sim 20\text{mA}$ (аналоговий), клас точності $\pm 0,3 \%$, діапазон вимірювання $-200 \dots 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ [20].

Вимірювання витрати води з деаератора, витрата води яка іде на деаерацію та витрата пари, яка надходить у простір баку, вимірюється за рахунок витратомірів Rosemount 3051SFC на базі діафрагм Rosemount 405. Витратоміри на базі діафрагм Rosemount серії 405 призначені для вимірювання витрати рідини, газів, пари і передачі отриманої інформації для технологічних цілей і обліково-розрахункових операцій. Основні переваги: інтегральна конструкція витратоміра виключає потребу в імпульсних лініях і додаткових пристроях, скорочує кількість потенційних місць витоків середовища; мінімальна довжина прямолінійних ділянок трубопроводу 2 Ду до і 5 Ду після місця установки витратоміра на базі діафрагми Rosemount 405С (Стабілізуючою) значно спрощує монтаж і скорочує витрати; багатопараметричний перетворювач 3051SMV в складі витратомірів забезпечує обчислення миттєвої масової витрати рідини, пара, газу або об'ємної витрати газу, зведеного до стандартних умовами. Клас точності складає $\pm 0,7 \%$, тиск в трубопроводі до 10 МПа, вихідний уніфікований сигнал 4.. 20 мА [25].

Усі елементи підключені до контролеру ПЛК 100, який обмінюється отриманими значеннями з ПК по інтерфейсу RS232.

3.4 Програмований логічний контролер

При розробці автоматизованої системи необхідно використовувати контролер, тому виконаємо підбір необхідного нам контролера, який буде задовольняти наші вимоги (табл. 3.1).

Програмований логічний контролер (ПЛК) – це спеціалізований міні комп'ютер який використовують для створення автоматизованої системи управління технологічних процесів. Головним режимом роботи є тривале автономне використання. Працює у системах реального часу. До ПЛК підключають датчики, регулюючі органи, у процесорний модуль загрузають логіку управління системою [11].

Таблиця 3.1. Порівняння параметрів контролерів

Технічна характеристика	Контролер		
	Schneider Modicon M238	ОВЕН ПЛК 100	Siemens Simatic S7-300
Інтерфейси обміну	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-485, Ethernet
Мови програмування	GX FX	FBD, LD, ST, IL, SFC	STL, FBD, LAD
Точність перетворення	0,5	0,5	0,5
Тип контролера	Моноблок	Моноблок	Слотовий
Модулі розширення	TM2, ModBus и CANopen	RS-485	RS-485 і додаткові слоти
Ціна, грн	9500	5739	15600

У даній таблиці порівнюються 3 ПЛК, які ми можемо використати у даній СКАДА системі. Було обрано контролер ОВЕН-100.

Siemens пропонує надійні контролери, що відповідають різним вимогам, пред'являються до систем автоматизації. В модельний ряд контролерів SIMATIC входять базові контролери, контролери з підтримкою розширеного набору функцій, периферійні та програмні контролери, які дозволяють отримувати вражаючу масштабованість рішень і вбудоване підтримку своїх функцій [22].

Програмований логічний контролер SIMATIC S7-300 – призначений для побудови систем автоматизації середньої ступеня складності. Модульна конструкція контролера S7-300, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, високу зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість

отримання оптимальних рішень для побудови систем автоматичного управління технологічними процесами в різних областях промислового виробництва [22].

Використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гама модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів підвищує ефективність застосування контролерів SIMATIC S7-300 [22].

Контролери з серії Modicon M238 від виробника Schneider Electric дозволяють оптимізувати архітектуру промислового обладнання. Вони відрізняються оптимальним співвідношенням вартості і продуктивності, мають набір розширених вбудованих функцій, службовців для відстеження осі (функціональні блоки додатків, вихід для групи РТО-імпульсів, швидкодіючий лічильник). Пристрої Modicon M238 дозволяють адаптувати конфігурацію системи до конкретних потреб користувачів. Вони мають інтегрований USB-порт для здійснення програмування, прості в налаштуванні і введенні в експлуатацію. Передбачена також функція Flexible Machine Control, що забезпечує гнучке управління промисловим обладнанням [23].

Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК100 призначений для створення систем автоматизованого управління технологічним обладнанням в енергетиці, на ж/д транспорті, в різних галузях промисловості, житлово-комунального та сільського господарства, на небезпечних виробничих об'єктах [16].

Промислові програмовані логічні контролери ОВЕН (ОВЕН ПЛК) виконані відповідно до європейських стандартів і не поступаються за своїми технічними характеристиками, продуктивності, надійності і якості виконання, а також кількості додаткових функцій аналогам провідних світових виробників [16].

Обирання контролера було за співвідношенням якості і ціна, тому було обрано контролер ОВЕН.

3.5 Монтаж засобів автоматизації

Позиції 1а, 2а, 3а, 11а – термоперетворювачі опору, встановлення відбувається на трубопровід, за допомогою вкручування в різьбове з'єднання, чутливий елемент занурюють в трубопровід.

Позиція 5а – термоперетворювач опору, встановлюється безпосередньо в бак деаератор за допомогою різьбового з'єднання.

Позиція 10а, 13а, 6а – датчики тиску, встановлюються на трубопровід та баку за допомогою кронштейнів.

Позиція 7а – перетворювач рівня, розташовується безпосередньо зверху бака деаератора.

Позиція 4а, 8а, 9а, 12а, 14а – діафрагми для вимірювання витрати води та пари, з витратомірами (позначення 4б, 8б, 9б, 12б, 14б). За допомогою фланців діафрагма з'єднується з трубопроводом.

Позиція 6в – ВМ разом із сідельним клапаном. Виконавчий механізм з'єднується з сідельним клапаном з допомогою хомута який кріпиться до шийки клапана. Електропривід з'єднується на шийці клапана, інший електропривід кріпиться за допомогою одного гвинта на шаровий клапан (позиція 7б).

3.6 Розрахунок виконавчого каналу

3.6.1 Розрахунок РО

Для розрахунку регулюючого органу необхідно підібрати тип та розмір регулюючого органу, це означає що необхідно вибрати регулюючий орган (РО) заслінка чи клапан і визначити діаметр умовного проходу регулюючого органу. За допомогою пропускної здатності ми можемо розрахувати типорозмір регулюючого органу за формулою (3.1).

$$K_{vy} = \frac{G_{max}}{\sqrt{\Delta P_{PO} \cdot \gamma}} \quad (3.1)$$

де K_{vy} (м³/год) – пропускна здатність регулюючого органу;

G_{max} (т/год) – максимальна витрата через регулюючий орган;

ΔP_{PO} (атм) – мінімальний перепад тиску на відкритому регулюючому органі;

γ (г/см³) – щільність речовини, яка проходить через регулюючий орган [17].

Задаємо параметри:

$$G_{\max} = 517 \text{ т/год};$$

$$\Delta P_{PO} = 3 \text{ атм};$$

$$\gamma = 0.003258 \text{ г/см}^3$$

Для розрахунку розміру РО підставимо величини у формулу (3.1):

$$K_{vy} = \frac{517}{\sqrt{3 \cdot 0.003258}} = 5232,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для регулюючого органу було обрано сідельний клапан. За відомою таблицею з методичних вказівок, знайдемо умовний діаметр, за знайденою пропускною здатністю. Необхідно вибрати такий РО, щоб знайдене значення пропускної здатності було не більше табличного (з певним запасом):

$$K_{vy\text{табл}} \geq (1,2 \dots 1,5) \cdot K_{vy\text{табл}} \quad (3.2)$$

$$K_{vy\text{табл}} \geq 2424,8$$

Із отриманих значень пропускної здатності з формул 3.1 та 3.2 обираємо необхідний нам РО. Було обрано сідельний клапан **VFM2-300-630**, що виготовляє компанія **Danfoss**. Діаметр номінальний сідельного клапана **350**, номінальна витрата **517 т/год**.

3.6.2 Тип і модель виконавчого механізму

Необхідно для сідельного клапану розрахувати момент на валу виконавчого механізму. Виконаємо розрахунки за допомогою формул (3.3, 3.4, 3.5)

$$M = K \cdot (M_p + M_T) \quad (3.3)$$

$$M_p = 0,07 \cdot \Delta P_{PO} \cdot D_y^3 \quad (3.4)$$

$$M_T = 0,785 \cdot D_y^2 \cdot p_1 \cdot r_m \cdot \lambda_1 \quad (3.5)$$

де M_p , H_m – реактивний момент, який створюється при прагненні потоку відкрити клапан;

M_T , H_m – момент тертя у опорах;

D_y , см – діаметр умовного проходу;

ΔP_{PO} , атм – найменший перепад при мінімальній витраті ($\Delta P_{PO} \approx p_1$);

p_1 , атм – надлишковий тиск перед клапаном;

r_m – радіус шийки валу на клапані (2-3) см;

$\lambda = 15$ – коефіцієнт тертя на опорах;

$K = 3-2$ – коефіцієнт, що враховує забрудненість трубопроводів і затяжку сельсинів.

$$M = 2 \cdot (900.3 + 4415.6) = 10631,8 \text{ Нм}$$

$$M_p = 0,07 \cdot 3 \cdot 35^3 = 900.3 \text{ Нм}$$

$$M_T = 0,785 \cdot 25^2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 15 = 4415.6 \text{ Нм}$$

Після отриманих параметрів регулюючого органу та параметрів швидкості АСР, обираємо необхідний нам виконавчий механізм, електропривід компанії Limitirque. Електропривід Limitirque повністю задовольняє наші вимоги і має час повного ходу – 35 секунд, хід штоку – 40 мм та номінальний момент на валу виконавчого механізму становить 12000 Нм.

3.7 Розрахунок вимірювального каналу

Система автоматичного регулювання тиску в самому деаераторі має ВК – датчик тиску виходить на контролер. Структурна схема зображена на рисунку 3.2.

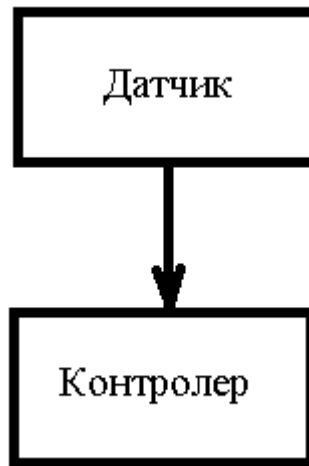


Рисунок – 3.2 Вимірювальний канал

Для елемента ВК визначимо точність, діапазон виміру значень і занесемо значення в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Елементи ВК

Виконавчий механізм	Тип	Клас точності	Діапазон вимірювання
Перетворювач надлишкового тиску	AUTROL АРТ3100	0,1	(15...1500) кПа
Контролер	ПЛК 100		

При роботі контролера, його максимальна можлива похибка може скласти 0,5. Прийmemo похибку ВК.

Для ВК максимальна похибка складає: $\Delta_{BK}^{\max} = 30 \text{ кПа}$.

Визначимо абсолютну похибку ВК, яка розраховується, формула (3.6).

$$\Delta_{BK} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2} \quad (3.6)$$

де Δ_i - абсолютна похибка i -го елемента ВК.

Розрахунок абсолютної похибки елементів ВК за класом точності виконуємо за формулою (3.7).

$$\Delta_i = \varepsilon_i \cdot \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{100} \quad (3.7)$$

Де ε_i – клас точності i -го елемента;

$(X_{\max} - X_{\min})$ – діапазон вимірювання.

Виконаємо розрахунки абсолютних похибок елементів вимірювання:

$$\Delta_i = 0,1 \cdot \frac{(1500 - 15)}{100} = 1.485 \text{ кПа}$$

$$\Delta_i = 0,5 \cdot \frac{(1500 - 100)}{100} = 29.7 \text{ кПа}$$

Виконаємо розрахунок абсолютної похибки вимірювального каналу за формулою (3.6):

$$\Delta_{\text{вк}} = \sqrt{(1.485)^2 + (29.7)^2} = 0.46 \text{ кПа}$$

При урахуванні абсолютної похибки ВК можемо записати, що дійсне значення тиску складає:

$$X_{\text{д}} = (850 \pm 29,7) \text{ кПа}$$

Можемо стверджувати, що дійсне значення тиску знаходиться в межах:

$$820,3 \text{ кПа} < X_{\text{д}} < 879,7 \text{ кПа}$$

Максимальна абсолютна похибка для ВК з сигналом по тиску в деаераторі становить 10кПа, можемо стверджувати, що за результатами розрахунку отримані значення ВК вдовольняють вимогам по точності ($29.7 \text{ кПа} < 30 \text{ кПа}$). З цього слідує що комплектація ВК задовільна.

3.8 Розрахунок надійності функціонування АСУ

Для виконання розрахунку по надійності системи автоматичного регулювання виділяємо певні функції:

- інформаційну;
- регулюючу;
- захисну.

Створимо структурні схеми надійності системи автоматичного регулювання по тиску. Структурні схеми з надійності елементи з'єднуються послідовно [18]. При відмові хоча б одного з елементів відмова виконується на всій функції.

Схеми з надійності виконуючих АСР представлені на рисунку 3.3, 3.4.

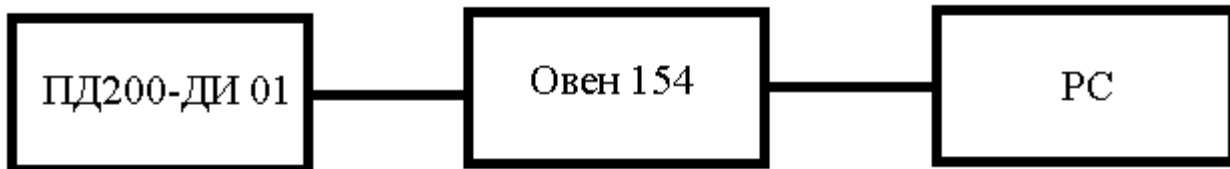


Рисунок – 3.3 Схема інформаційної функції



Рисунок – 3.4 Схема регулюючої функції

Захисної функції системи автоматичного регулювання не виконує.

Елементи схеми з надійності охарактеризуємо інтенсивністю потоку відмов λ (1/год), характеризує середню кількість відмов за одну годину або середній час напрацювання на відмову $T_{сер}$ (год), розраховується за формулою 3.8.

$$T_{сер} = \frac{1}{\lambda} \quad (3.8)$$

Значення λ_i знаходимо в таблиці 3.2.

Таблиця.3.2 Значення інтенсивності потоку відмов

Елемент	$\lambda * 10^{-6}$ 1/год
Перетворювач надлишкового тиску	13
Деталі кріпильного монтажу	0,015
Реєстратор показів на РС	8,3
Контролер ПЛК 100	10
Електропривід Limitorque MX	13,5

Надійність АСУ ТП характеризуємо показниками:

- середнім напрацюванням на відмову $T_{сер}$;
- середнім часом відновлення T_B ;
- коефіцієнтом готовності $K_{гот}$ [17].

Надійність виконання функцій АСУ ТП повинна відповідати певним вимогам:

$$T_{сер} > 1000 \text{ год};$$

$$T_B < 4 \text{ год};$$

$$K_{гот} > 0,998.$$

Інформаційна функція має найменші жорсткі вимоги. Надійність виконання інформаційної функції характеризується параметром $T_{сер}$. $T_{сер}$ розраховуємо за формулою (3.9).

$$T_{сер} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (3.9)$$

λ_i - інтенсивність потоку відмов i -го елемента;

n – кількість елементів у схемі.

Імовірність безвідмовної роботи $P(\tau)$ за час τ визначається за формулою (3.10)

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-\frac{\tau}{T_{сер}}} \quad (3.10)$$

Регулююча функція має жорсткіші вимоги ніж інформаційна функція. Надійність регулюючої функції характеризується $T_{сер}$ та T_B .

Надійність керуючої функції характеризується імовірністю безвідмовної роботи за час τ з урахуванням відновлення, розраховується за формулою (3.11).

$$P_c(\tau) = P(\tau) + [1 - P(\tau)] \cdot P_B(\tau) \quad (3.11)$$

Імовірність поновлення роботи визначається за формулою (4.12).

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-\frac{T_{доп}}{T_B}}$$

де $T_{доп}$ – допустимий час функціонування об'єкта при невиконанні цієї функції АСУТП.

Захисна функція має найжорсткіші вимоги до функціонування. Надійність захисної функції характеризується коефіцієнтом готовності, визначається за формулою (4.13).

$$K_{\text{гом}} = \frac{T_{\text{сер}}}{T_{\text{сер}} + T_B} \quad (3.13)$$

Для захисної функції розраховуємо імовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі $P_{\text{оч}}(\tau)$ за формулою (3.14).

$$P_{\text{оч}}(\tau) = K_{\text{гом}} \cdot P(\tau) \quad (3.14)$$

Приймаємо:

$$\tau = 720 \text{ год};$$

$$T_B = 2 \text{ год};$$

$$T_{\text{доп}} = 3 \text{ год}.$$

За допомогою формул (3.9-3.12) розрахуємо надійність інформаційної та регулюючої функції.

Розрахунок інформаційної функції

Середнє напрацювання на відмову $T_{\text{сер}}$:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{(13 + 10 + 8.3) \cdot 10^{-6}} = 31949 \text{ год}$$

Імовірність безвідмовної роботи $P(\tau)$:

$$P(\tau) = e^{-\frac{720}{31949}} = 0,977$$

Для інформаційної функції:

$$T_{\text{сер}} = 31949 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,977.$$

Розрахунок регулюючої функції

Середнє напрацювання на відмову $T_{\text{сер}}$:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{(13 + 10 + 13,5 + 0,015) \cdot 10^{-6}} = 27386 \text{ год}$$

Імовірність безвідмовної роботи $P(\tau)$:

$$P(\tau) = e^{-\frac{720}{27386}} = 0,974$$

Імовірність відновлення працездатності $P_B(\tau)$:

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-\frac{3}{2}} = 0,777$$

Імовірність безвідмовної роботи за час τ з урахуванням відновлення $P_c(\tau)$:

$$P_c(\tau) = 0,974 + [1 - 0,974] \cdot 0,777 = 0,994$$

Для керуючої функції:

$$T_{\text{сер}} = 27386 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,974;$$

$$P_c(\tau) = 0,994$$

За допомогою методичних довідників нерівність повинна виконуватись за формулою (3.15).

$$P_{\text{сер}}(\tau) \leq P_{\text{інф}}(\tau) \leq P_{\text{заг}}(\tau) \quad (3.15)$$

З нерівності слідує, що імовірність безвідмовної роботи захисної функції повинна завжди бути дорівнювати або бути більшою, ніж інформаційна та керуюча.

З цього слідує:

$$0,974 \leq 0,977$$

Надійність функцій задовольняє необхідним вимогам розробленої системи автоматичного регулювання, так як нерівність виконується.

4 Створення системи управління

4.1 Середовище InTouch

Головна ціль створення системи автоматизації деаератора це стабілізація значення тиску в деаераторі та стабілізація догріву води до температури насичення. Неякісне виконання цих параметрів призведе до погіршення протікання процесу деаерації, що призведе до неякісної деаерації, за рахунок якої кількість корозійно-активних газів у водо-паровому тракті в рази збільшиться.

Розроблена система управління дворівнева. На верхньому рівні знаходиться Scada-система, при дослідженні Scada-систем найкращою для нашого проекту підійшла скада Intouch компанії Wonderware. Intouch – одна з найпопулярніших scada-систем, це програмне забезпечення яке використовують для контролю протікання технологічних процесів за допомогою людино-машиного інтерфейсу. SCADA це програми які використовують для зібрання, оброблення та відображення даних у реальному часу технологічного процесу.

Сучасний InTouch забезпечує установку програмного забезпечення на операційну систему Windows. Scada-системи сьомого покоління забезпечує взаємодію з різними програмами Wonderware, наприклад тепер можна зв'язувати Intouch з програмою Microsoft Office. InTouch це легла для вивчення скада, забезпечує швидку і ефективну роботу, її легко впровадити у виробничий комплекс для автоматизації процесу.

По всьому світі зустрічається scada-система InTouch, його популярність росте з кожним днем, все більше і більше компаній хочуть отримати цю програму для використання. На даний момент близько 200 000 тисяч пакетів програми встановлено і результати дійсно вражають. Безпека, легкість у використанні, якість роботи дає право бути лідером у світі. Відгуки користувачів, які користуються програмою великий термін, говорять самі за себе, тому було обрано саме цю scada-систему для процесу автоматизації термічного деаератора другого клінтуру на АЕС з ВВЕР-1000.

Scada-система InTouch має різні додаткові модулі. Одні з головних модулів – Статистичний Контроль Процесів (SPC), Управління рецептами (Recipe) і структурована мова Запитів (SQL). Модулі це додаткові функції, вони забезпечують користувача ще більшим можливостями, потребами. Так остання сьома версія забезпечує те, що додатки будуть працювати і на інших версіях.

Додатки, які створені Wonderware InTouch, успішно використовуються в енергетиці та автомобілебудуванні, видобутку і переробці нафти і газу, виробництві продуктів харчування і напівпровідників, в хімічній, фармацевтичній і целюлозно-паперовій промисловості.

Wonderware InTouch для FactorySuite допоможе зберегти час і гроші, забезпечивши гнучким, легким у використанні засобом розробки для створення розподілених додатків з операторським інтерфейсом для користувача в середовищі Microsoft Windows. Wonderware InTouch пропонує розширений набір готових Майстер-об'єктів з індустріальної графікою, які дозволяють розробнику створювати складні і потужні екрани операторського інтерфейсу швидко і легко. InTouch також має потужний мову сценаріїв [28].

Основні завдання InTouch:

- збір сигналів;
- відображення отриманих даних у зручному вигляді для оператора на екрані монітора;
- обмін даними між контролерами;
- контролювання за параметрами технологічного процесу, при аваріях відображення сигналів тривоги, якщо технологічний параметр вийшов за допустимий діапазон;
- введення звітів;
- створення алгоритмів управління;
- побудова графічних мнемосхем.

Генерація звітів.

Scada-система InTouch має два головні компоненти які складають її структуру: середовища розробки і виконання.

За допомогою середовища розробки можемо розробити мнемосхему, прив'язати до засобів вимірювання вхідні і вихідні сигнали, задати параметри засобів вимірювання, розробити алгоритм керування та визначити права користувачів.

Створений додаток у середовищі розробки функціонує в середовищі виконання. Така дія програмування забезпечує відсутність несанкціонованого внесення змін, яка може пошкодити логіку управління. Для забезпечення обміну даними між Scada та апаратурою використовують сервер введення-виведення. Сервер введення-виведення як правило використовують разом з конкретним контролером. Також використовують сервера введення-виведення, для забезпечення обміну даними з великою кількістю контролерів одночасно за допомогою стандартів Modbus, ProfiBus.

Основні відмінності пакета InTouch в порівнянні з іншими програмними продуктами.

Надійність і стійкість в роботі – 9 років розробки і експлуатації більш ніж 200000 встановлених систем на промислових об'єктах.

Простота використання і необмежені можливості для розробника (будь-яке число мнемосхем, необмежена складність алгоритмів і ін.). InTouch використовує стандартні протоколи обміну даними (DDE, OPC, TCP/IP і ін.) [27].

Scada-система гарантує дуже високу швидкість виконання задач, за рахунок механізму. Механізм динамічно керує швидкістю опитування сигналів входу. Опитування можливе тільки після зміни параметра.

Використовується архітектура системи клієнт-сервер, забезпечує ефективну роботу в сети. Система зберігає базу даних на сервері. До системи можемо добавляти компоненти різних організацій, за допомогою підтримки технології OPC і ActiveX

Інтеграція з іншими програмними пакетами фірми Wonderware і простий обмін даними з популярними програмними пакетами для Windows - Microsoft Excel, Microsoft Access, Microsoft Visual Basic та ін.

InTouch має найбільше число серверів вводу-виводу серед інших систем – понад 600.

InTouch має спроможність створення бібліотеки алгоритмів.

Багатозадачне управління (багатопоточне виконання призначених для користувача алгоритмів).

InTouch може працювати з 120000 сигналів і тегів.

Виконує постійний контроль якості сигналів, що надходять з виконавчих механізмів, датчиків і контролерів.

Робота як сервіс Windows NT - функціонування програми не порушується процесом реєстрації користувача в операційній системі.

Засоби мережевої розробки - оновлення додатків на робочих станціях відбувається автоматично шляхом копіювання змін зі станції розробки.

Розподілена система відстеження та реєстрації аварійних ситуацій одночасно підтримує безліч серверів (провайдерів) аварійних ситуацій, що дає можливість операторам бачити інформацію про аварії в багатьох віддалених місцях синхронно [27].

Які переваги дає використання InTouch:

Підвищення ефективності роботи виробництва. Сюди можна віднести як збільшення обсягу випуску продукції, підвищення якості, виробничої дисципліни, так і непрямі витрати - скорочення вартості навчання персоналу, автоматична генерація звітів для керівного складу, спрощення процедур планування і розрахунку техніко-економічних показників. Середнє підвищення економічної ефективності становить від 30 до 70% [27].

Малі терміни впровадження завдяки простоті освоєння і використання коштів розробки. Простота технічного супроводу (вичерпна документація, програми спеціальної підтримки, стандартні курси навчання).

Гарантоване сполучення з будь-якими апаратними засобами, наявними на підприємстві, завдяки великому числу наявних серверів вводу-виводу (понад 600), використання стандартних протоколів обміну і наявності коштів розробки

власних драйверів. Орієнтація на перспективні і популярні комп'ютерні стандарти і платформи (Windows NT, DCOM, OPC, ActiveX і ін.) [27].

Scada і контролери з'єднуються польовими шинами між собою. В InTouch з'єднання з контролером виконується за допомогою OPC-сервера або вбудованим комунікаційним сервером. Ми будемо виконувати з'єднання за допомогою OPC-сервера.

Верхній та нижній рівень з'єднуються за допомогою шини ModBus/Ethernet і по ній відбувається обмін даних між контролером та комп'ютером. У РСТ (робоча станція) використано Windows. Ядро InTouch має протокол SuiteLink – на TCP/IP та протокол DDE – протокол Windows [27].

OPC-сервер протоколів MODBUS призначений для організації інформаційного обміну між пристроями, що підтримують протокол MODBUS (RTU, ASCII, TCP) і програмним забезпеченням верхнього рівня (наприклад, SCADA-система), який розроблено відповідно до специфікації OPC DA.

Як канали зв'язку можливі вибір COM-порту (RS-485, RS-422, RS-232) або мережі TCP/IP для будь-якого з підтримуваних протоколів [27].

В InTouch відсутній OPC-сервер, тому використовуємо Soft – шлюз FSGateway. Шлюз FSGateway – контактує з InTouch – за допомогою протоколу SuiteLink, а з OPC-сервером за допомогою OPC протоколу. На початку запускається сервер FSGateway, який виконує функції клієнта та опитує контролери .

Важливим елементом у SCADA – системі є НМІ, здійснюється за допомогою мнемосхеми. Мнемосхеми мають знаходитись в активному стані. Мнемосхема повинна складатися зі статичних, динамічних, графічних елементів та елементів діалогу з оператором. Елементами можуть бути різні кнопки включення та виключення, поля для вводу та виводу рисунок 4.1.

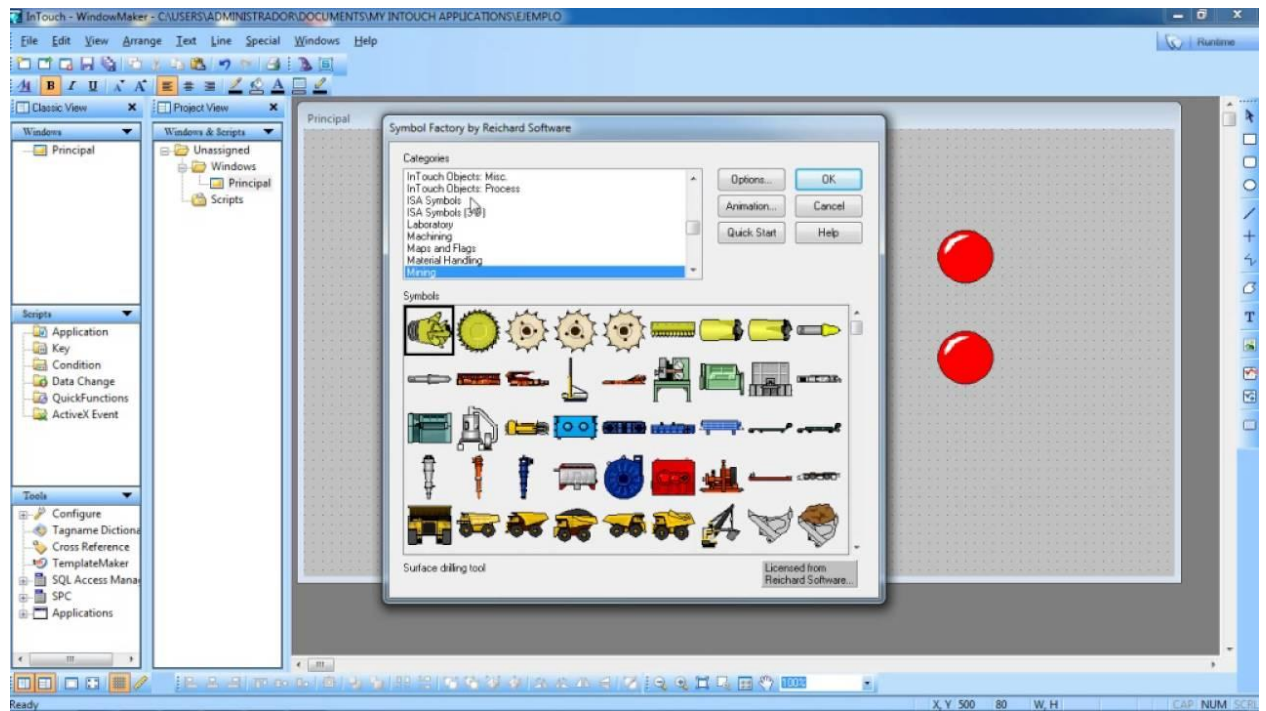


Рисунок 4.1 – Головне вікно Intouch

Елементи можна анімувати: змінювати розмір елемента, колір та інші параметри. Спочатку необхідно створити вікна. Далі необхідно у створені вікна розмістити елементи та їх анімувати. Для кожного графічного елемента доступна певна кількість анімацій. Анімації прив'язують до тегів InTouch, після чого виконується опитування контролерів і вхідні та вихідні параметри об'єкта записуються в теги.

Scada-система InTouch забезпечує вивід важливих елементів системи – алярмів. InTouch має: стандартну і розподілену систему.

Стандартна система алярмів забезпечує вивід інформації про стан системи, при аварійних ситуаціях вивід записів і пояснення подій, яка виникла в додатку.

Розподілена система алярмів збільшує спроможність стандартної до можливостей підтверджувати аварії.

Усі аларми scada-системи зберігаються в базі даних, як правило MS SQL. Оператор за бажанням може подивитись, виконати реєстрацію чи друк інформації по аларми. Аларми пов'язані з аналоговими або логічними змінними. Також ці аларми можемо відображати за допомогою «вьюерів».

InTouch забезпечує архівування дискретних і аналогових параметрів.

Використання оператором графічних елементів технологічного процесу за певний діапазон часу або реальний детальніше для розуміння дає інформацію про технологічний процес. Тому створення трендів реальних так і історичних є важливою частиною системи, у магістерській роботі було створено тренди які відображають значення тиску в деаераторі.

InTouch забезпечує оператора двома типами графіків, в системі їх називають трендами: тренди реального часу (ці тренди завжди в роботі) і історичні (певний період).

Історичні та реальні тренди створюються за допомогою графічних елементів, які знаходяться на панелі в WindowMaker. InTouch дає право повного контролю оператора над трендами. Користувач або оператор може дізнатись діапазон часу, положення певних відміток, визначити кольори, область потрібних значень та інші.

Для отримання звітів, використовуємо передачу зібраних даних в електронну таблицю Excel. Передача поточних даних виконується за допомогою протоколу DDE, а історичних даних за утилітою HistData.

Безпека в InTouch на високому рівні, кожний користувач має свій профіль, для кожного користувача вказаний рівень доступу.

Процес деаерації реалізований в середовищі InTouch, за допомогою мнемосхеми.

4.2 Налаштування регулювання на ПЛК

Для того щоб створити зв'язок між CoDeSys та Intouch необхідно у даній системі автоматизації використовувати наступні програмно технічні засоби.

1. CoDeSys V2.3 + CoDeSys.OPC.02 + PLC WinNT 2.4.7.11
2. Matricon OPC Explorer (для перевірки передачі тегів)
3. Matlab R2011b
4. Orchestra System Management Console
5. Intouch V10.1 [28]

Програмування контролерів ОВЕН ПЛК здійснюється за допомогою системи програмування CoDeSys. CoDeSys – спеціалізована середовище програмування логічних контролерів. Програмування в CoDeSys може виконуватись за

допомогою: IL, ST, LD, FBD, SFC [10]. Програмування контролера ОВЕН ПЛК 100 виконувалось за допомогою мови FBD.

Спочатку створюємо новий проект в CoDeSys і робимо налаштування в ньому регулятора. Для реалізації закону регулювання використовувались функціональні блоки із стандартної бібліотеки Util.libCoDeSys [10].

Для програмування в CoDeSys додаємо блок з параметрами ПІ-регулятором (рис. 4.2). Для елемент-блоку задаємо змінні (параметри). До основних змінних відносяться: час інтегрування та коефіцієнт підсилення регулятора.

У проекті використано ПІ-регулятор. Прийнято час диференціювання нуль. Заданні змінні: завдання (встановлюваного значення) та актуальні змінні (поточні значення параметрів). Виходом блоку є сигнал управління ВМ.

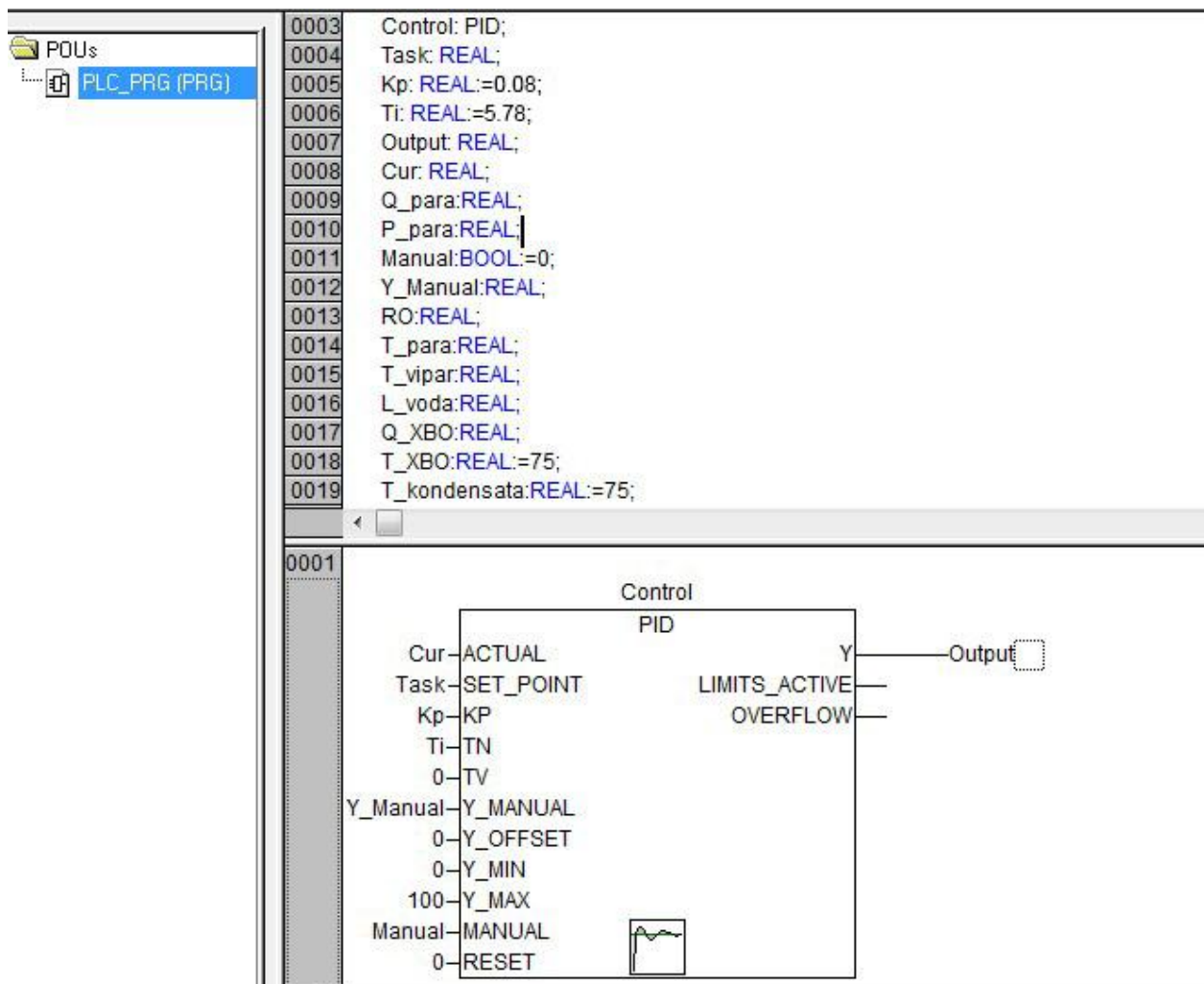


Рисунок – 4.2 Налаштування ПІ-регулятора в CoDeSys

Для перевірки правильності написання коду вибираємо пункт меню Project – Rebuild All. Якщо помилок немає - приступаємо до створення зв'язку з контролером.

– Запускаємо OPC Configurator.

Після блоку з параметрами ПІ-регулятора задаємо параметри зв'язку. Вказуємо канали передачі та їх типи (рис. 4.3)

За допомогою OPC конфігуратора в OPC-сервері задаємо параметри зв'язку, які задали раніше в CoDeSys. Після встановлення параметрів зв'язку, протокол ModBus може обмінюватись параметрами з протоколом OPC, через FSGateway з протоколом SuiteLink. SuiteLink – протокол який піддержує InTouch. При відображенні значень в InTouch використовують теги, які об'явили раніше в CoDeSys

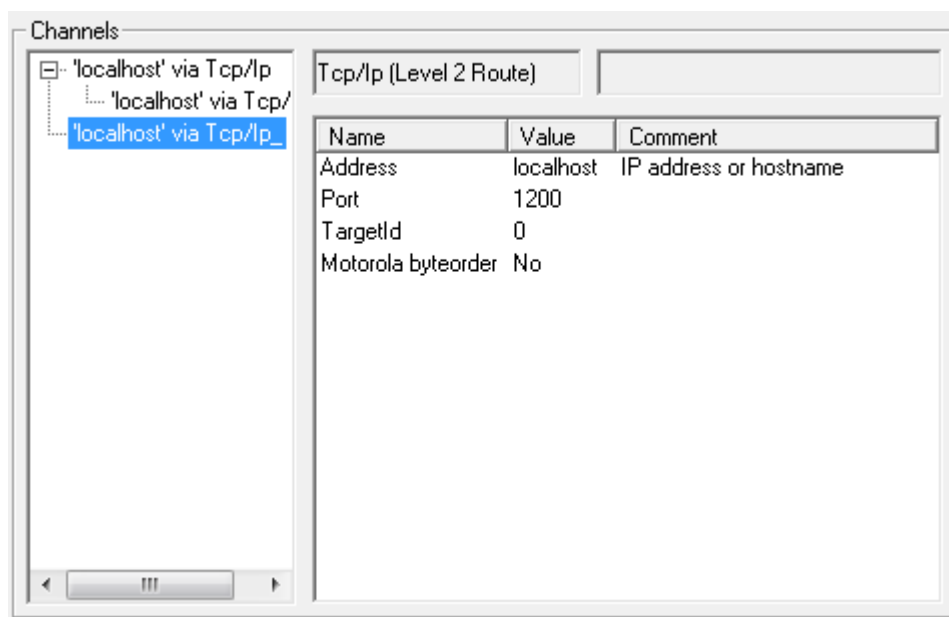


Рисунок 4.3 – Створення зв'язку з контролером.

4.3 Моделювання АТК

Для створення реальної роботи автоматизованої системи необхідно використовувати обладнання, яке буде встановлюватись у створену АСР. Оскільки така можливість відсутня, для цього передбачено імітаційні програми роботи апаратури (об'єкт управління) і контролера. Для створення імітації ПЛК використовуємо програму SoftPLC, яка є частиною системи в CoDeSys [26].

SoftPLC – це невелика програма, яка імітує роботу контролера та встановлюється на персональний комп'ютер. Робота емулятора в демо-режимі обмежена двома годинами. Налаштування параметрів в CoDeSys повинні відповідати параметрам які ми налаштовуємо в OPC конфігураторі. Після налаштування необхідно залити програму в контролер та його запустити. Тепер можна протестувати роботу нашого ПІ-регулятора. Далі необхідно створити об'єкт, яким буде керувати наш регулятор. Створимо модель за допомогою програми Matlab Simulink – RT [26].

4.3.1 Створення моделі в Matlab Simulink-RT

Для створення моделі деаератора рис 4.4 було використано Matlab Simulink–RT. Усі обрахунки в Matlab Simulink–RT проходять під час протікання технологічного процесу це є його головною особливістю. Для запуску моделі потрібно забезпечити передачу даних через OPC-сервер.

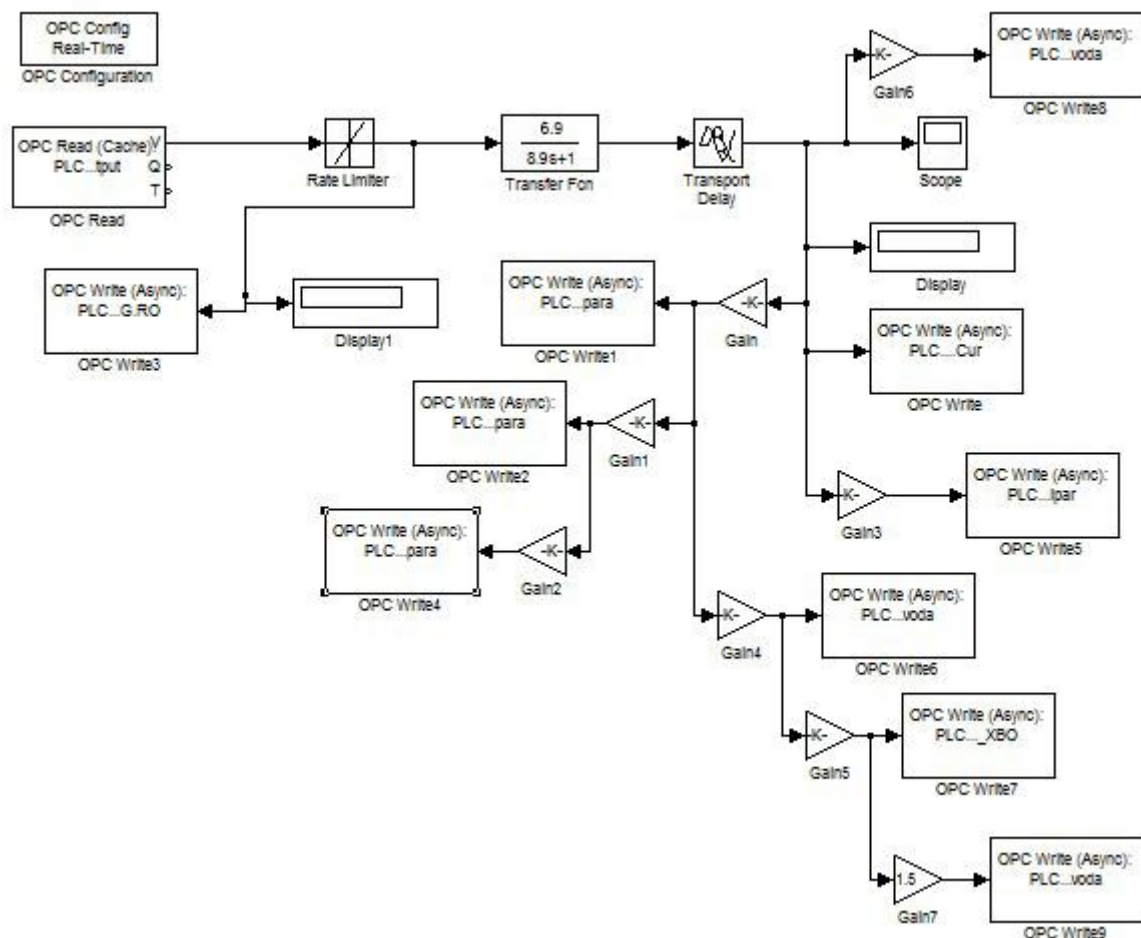


Рисунок 4.4 – Модель в Matlab Simulink-RT

Для моделювання ТОУ в MatlabSimulink-RT використовується бібліотека OPCToolbox. З бібліотеки можна користуватись такими блоками:

- OPCRead – блок для зчитування даних з OPC-сервера. Використовується для передачі сигналу керування від регулятора;
- OPCWrite – блок для запису даних в OPC-сервер. Використовується для передачі величини параметра, що регулюється на вхід регулятора ;
- OPCConfigRT – блок, що використовується для зв'язку OPC-сервера з MatlabSimulink.

З їхньою допомогою відбувається обмін даних. OPC Read зчитує з OPC Server дані які надходять на вхід об'єкту, OPC Write записує вихідні величини в OPC Server, OPC Config RT служить для зв'язку MatLab Simulink з OPC Server.

4.3.2 Контур регулювання в SoftPLC

Codesys використовують для програмування контролерів.

Codesys включає в себе певний перелік програм за допомогою яких можемо виконати проектування, налагодження і зберігання створеної програми в контролері. Програма створюється за допомогою середовища створення і виконання CoDeSys SP. Дана програма розташовується в самому контролері. Codesys має всі 5 мов програмування. У роботі було використано одну з популярних мов FBD. З'єднання контролера з CoDeSys виконується за допомогою шлюзу. Дані передаються по протоколу TCP/IP. Шлюз як правило працює на комп'ютері оператора. Контролер з'єднується з комп'ютером за допомогою послідовного каналу. Якщо виробник комп'ютера використовує специфічний протокол зв'язку необхідно додати драйвер і система запрацює. Спількування між контролером і системою виконується за допомогою звичайного OPC-сервера. Програмування контролера буде виконуватись після загрузки системи виконання в ПЛК. Система устанавлюється виробником. CoDeSys має візуальну систему відображення, використовується для операторів. Також CoDeSys може моделювати під час розробки.

Зв'язок InTouch – SoftPLC – Simulink відображає взаємодію програм системи. Спочатку InTouch відправляє за допомогою OPC-сервер регульовані команди в SoftPLC (ПЛК імітаційний). SoftPLC передає дані з InTouch в MatLab Simulink. Так само тільки у зворотньому порядку виконується зв'язок для з'єднання Simulink-RT з InTouch.

У CoDeSys необхідно створити блок, який відображає роботу Пі-регулятора. Після чого необхідно створеному регулятору задати значення, після налаштувань, запускаємо симулятор SoftPLC, який імітує роботу датчиків, виконавчих механізмів, регулюючих органів та інших. Налаштування які задали контролери, беремо як і раніше. На рисунку 4.5 зображено регулятор створений у програмі CoDeSys. На рисунку 4.6 зображено тренд на якому представлено значення тиску у даний момент.

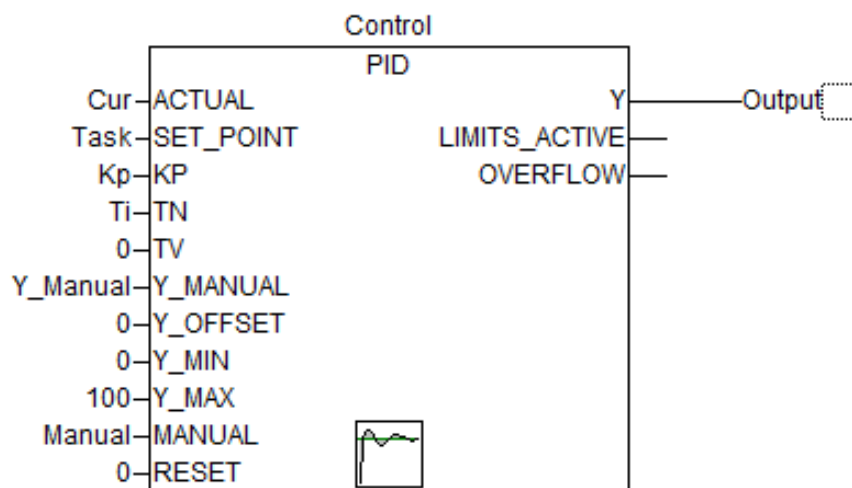


Рисунок 4.5 – Модель контролера в SoftPLC

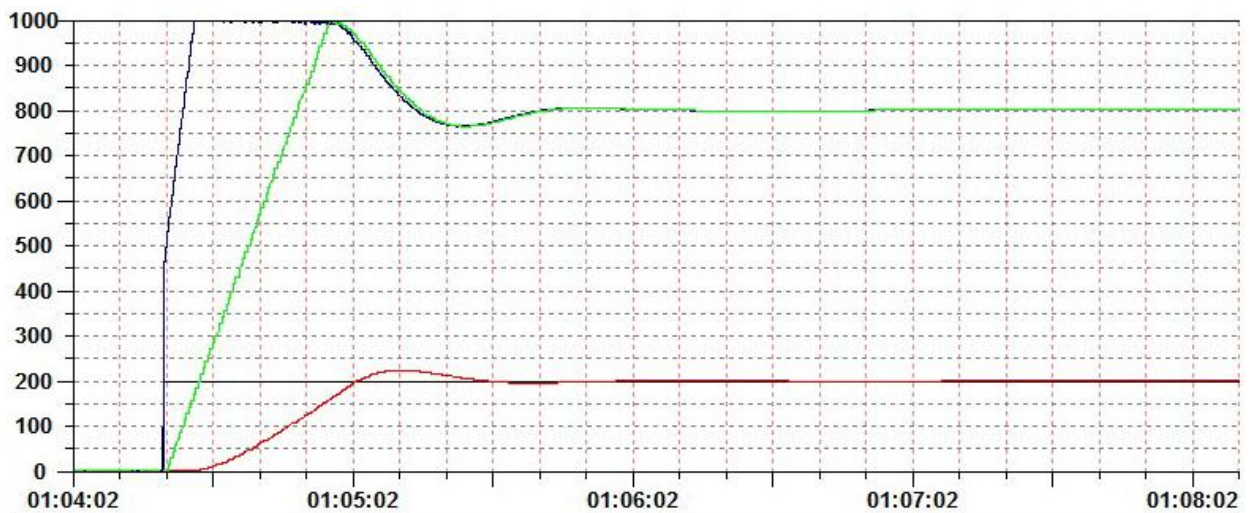


Рисунок 4.6 – Тренд в CoDeSys

4.3.3 Програмний комплекс в Intouch

Для забезпечення правильної роботи потрібно налаштувати OPC-сервер. У програмному комплексі використано Matrikon OPC Server. OPC Server забезпечує прийом даних і їх збереження. Дані надходять з усіх програмних елементів, для налаштування повноцінного зв'язку між ними. Intouch не працює напряму з OPC Server, для цього використовуються допоміжні програми для з'єднання. Зв'язок між HMI/SCADA–InTouch–OPC Server створюють за допомогою комунікаційного шлюзу FSGateway.

Після виконання усіх дій для налаштування системи автоматизації, створений комплекс можна запускати. Спочатку необхідно запускати модель деаератора в Simulink-RT у реальному часі, після чого завантажити дані до імітованого контролера, запускати сам контролер і тільки потім створена SCADA система може запрацювати .

У середовищі InTouch було реалізовано необхідні елементи для контролю та функціонування розробленої АСУТП процесу дегазації у деаераторі, створено вікна:

- вікно головного меню;
- вікно реєстрації оператора;
- мнемосхема;

- вікно алармів
- вікно трендів

У головному меню рис. 4.7 зображується можливі вікна у які оператор може зайти, для спостереження за процесом деаерації.

З головного вікна виконується вхід оператора в систему. Після входу в систему кнопки головного меню для переходу до інших вікон неактивні. Для активації роботи в SCADA оператор повинен авторизуватися, після правильно вводу логіну та паролю кнопки стають активними. Така авторизація створюється для кращої безпеки від нештатних ситуацій.

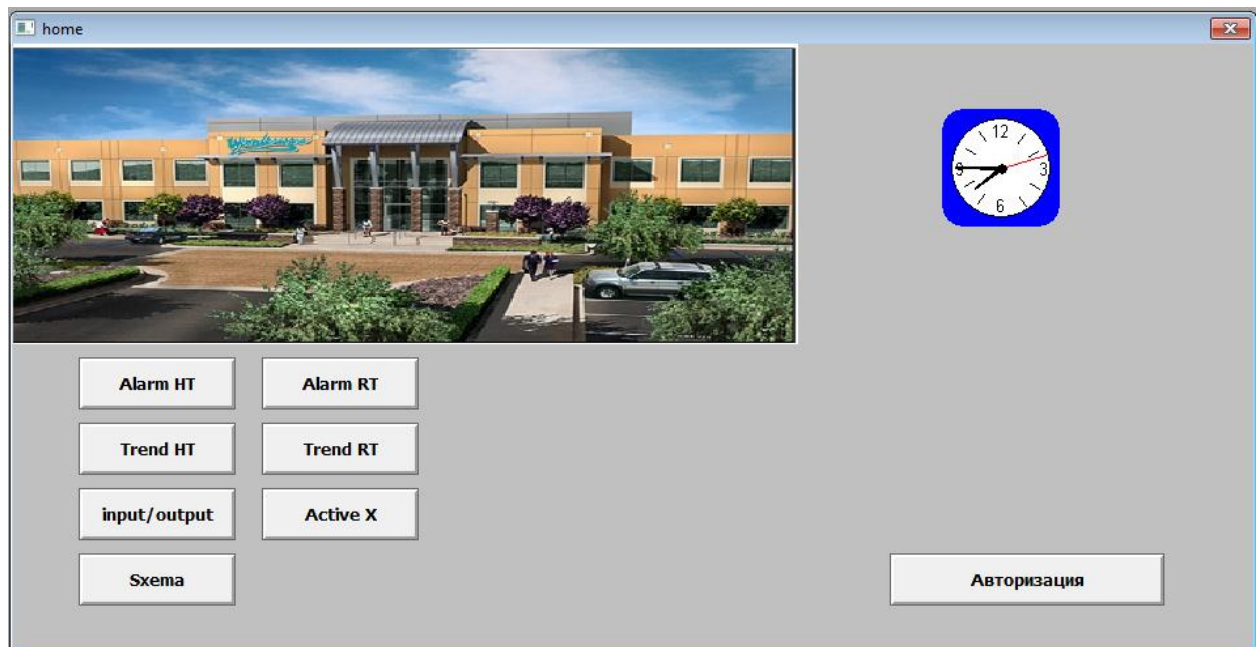


Рисунок – 4.7 Вікно головного меню

На рисунку 4.8 зображено мнемосхему в програмі Intouch. Мнемосхема зображує реальний вигляд деаератора, на якій показано параметри які вимірюються під час деаерації та їх значення, показано кнопки переходу з ручним та автоматичним регулюванням, сигналізація та сам регулятор тиску в деаераторі.

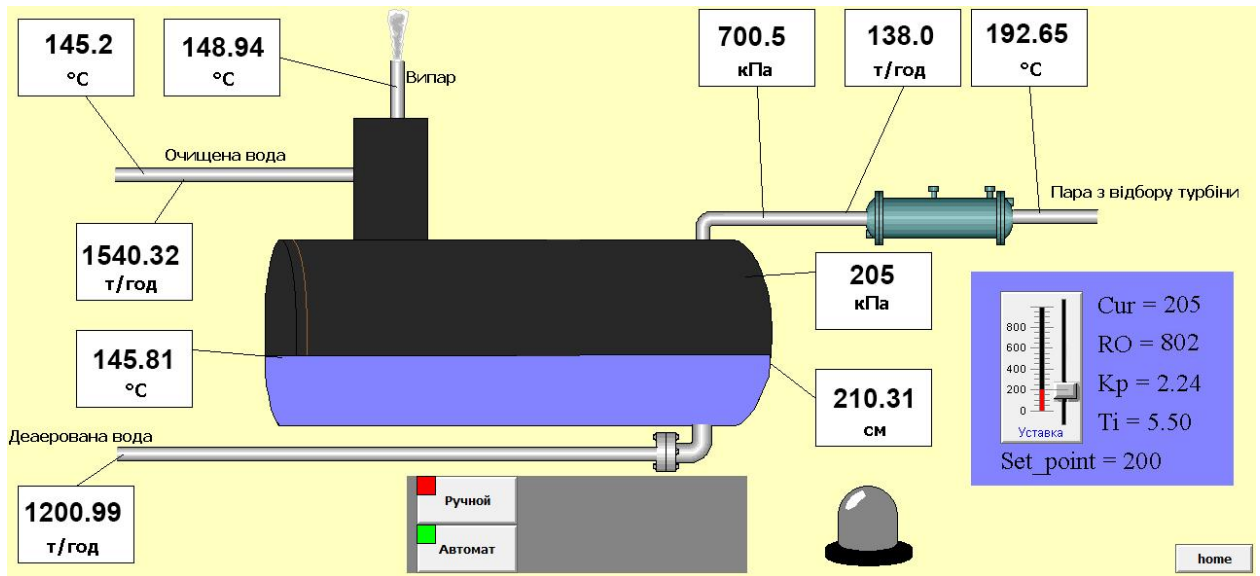


Рисунок 4.8 – Вікно мнемосхеми

На рис. 4.9 зображено тренди під час протікання процесу. На трендах представлено тиск в корпусі деаератора, завдання, регулюючий вплив та положення регулюючого органу.

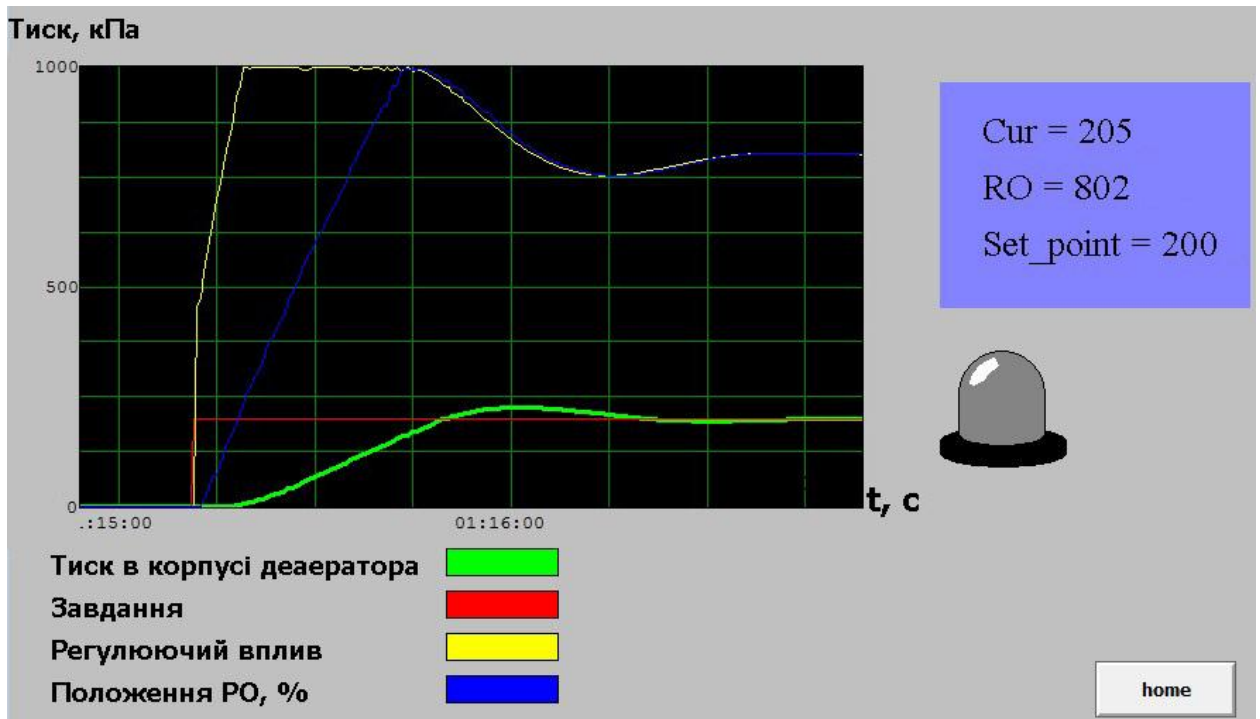


Рисунок 4.9 – Вікно тренду реального часу

На Рисунок 4.10 зображено аларми в реальному часі. Аларми майже завжди використовуються під час автоматизації процесу. За допомогою них ми можемо відстежити коли і на який показник змінився наш регулюючий параметр, так як під час створення робимо чіткий діапазон для якісного регулювання процесу, допустимі і критичні параметри. Оператор зобов'язаний постійно слідкувати за цим вікном. Також можна створити історичні яларми які будуть зберігатись на зовнішніх базах даних, для відновлення інформації за необхідний проміжок у минулому.

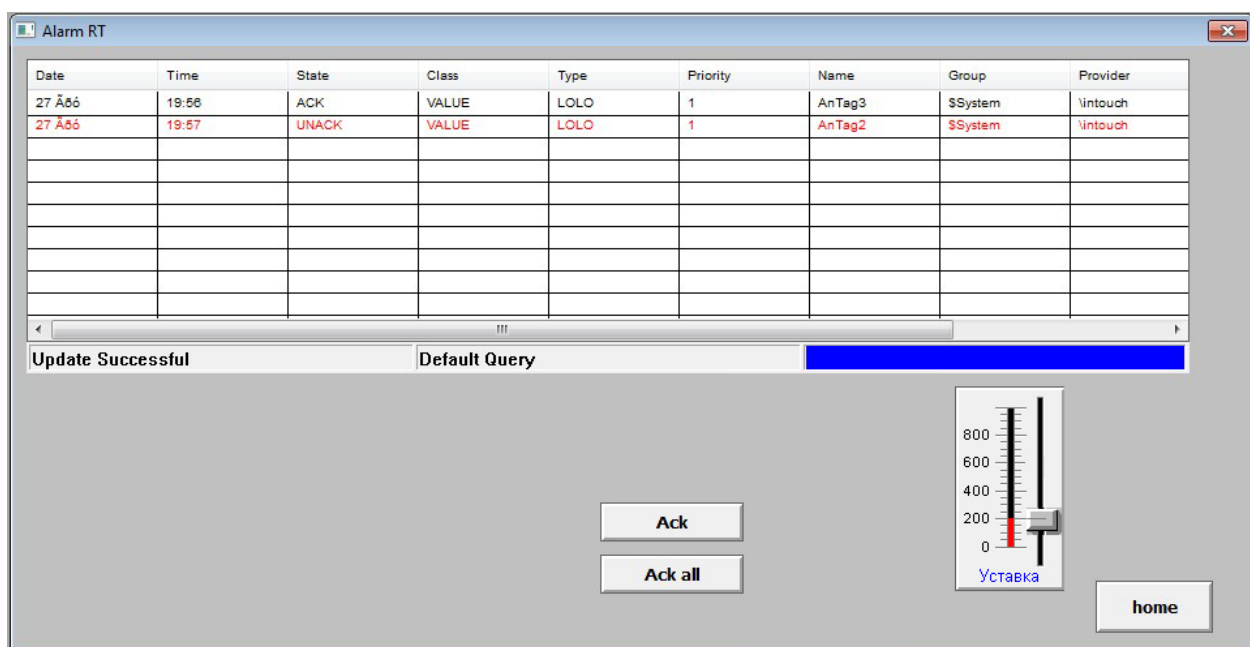


Рисунок 4.10 – Вікно алармів реального часу

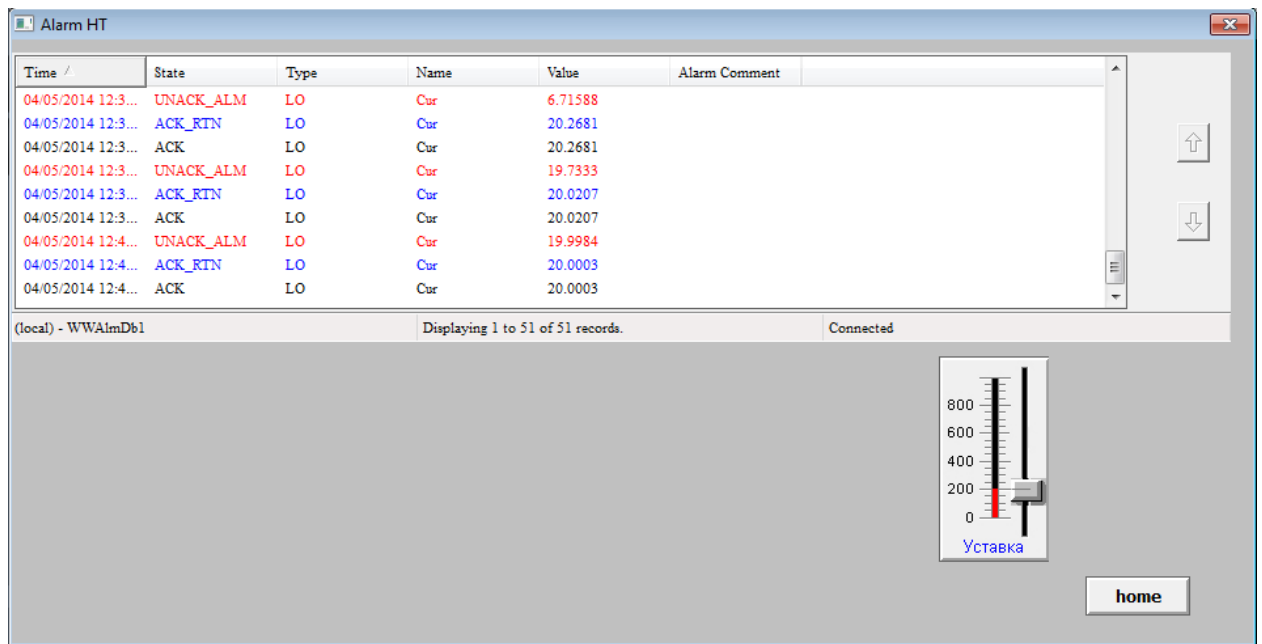


Рисунок 4.11 – Історичні аларми

4.4 Реалізація сигналізації, блокувань і захисту

У НМІ/SCADA – системі реалізовано програмну сигналізацію. Спрацювання виконується при досяганні заданих параметрів, які встановлюються на початку як аварійні.

Спрацювання сигналізації виконується при досяганні заданих меж параметрів: рівень продеаерованої води в баці, тиск у деаераторі та температура пари.

Усі вимірні параметри в деаераторі подаються на аналогові входи ПЛК. На НМІ/SCADA-системі відображається значення параметрів за допомогою світлової сигналізації.

4.5 Результат створення АСУ

Після створення системи управління деаератором необхідно перевірити якість функціонування АСУ. Для цього візьмемо реальні дані з другого контуру Запорізької атомної електростанції. З отриманих даних було досліджено, якість регулювання деаератора, а саме підтримка тиску в заданому діапазоні.

Для дослідження, було обрано діапазон регулювання за 5 годин роботи, кількість результатів складає 50 значень. Тиск в деаераторі необхідно підтримувати при 690 кПа, таке значення необхідне для отримання максимальної продуктивності деаератора. При тиску 690 кПа та температурі 164 °С досягається температура насичення, при цих параметрах найкраще проходить деаерація і концентрація корозійно-активних газів найменша на виході з деаератора.

Спостереження показало що максимальна розбіжність складає 690 ± 30 кПа, що входить в допустимий діапазон. Після отриманих реальних значень, було проведено експерименти зі створеною системою керування. Для цього ми запустили Scada на 5 годин роботи і знімали показання кожні 6 хвилин, для отримання 50 значень. Після проведення результату, тиск в деаераторі складав 690 ± 20 кПа, що є кращим результатом.

Очевидно, що якість вимірювання характеризується не тільки самою похибкою Δx , але також і відношенням величини Δx до $x_{\text{найкращ}}$, і ця обставина заставляє нас розглядати відносну похибку, яку ми будемо позначати δ_x .

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{|x_{\text{найкр}}|}$$

Відносна похибка даних з АЕС складає:

$$\delta_x = \frac{30}{|690|} = 0.043 = 4.3\%$$

Відносна похибка отриманих даних зі створеної АСР:

$$\delta_x = \frac{20}{|690|} = 0.028 = 2.8\%$$

Після отриманих результатів, похибка регулювання у старій системі складає 4.3%, а у створеній 2.8%, що на 1.5% краще. З цього слідує, що представлена система регулювання тиску в деаераторі краще підтримує значення, що в свою чергу, позитивно вплине на видалення корозійно-активних газів з живильної води.

5 Економічна частина

5.1 Розрахунок економічної частини

У цьому розділі розрахуємо вартість побудови, розрахунку та оптимізації на створення розробленого проекту підсистеми керування деаератором другого контуру на ВВЕР-1000.

Створена АСУ забезпечує автоматичне вимірювання температури, рівня, тиску і витрату під час процесу деаерації, автоматичне блокування, сигналізацію і захист від аварій.

При введенні АСКТ із використання новітнього обладнання ми зможемо досягти:

- Зменшити період тривалості зупинок;
- Збільшити період використання обладнання у другому контурі;
- Покращити процес деаерації;

Під час проектування будемо використовувати засоби автоматизації та обладнання, які встановлені на даний момент – електрична проводка, зовнішні трибу і деякі з існуючих приладів.

При використанні новітнього обладнання ми враховували фактори, як надійність обладнання, стійкість до аварійних ситуацій, висока точність обладнання, мати можливість у подальшому удосконалення системи та удосконалення програмного забезпечення також підключення до обчислювального комплексу для розробки верхнього рівня системи управління.

5.2 Розрахунок затрат на автоматизацію

При розрахунку затрат на створення автоматизованої системи необхідно включати в себе вартість усього регулюючого і контрольного обладнання і засобів автоматизації, налагоджувальних і монтажних робіт.

У таблиці 5.1 наведено вартість необхідних приладів і систем для автоматизації, які будуть використанні для створення запропонованої АСУТП та складемо кошторис вартості робіт з розробки системи керування у деаераторі.

Таблиця 5.1

№ п/п	Назва приладу	Тип приладу	К-сть, шт.	Вартість одного приладу, грн.	Загальна вартість, грн.
1	Контролер	ОВЕН ПЛК 100	1	5700	5700
2	Датчик надлишкового тиску	AUTROL APT3100	3	24000	72000
3	Рівень в резервуарі	SmartRadar FlexLine 990	1	95090	95090
4	Датчик температури	AUTROL APT2100	5	29500	147500
5	Вимірювання витрати	Rosemount 3051SFC	5	78000	290000
6	Електроприводи	Limitorque MX-40/84	2	140000	280000
	Електроприводи	Limitorque MX-20/84	2	95000	190000
7	Сідельний клапан	Danfoss VFM2-300- 630	2	120000	240000
8	Шаровий кран	Cameron T-31	2	90000	180000
9	Scada	Intouch	1	15000	10000
				Ціна	1510290

З отриманої таблиці, вартість обладнання становить

$$B_1 = 1510290 \text{ (грн.)}$$

Вартість проектування програмного забезпечення АСУТП для деаератора, становить

$$B_2 = 30000 \text{ (грн.)}$$

Вартість на монтаж обладнання для системи автоматизації становить 20% від вартості обладнання

$$B_3 = 1510290 \cdot 0,2 = 302058 \text{ (грн.)}$$

Вартість виконання пуско-налагоджувальних робіт становить в розмірі 12% від вартості обладнання

$$B_4 = 1510290 \cdot 0,1 = 151029 \text{ (грн.)}$$

Загальна капітальна вартість на впровадження проекрованої АСУ становить:

$$\begin{aligned} K_3 &= B_1 + B_2 + B_3 + B_4 = 1510290 + 30000 + 302058 + 151029 = \\ &= 1993377 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Термін впровадження АСУ складає 4 місяці. У роботі беруть участь: керівник групи, провідний інженер, інженер-програміст, електрослюсар, технік.

5.3 Розрахунок економічної ефективності

При розрахунку економічної ефективності не можна його оцінювати одним показником.

Автоматизована система працює в умовах великої кількості випадкових факторів, тому показники економічної ефективності становлять випадкові величини і необхідно вибирати їх виходячи з середніх значень або на базі ймовірної оцінки випадкових величин, які визначені показниками ефективності.

Розробка, проектування, монтаж, пуско-налагодка потребує значних трудових і матеріальних затрат, тому необхідно обраховувати потребність для визначення економічної ефективності системи. Розробка системи АСУ необхідно визначати за результатами порівняння затрат на створення та експлуатацію системи автоматизації з економічною ефективністю у кількісних значеннях.

Розрахунок може бути визначний, якщо нам відомі усі затрати на проектування, розробку і введення в експлуатацію на об'єкті, річні затрати на експлуатацію, зростання прибутку під час функціонування системи автоматизації, економічний ефект за рік та термін за який вкладення окупляться.

Дуже важко визначити економічну ефективність функціонування системи, визначення є складними і в деякій мірі невизначеними задачами із за ряду факторів, які позначаються на економічній ефективності АСУ і тому їх важко виразити кількісними показниками. До цих факторів можна віднести психологічний і соціальний фактор роботи АСУ, які визначені зростанням культури виробництва, зростання умов праці. Вартість затрат на впровадження АСУ можна визначити достатньо просто.

Економічну ефективність автоматизованої системи управління визначають за допомогою річного приросту прибутку, за допомогою функціонування АСУ, результативність затрат на її впровадження та річним ефектом за рік.

Економічний ефект за рік визначається за допомогою порівняння показників, які отримані з урахуванням запровадження автоматизованої системи управління із значеннями діяльності виробництва без урахування сучасної системи АСУ.

$$\Pi = (A_2 - A_1) \cdot \Pi_1 + (C_2 - C_1) \cdot A_2;$$

A_1 – об'єм продукції на основному рівні;

A_2 – об'єм продукції з врахуванням функціонування АСУ;

Π_1 – ціна за одну тону сировини;

C_1 – затрати на одну гривню реалізованої продукції в основному рівні;

C_2 – затрати на одну гривню виконаної продукції.

Також якісними показниками економічної АСУ є термін окупності капітальних вкладень і коефіцієнт економічної ефективності для інвестицій на впровадження і розробку системи E_p .

Коефіцієнт економічної ефективності інвестицій визначається за формулою:

$$E_p = \frac{\Pi}{K_e};$$

де: K_e – вкладення на будівництво АСУ.

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T = \frac{1}{E_p} = \frac{K_e}{\Pi}.$$

АСУТІ вважається ефективною, якщо:

$$E_p \geq E_n \cdot v \cdot t$$

Розроблена система автоматизація системи управління деаератором не впливає на затрати електроенергії, бо є одним типом продукції АЕС, нову систему АСУ не можемо порівнювати зі старою, так як працюють вони за одним типом. Зміна системи управління сприяє скоріше всього на покращення технічних ніж економічних показників, але все рівно з приводу економічності є великий прогрес:

- Автоматизована система управління застаріла і тому потребує модернізації, тому доцільніше буде поставити новітню ніж робити ремонт певних елементів.
- Для того щоб обслуговувати нову систему управління потрібно в два рази менше працівників ніж старої, що призведе до економії в зарплаті.
- Термін використання системи без ремонту збільшиться у два рази.

Виконаємо розрахунок для терміну окупності автоматизованої системи за рахунок економії заробітної платні:

Для безпечного функціонування нинішньої системи автоматизації необхідно 8 співробітників з заробітною платою близько 10 тисяч грн.

Для функціонування розробленої системи кількість працівників знизилась до 4. З цього слідує що затрати на виплату заробітної плати впадуть вдвоє.

Економія складає в місяць – 40000 грн.

Затрати на впровадження автоматизованої системи становлять 1993377 грн., з цього слідує що система окупиться за 50 місяців.

Виконаємо розрахунок для економічної ефективності

Установлений термін роботи деаератора на українських АЕС при ручному керуванні становить приблизно 20 років.

$$T_p = 20$$

Термін роботи автоматизованої системи деаератора приблизно збільшується в півтора рази. Таке збільшення отримується за допомогою покращення процесу деаерації, що призведе до зменшення відкладень корозії на внутрішніх поверхнях 2 контуру, а головне в парогенераторі і навантаження на самий апарат зменшиться вразі. Термін буде складати приблизно:

$$T_a = 30 \text{ років}$$

Для заміни одного деаератора у другому контурі АЕС необхідно:

$$T_z = 60 \text{ днів}$$

Вартість самого деаератора разом з вартістю роботи становить приблизно:

$$P_{\text{пг}} = 2000000 \text{ грн}$$

Під час заміни деаератора, енергоблок на АЕС зупиняється. Вартість одного дня зупинки становить:

За один день енергоблок виробляє електроенергії:

$$P_{\text{ow}} = 1000000 \text{ Квт/час}$$

Зараз ціна кіловату електроенергії становить:

$$\text{Price} = 0.35 \text{ грн}$$

Ціна простою енергоблоку за один день становить:

$$Z_{\text{пр}} = P_{\text{ow}} \cdot \text{Price} = 350000 \text{ грн}$$

Ціна заміни ПГ становить:

$$G_{\text{зам}} = (P_{\text{пг}} + T_z \cdot Z_{\text{пр}}) = 23000000 \text{ грн}$$

Для заміни деаератора кожний рік виділяється:

Ручне керування:

$$G_p = \frac{2000000}{20} = 100000 \text{ грн}$$

Автоматичне керування:

$$G_a = \frac{2000000}{30} = 66666.667 \text{ грн}$$

АЕС з ВВЕР-1000 можуть бути в експлуатації 60 років, тому:

$$G_p^p = 6000000 \text{ грн}$$

та

$$G_a^p = 4000000 \text{ грн}$$

Економічну ефективність автоматизованої системи деаератора можна порівняти за рахунок різниці між вартістю заміни деаератора без АСУТП і з її використанням:

$$E = G_p^p - G_a^p = 2000000 \text{ грн}$$

або

$$E^p = \frac{E}{60} = 33333 \text{ грн на рік}$$

Економічна ефективність використання деаератора з АСУТП є задовільною, економія в рік становить 33 тисячі грн.

ВИСНОВОК

У магістерській дисертації представлено АСР регулювання тиску в деаераторі. Розроблено одноконтурну автоматизовану систему керування процесу деаерації. Систему керування розроблено на базі контролера ОВЕН ПЛК 100.

У магістерській дисертації проведено розрахунки вимірювальних каналів. По каналу регулювання точність виміру забезпечує необхідні показники.

За розрахунком надійності функціонування автоматичної системи регулювання показало, що одержані значення для інформаційної та регулюючої функції знаходяться в допустимих межах. Інформаційна та регулююча функція можуть працювати без аварій з визначеною імовірністю.

При розрахунках динаміки об'єкт апроксимувався за допомогою ланки транспортного запізнення та аперіодичною ланкою першого порядку. Отримано передавальну функцію. Було обрано ПІ-регулятор, розраховані параметри налаштування: $K_p=0,08$; $T_i=5,78$.

Розраховано і підібрано необхідний регулюючий орган, сідельний клапан VFM2-300-630, компанії Danfoss. Для сідельного клапану було підібрано ВМ постійної швидкості Limitorque.

Розроблено Scada систему за допомогою програмного комплексу Intouch.

Економічні показники є в межах допустимих для реалізації створеної САР.

Список літератури

1. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. - М.-Л.: Энергия, 1967. - 400 с.; переиздание 1976, последнее - в 1987 г. – 490с.
2. Басанец. С.И. Ривненская АЭС в энергетике Украины, 2014. – 253 с.
3. УПО-ХЦ-3-034 Водно-химический режим 2 контура. Нормирование качества среды 2 контура.
4. Рихтер Л. А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Л. А. Рихтер, Д. П. Елизаров, В. М. Лавыгин. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 216 с, ил.
5. Пермяков В. А. Расчет и проектирование термических деаэраторов. Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова (НПО ЦКТИ), 1979 – 138с.
6. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Башаров М.М. Энерго- и ресурсосберегающие технологии и аппараты очистки жидкостей в нефтехимии и энергетике / под ред. А.Г. Лаптева - Казань.: Отечество, 2012 - 410 с.
7. Низамова А.Ш. Технология централизованного производства электрической энергии и теплоты. Часть 2 (7 семестр): Учеб. пособие. Под ред. Н.Г. Шагиева.– Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 130 с.
8. Оликер И.И., Пермяков В.А. Термическая деаэрация воды на тепловых электростанциях. Л.: Энергия. 1971. 184 с.
9. ГОСТ 16860-88. Термические деаэраторы. М.: Изд-во стандартов. 1989.6 с.
10. Керівництво користувача по програмуванню ПЛК в CoDeSys. Смоленск: ПК Пролог, 2008. —452 с. (Русская редакция 2.8, для CoDeSys V2.3.9.x от 10 сентября 2008).
11. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов.- М.: Энергия, 1990.-464 с.
12. Ковриго Ю.М. «Конспект лекцій з теорії автоматичного управління», 2012-2013.

13. Мисак В.Ф. Конспект лекцій з ідентифікації об'єктів керування. 2012-2013.
14. Макаренко В.Г. Схемы автоматизации: Учеб.-метод, пособие по проектированию/Юж.-Рос.гос.техн.ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007.47с..
15. Батюк С.Г. Конспект лекцій «Сучасні технології програмування».-К.: НТУУ КПІ 2013-2014.
16. Типова інструкція з експлуатації контролера: ОВЕН ПЛК 100. ОВЕН., 2010.-67с.
17. Батюк С.Г. Довідковий посібник з комплексного інженерного розрахунку промислових САР в курсовому і дипломному проектуванні.-К.: НТУУ КПІ 2003.
18. Батюк С.Г. Конспект лекцій «Сучасні технології програмування».-К.: НТУУ КПІ 2013-2014.
19. Типова інструкція з експлуатації електроприводів Limitorque серії МХ: Flowserve Limitorque. 2010. - 20 с.
20. Типова інструкція з експлуатації датчиків температури АТТ2100: Autrol. 2011.-7 с.
21. Типова інструкція з експлуатації датчиків тиску АТТ3100: Autrol. 2008.-10с.
22. Типова інструкція з експлуатації контролер SIMATIC S7-300: Siemens. 20014.-8 с.
23. Типова інструкція з експлуатації контролер Modicon M238: Schneider Electric 2016.-10 с.
24. Типова інструкція з експлуатації радарний рівнемір SmartRadar FlexLine 990: Enraf 2013.-43 с.
25. Типова інструкція з експлуатації радарний рівнемір Rosemount 405: Emerson 2013.-21 с.
26. С.В.Золотарев, И.В.Петров, CoDeSys – интегрированный комплекс МЭК 61131-3 программирования, Приборы и системы управления, N3, 2005.

27. Програмне забезпечення HMI/SCADA навчальний посібник, Invensys Wonderware 2007 – 24 с .
28. Андреев Е. Б. Проектирование систем управления в Scada. М.: РГУ нефти и газа, 2001 г., 70 стр.

Додаток 1

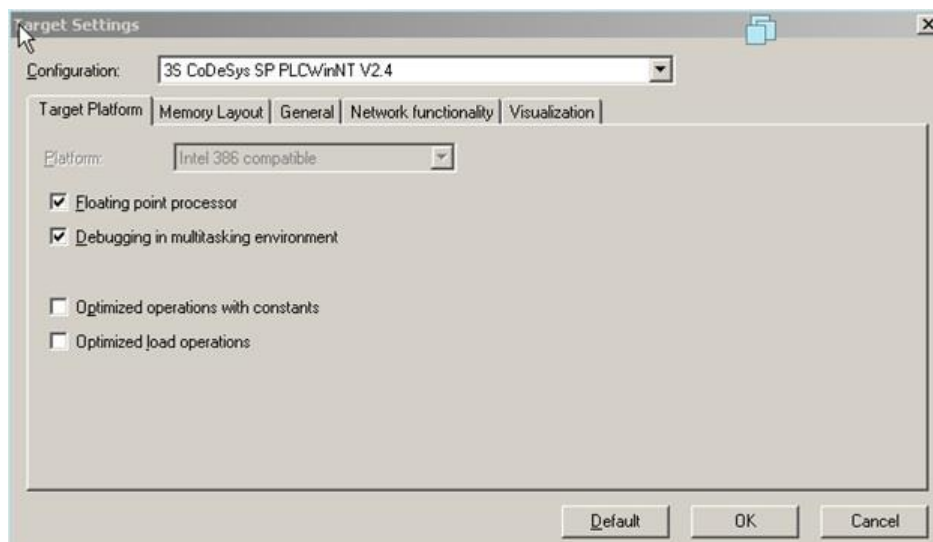
Поз-иція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
	Прилади на щиті					
1	Вільно програмований контролер 4AI, 4DI, 4AO, 4DO	ОВЕН ПЛК 154-220	A1, 6г, 7в	ОВЕН	шт.	1
2	Багатоканальний блок живлення 24В	БП-14-Д4	A2, A19	ОВЕН	шт.	2
3	Модуль вводу аналоговий 8 AI 220В	ОВЕН МВА8	A3	ОВЕН	шт.	1
4	Вимикач автоматичний I=6А	ЕТИМАТ 6	QF1	ЕТИ	шт.	1
5	Блок ручного управління AI 0...10В, АО 0...10В	Мікрол БРУ10	A17, A18	Мікрол	шт.	2
	Прилади по місцю					
6	AUTROL APT2100 Lp=200мм, 1 МПа, 4...20мА, -50...1000С	ТСМУ-0198	A6, A5, A4, A16 ,1а, 2а, 4а, 5а	Термоприлад	шт.	4
7	AUTROL APT2100 Lp=200мм, 1 МПа, 4...20мА, -200...1000С	ТСМУ-0198	A7, 11а	Термоприлад	шт.	1
8	Електропривід 0...10В, 2500Н, 40мм, 35с, 18В	Limitorgue MX-20/84	A8, 6в	Limitorgue	шт.	1
9	Електропривід 0...9 10В, 20Нм, 90с, 24В	Limitorgue MX-40/84	A9, 7б	Limitorgue	шт.	1
10	Витратомір 1 МПа, 4..20мА, Р=4кПа	Rosemount 3051SFC	A10, A11, A12,3б, 8б, 9б	Emerson	шт.	3
11	Датчик рівня 4...20мА, Р=1,6 МПа, 0,5...40м	SmartRadar FlexLine 990	A13, 7а	Honeywell	шт.	1
12	Датчик тиску 4...20мА, 0,001...10 МПа	AUTROL APT3100	A14, A15, 6а, 10а	AUTROL	шт.	2

Додаток 2

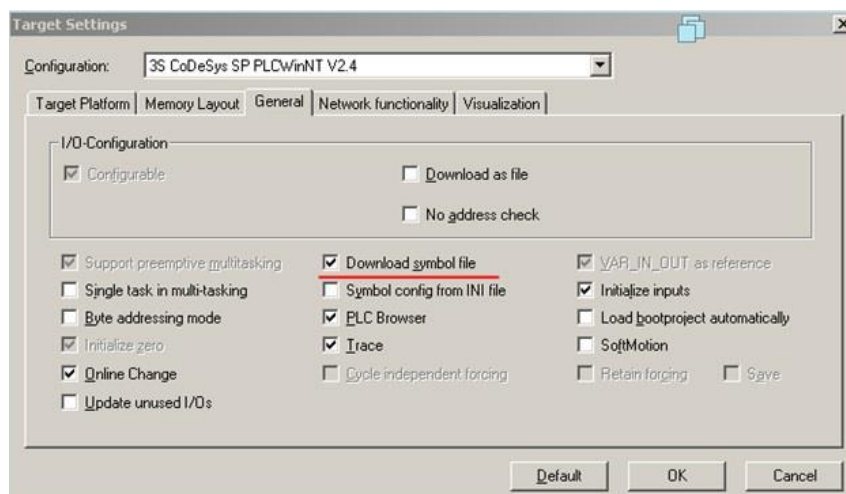
Щоб створити зв'язок CoDeSys + InTouch в даному прикладі використовується наступне програмне забезпечення:

1. CoDeSys V2.3 + CoDeSys.OPC.02 + PLC WinNT 2.4.7.11
2. Matricon OPC Explorer(Для перевірки передачі тегів)
3. Matlab R2011b
4. Archestra System Management Console
5. Intouch V10.1

Для початку створимо новий проект в CoDeSys. Запускаємо CoDeSys, File->New. У вікні вибираємо PLC WinNT (емулятор контролера, на його місці може бути конфігурація реального ПЛК, якщо її заздалегідь встановити).

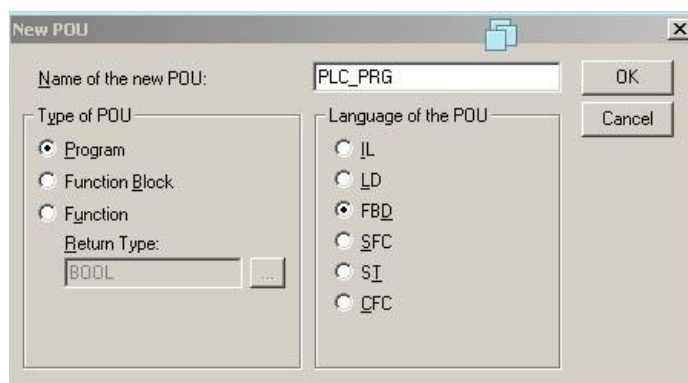


У вкладці General обов'язково ставимо галку навпроти Download Symbol File.



Ця опція дозволяє створити файл, до якого внесено дані про змінних CoDeSys, які будуть доступні для OPC сервера.

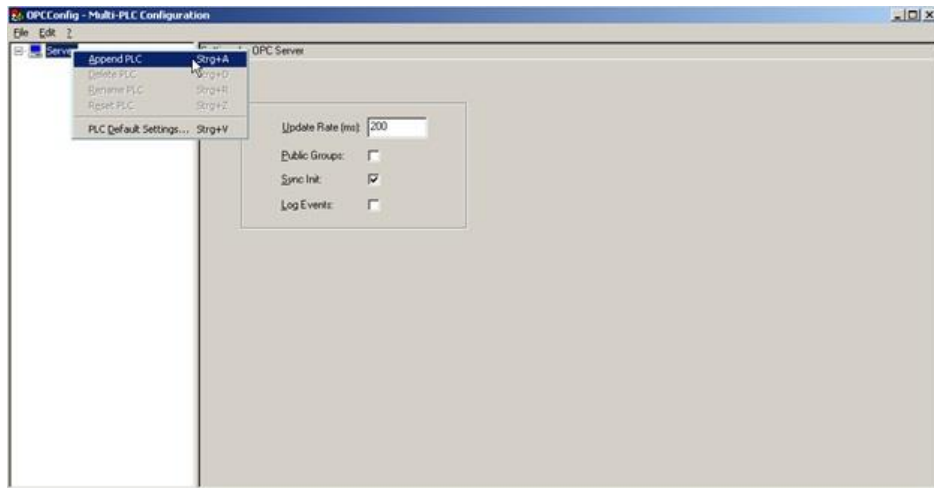
Створимо ПІ-регулятор.



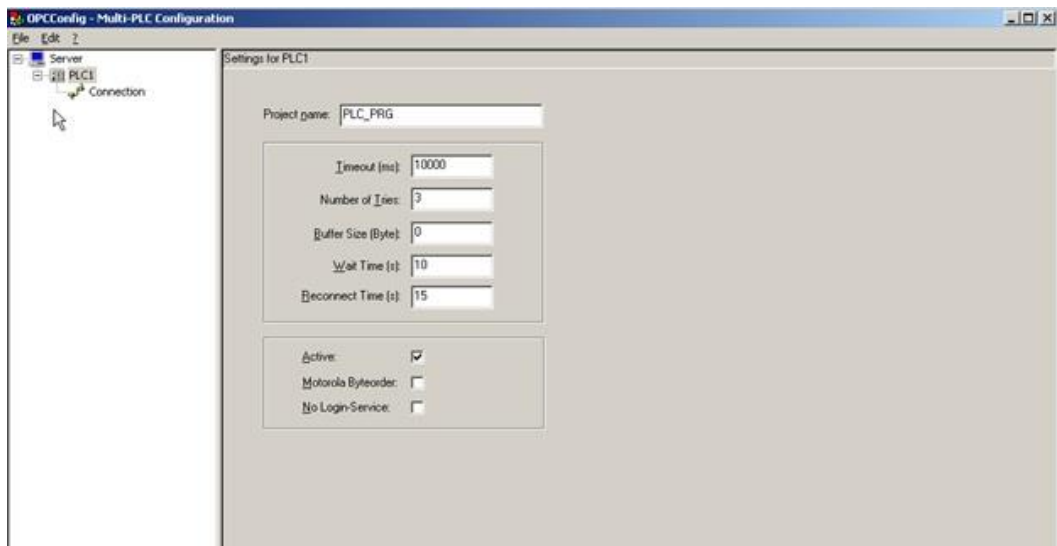
CoDeSys. ПІ-регулятор. Підключення бібліотеки Util.lib і створення ПІ-регулятора.

Для перевірки правильності написання коду вибираємо пункт меню Project -> Rebuild All.

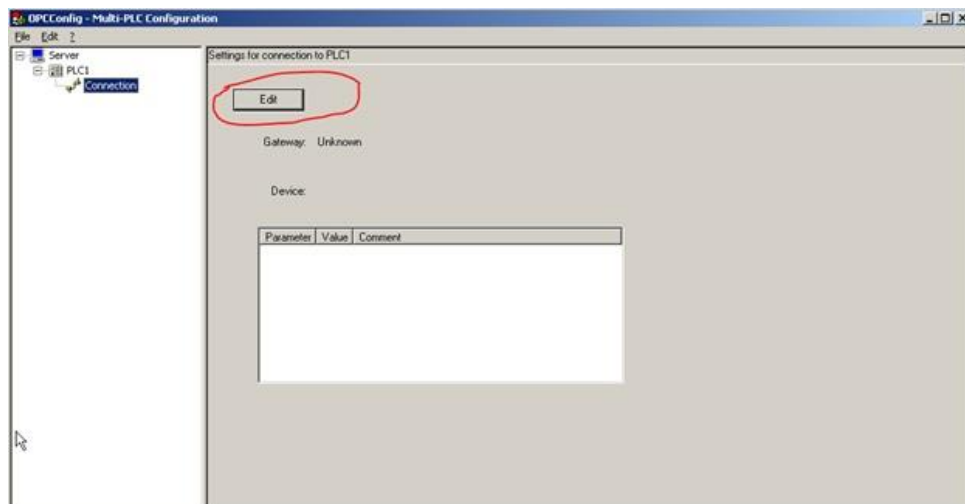
Якщо помилок немає - приступаємо до створення зв'язку з контролером. Запускаємо OPC Configurator (C: \ Program Files \ 3S Software \ CoDeSysOPC \ OPC_config.exe). Правою кнопкою на пункті Server - Append PLC.



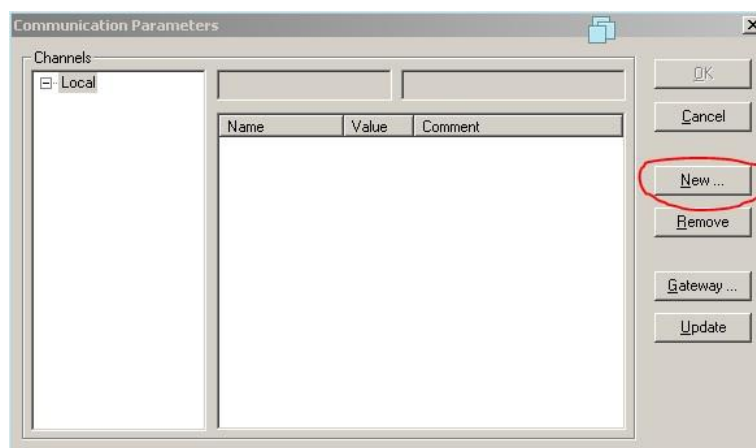
Далі в меню зліва з'являться ще 2 пункти. Вибираємо пункт PLC1 і задаємо йому Project name. У нашому випадку це PLC_PRG.



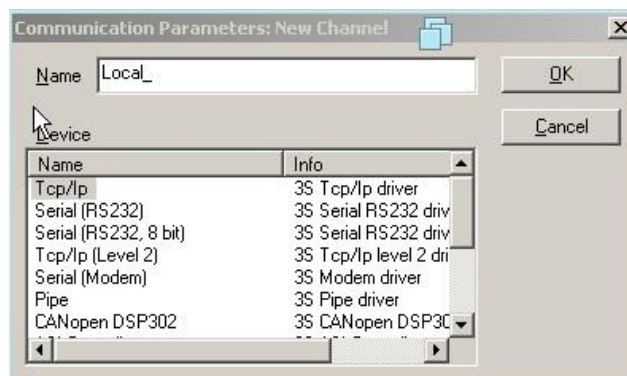
Переходимо на вкладку Connection. Натискаємо Edit.



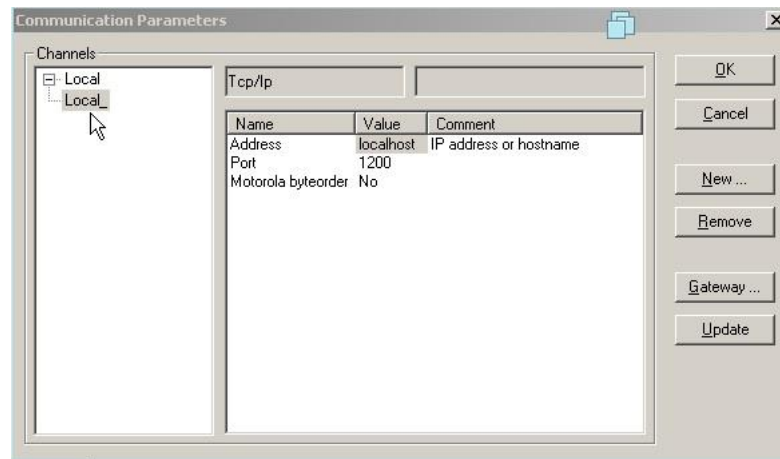
Створюємо новий канал для підключення.



У вікні вибираємо тип з'єднання TCP / IP. Тиснемо Ок.



В результаті виконання такої послідовності дій, настройки підключення будуть мати такий вигляд:

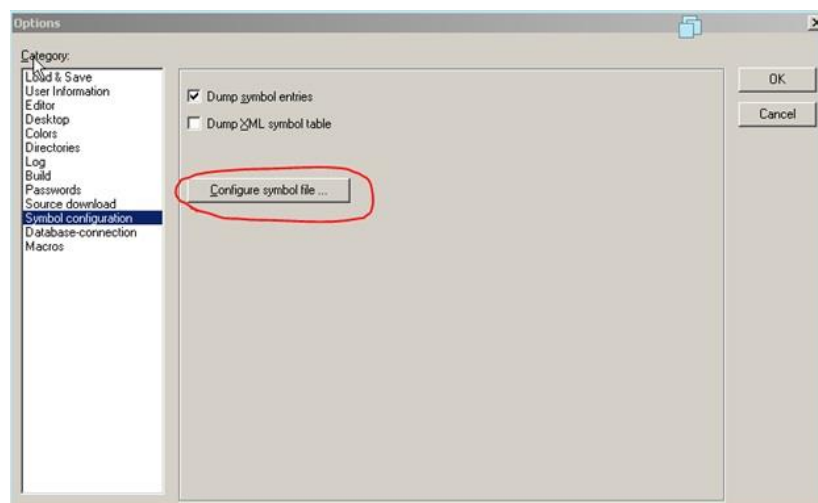


Зверніть увагу, що 1200 порт може бути зайнятий. У такому випадку потрібно буде відкрити приєднайтеся до іншого порту або через командний рядок з командою «netstat -ano» відстежити процес, що висить на цьому порту і по Process ID вбити його в диспетчері завдань.

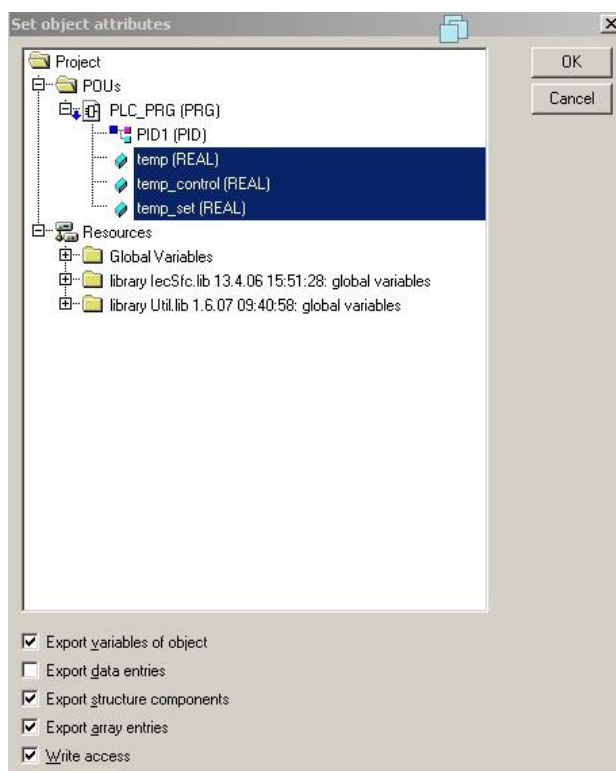
Тепер нам необхідно запустити, власне, сам контролер. Йдемо C: \ Program Files \ 3S Software \ CoDeSys SP PLCWinNT і запускаємо PLCWinNT24.exe. Робота емулятора в демо-режимі обмежена 2-ма годинами. Про це якраз і попереджає нас програма:

Натискаємо Ок і переходимо до підготовки проекту до завантаження в контроллер.

Для цього вибираємо пункт меню Project-> Options ... Далі вибираємо пункт Symbol Configuration. Ставимо галку Dump symbol entries і переходимо по кнопці Configure symbol file.



Вибираємо цікавлять нас змінні, ставимо галки, як показано на скріншоті і натискаємо Ок.

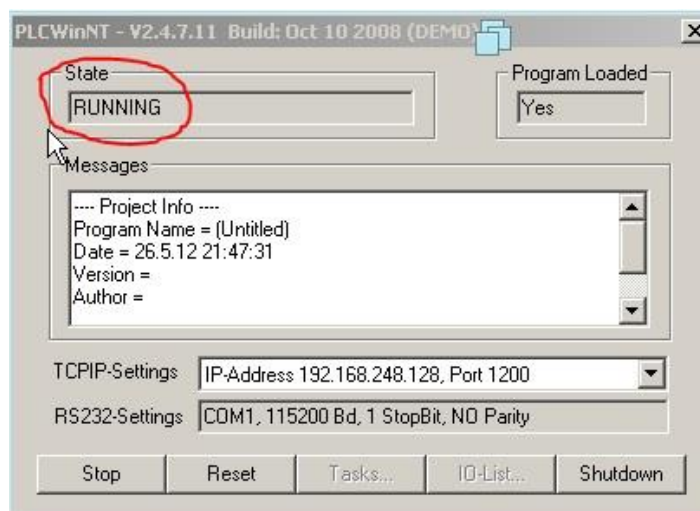


Перевіряємо параметри комунікації CoDeSys (Online -> Communication Parameters). Вони повинні збігатися з настройками OPC конфігуратора:



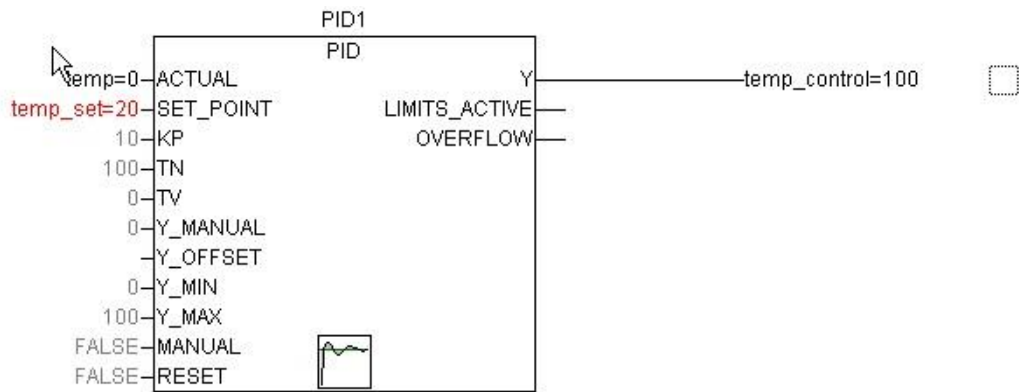
Ще раз ребілд проект (Project -> Rebuild all). Після цього заливаємо програму в контролер натисканням комбінації клавіш Alt + F8 або з пункту меню Online -> Login. CoDeSys видасть попередження, що в контролері немає програми:

Природно, натискаємо Yes. Для того щоб запустити контролер натискаємо F5. Статус роботи контролера можна перевірити у вікні PLC WinNT:



Тепер можна протестувати роботу ПІ-регулятора. Робимо подвійне клацання мишею на temp_set і даємо завдання регулятору 10 градусів. Підтверджуємо зміна значення змінної клавішею F7.



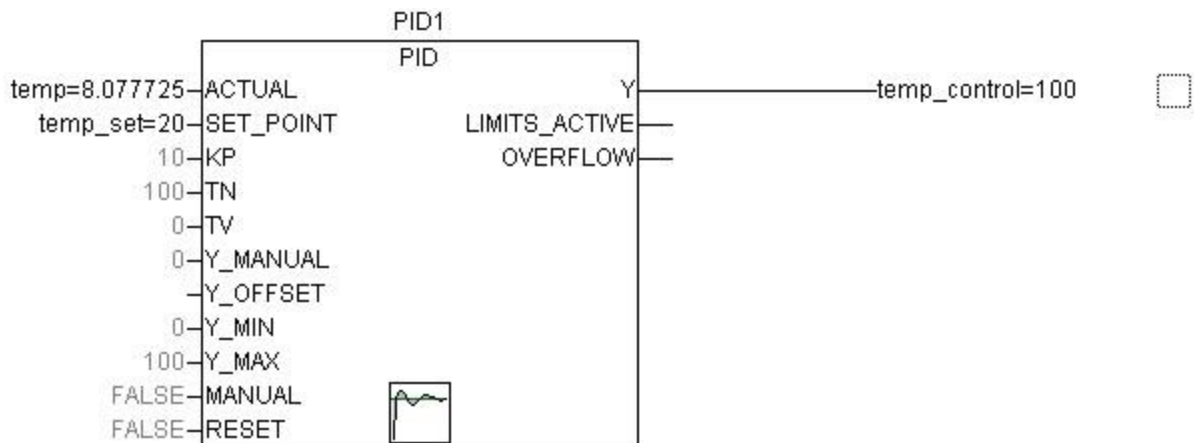


Вихід регулятора повинен встановитися на 100%, так як уставка перевищує поточне значення температури на 20 градусів.

Тепер нам потрібно перевірити, чи потрапляють змінні з контролера в OPC сервер. Для цього використовуємо програму Matrikon OPC Explorer. Після установки пакета CoDeSys в операційному середовищі, потрібно бути зареєстрований OPC-сервер CoDeSys.OPC.02. Зверніть увагу - якщо ви хочете вести обмін даними не на локальній машині, а по DCOM, то вам необхідно змінити налаштування компонентної моделі вашої операційної системи.

Далі необхідно створити об'єкт, яким управлятиме наш регулятор. Створюємо модель об'єкта за допомогою Matlab.

Після створення моделі в Matlab в CoDeSys також можна бачити зміна параметрів:

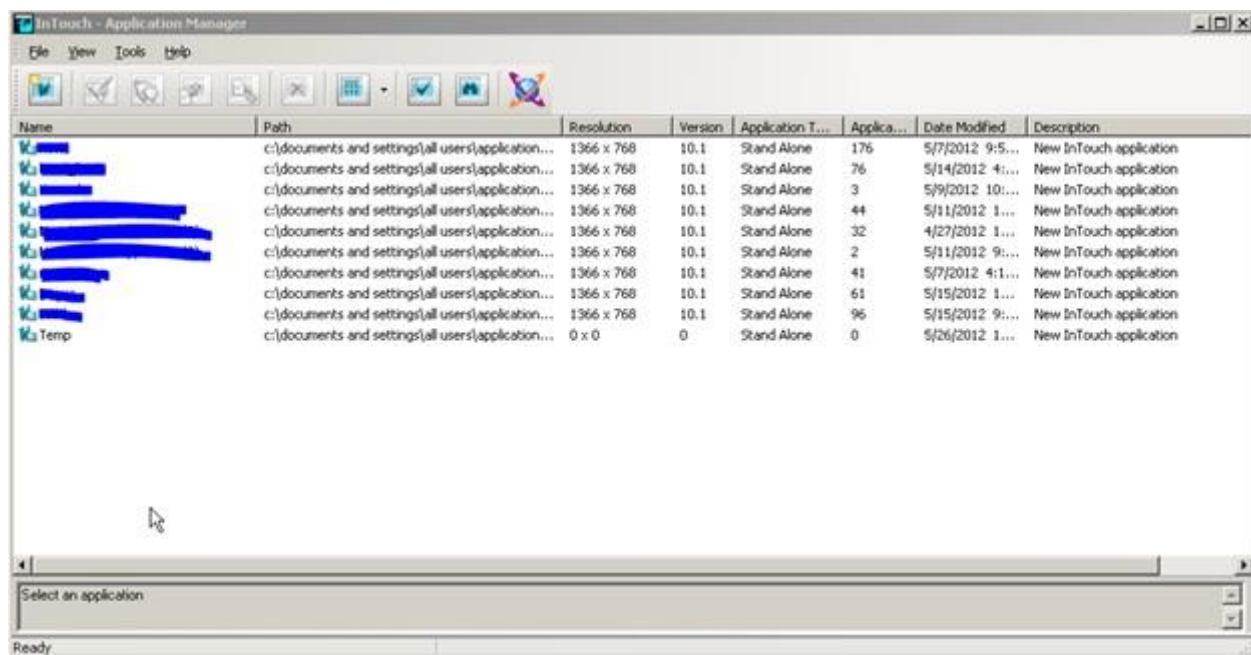


Тепер нам потрібно отримати доступ до змінних CoDeSys в InTouch. Так як InTouch працює зі своїм протоколом SuiteLink, він вимагає наявності шлюзу для перетворення даних, одержуваних за протоколом OPC сервера CoDeSys. Для цього

використовується шлях FSGateway. Після установки його можна знайти в Start -> Programs -> Wonderware-> System Management Console (SMC). За допомогою FSGateway ми отримуємо доступ до змінних CoDeSys в InTouch.

Тепер можемо запускати InTouch. Створюємо новий додаток (File -> New).

Вибираємо шлях до проекту, назва програми і т.д.



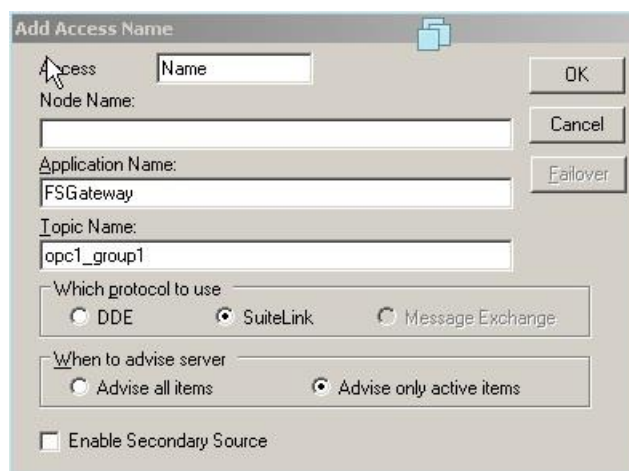
Дозвіл екрану у нового додатка 0 x 0, так як в ньому поки не створено жодного вікна.

Запускаємо новий додаток.

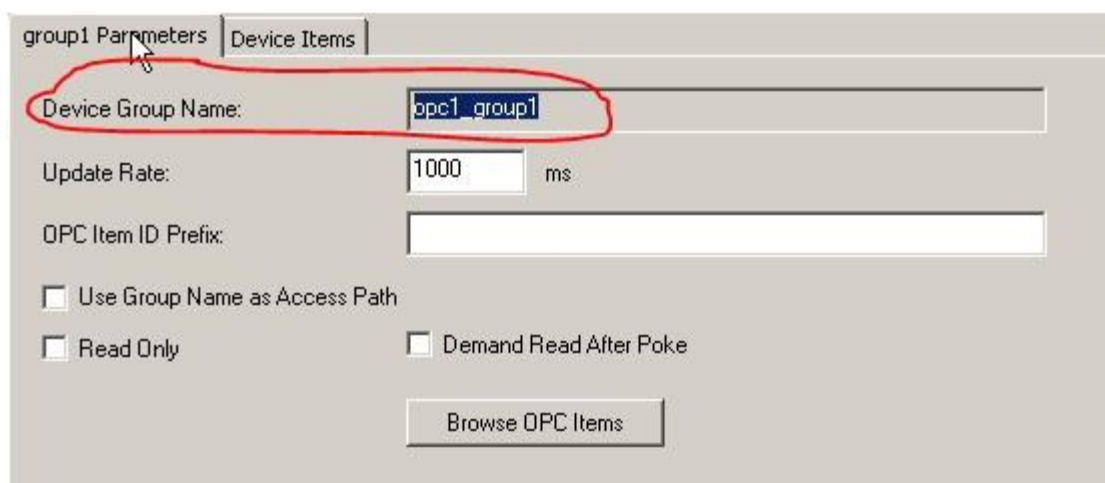
Відразу ж заходимо в Special -> Access Names.



Тепер нам необхідно налаштувати InTouch на прийом даних від FSGateway.
Додаємо нове ім'я доступу.

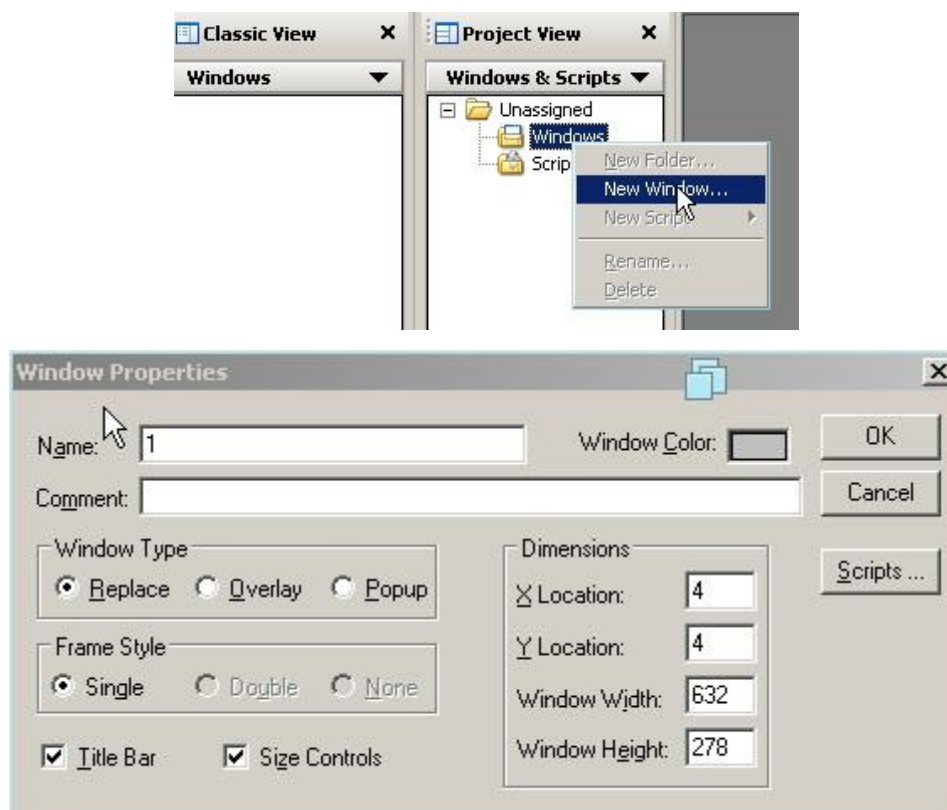


Здається довільне ім'я Access, наприклад Name. Node Name можна залишити порожнім, так як ми працюємо на локальній машині. У Application Name потрібно прописати назву програми, з якого беремо теги - FSGateway. Topic Name копіюється з FSGateway.

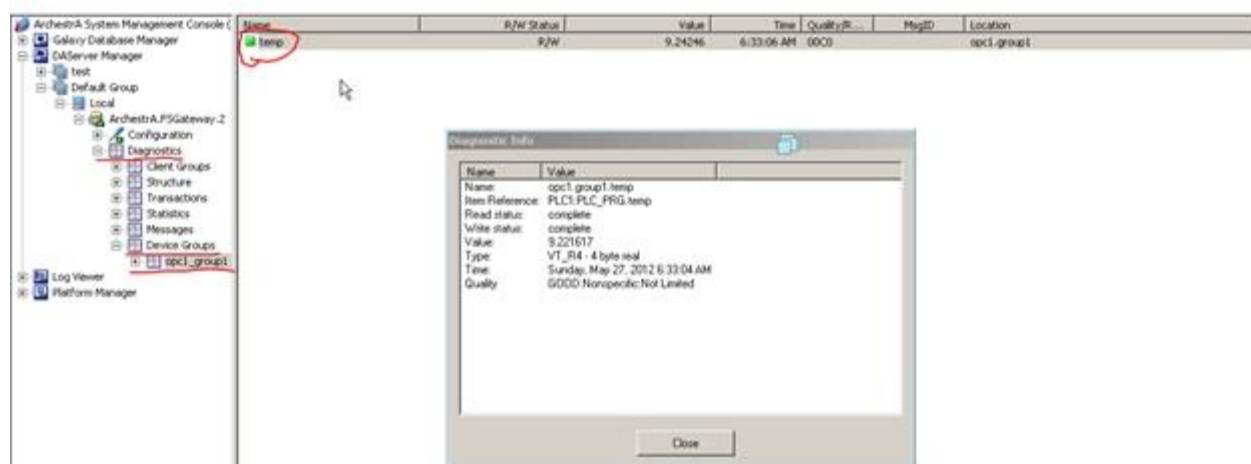


Натискаємо Ok, Close.

Створюємо нове вікно в InTouch.



Задаємо ім'я новому вікну і натискаємо Ок.



Як бачимо в Diagnostic Info якість змінної Good, читання і запис здійснюється без помилок.

CoDeSys + InTouch з'єднанні можемо приступати до подальшого налаштування в системі InTouch.