

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут
Центр заочної і дистанційної форм навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Худoley Г.М.
_____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ
**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ
ВИРОБНИЦТВОМ ОКИСУ ЕТИЛЕНУ**

Керівник проекту:

Худoley Г.М.

Дипломник:
студент гр.СУЗТ-51Ш

Ізотов О.Є.

РЕФЕРАТ

Ізотов Олександр Євгенійович. Система управління виробництвом окису етилену. - Рукопис. – Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом 6.050201-системна інженерія.– Шосткинський інститут Сумського державного університету, Шостка, 2020.

Дипломний проект містить 56 аркушів пояснювальної записки, 35 рисунків, 18 таблиць, 24 джерела інформації, конструкторську документацію, яка містить 7 креслень.

Дипломний проект присвячений розробці системи управління виробництвом окису етилену, пов'язаний з переведенням приладів автоматизації на мікропроцесорний пристрій, який дозволяє поліпшити якість контролю і регулювання технологічних параметрів технологічних агрегатів. Розроблено технічне завдання, розроблено структурну схему автоматизації, розроблена структура системи управління, розроблена функціональна схема автоматизації, обрані канали управління, обрані сучасні засоби автоматизації: датчики, виконавчі пристрої, контролер, розроблена принципова електрична схема вимірювання, принципова електрична схема управління двигунами, розроблена монтажно комутаційна схема, проведений розрахунок і вибір регулятора в контурі управління температурою. Система управління дозволяє зменшити потреби в кількості людських втручань в технологічний процес і зробити процес більш адаптивним до впливів, які можуть виникнути в процесі роботи обладнання. Система управління даного технологічного процесу забезпечує управління великими потужними агрегатами, в якому людські зусилля зводяться до налаштування і налагодження автоматичних пристроїв управління і регулювання.

Ключові слова: система управління, автоматизація виробництва, мікропроцесорний пристрій, контролер, датчик, канал управління.

ABSTRACT

Izotov Olexander Evgenievich. Ethylene Oxide Production Control System. - Manuscript. – The graduation project of the educational qualification level "Bachelor" in 6.050201- system engineering.– Shostka Institute of Sumy State University, Shostka, 2020.

The graduation project contains 56 sheets of explanatory notes, 35 figures, 18 tables, 24 sources of information, design documentation, which contains 7 drawings.

The graduation project is devoted to the development of an ethylene oxide production control system, is associated with the transfer of automation devices to a microprocessor device, which allows to improve the quality of control and regulation of technological parameters of technological units. The technical task is developed, the structural scheme of automation is developed, the structure of control system is developed, the functional scheme of automation is developed, control channels are chosen, modern means of automation are chosen: sensors, actuators, the controller, the basic electric scheme of measurement is developed. scheme, calculation and selection of the controller in the temperature control circuit. The control system allows you to reduce the need for the number of human interventions in the process and make the process more adaptive to disturbing influences that may occur during operation of the equipment. The control system of this technological process provides control of large powerful units, in which human efforts are reduced to setting up and adjusting automatic control and regulation devices.

Keywords: control system, automation of production, microprocessor device, controller, sensor, control channel.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на проектування системи управління
виробництвом окису етилену

Розробник:
студент гр.СУЗТ-51Ш

Ізотов О.Є.

Погоджено:
керівник проекту

Худолей Г.М.

1. Назва і галузь застосування.

Система управління виробництвом окису етилену застосовується в хімічній промисловості.

2. Підстави для проектування.

Підставою для проектування є завдання кафедри на проєкт.

3. Мета і призначення проєкту.

Розробка системи управління виробництвом окису етилену на сучасній апаратній базі, що повинно призвести до:

- 1) підвищення ефективності технологічного процесу виробництва окису етилену;
- 2) підвищення рівня безпеки ведення технологічного процесу, зниження аварійності;
- 3) поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу;
- 4) виключення людського фактору в процесі вимірювання та управління;
- 5) зниження енергетичного навантаження;
- 6) скорочення час пошуку та усунення неполадок.

4. Джерела розроблення..

4.1. В.А. Голубятников, В.В. Шувалов Автоматизация производственных процессов в химической промышленности, – М.: Химия, 1972. – 248с.

4.2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; под ред. А.С. Ключева – М.: Энергоатомиздат, 1990.-464 с.

4.3 ДСТУ 3321-96. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

4.4. ДСТУ 3626-97. Базові програмно-технічні комплекси локального рівня для розосереджених автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги.

4.5 ДСТУ ІЕС 60381-1-2001. Сигнали неперервні для автоматизованих систем керування процесами. Частина 1. Сигнали постійного струму (ІЕС 60381-1:1982, IDT).

4.6. ДСТУ ІЕС 60381-2-2001. Сигнали неперервні для автоматизованих систем керування процесами. Частина 2. Сигнали напруги постійного струму (ІЕС 60381-2:1978, IDT).

4.7. ДСТУ 3451-96 Технічні засоби для розподілених автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги до спряження виробів (рос).

5. Режим роботи об'єкта.

Об'єкт працює в безперервному режимі.

6. Умови експлуатації.

6.1. Джерела живлення – стаціонарна промислова електромережа 380 В 50 Гц. Система гарантованого електропостачання.

6.2. Температура навколишнього середовища, °С, від -20 до 35.

6.3. Вологість навколишнього повітря при температурі 20 °С – 25 – 80 %.

6.4. Атмосферний тиск повітря при температурі 20 °С – 75 – 107 кПа.

6.5. Пожежовибухозахищеність обладнання регламентується категорією ЕХ ІІ.

7. Технічні вимоги.

Система повинна відповідати ГОСТ 24.104-85 «Автоматизовані системи управління» (рос.).

8. Особливі вимоги.

При проектуванні можливо використати технічні і програмні засоби будь-яких світових виробників без обмежень.

ЗМІСТ

Список скорочень та умовних позначень	3
Вступ.....	4
1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта автоматизації	6
3 Вибір каналів контролю та управління	12
4 Вибір засобів автоматизації.....	18
5 Розрахункова частина	40
Висновок.....	54
Список використаних джерел	55

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Система управління виробництвом окису етилену Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Ізотов О.Є.						
Перевірив		Худолей Г.М.					2	56
Рецензент						ІІІСумДУ гр.СУЗТ-51Ш		
Н. контр.								
Затвердив		Худолей Г.М.						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

КВП і А – контрольно-вимірвальні прилади і автоматика

П-регулятор – пропорційний регулятор

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор

ПЗ – програмне забезпечення

ПЛК – програмний логічний контролер

ПК – персональний комп'ютер

ППП – пристрій плавного пуску

ПЧ – перетворювач частоти

РКІ – рідкокристалічний індикатор

САР – система автоматичного регулювання

САУ – система автоматичного управління

ТО – термоперетворювач опору

ЦД – цифровий дисплей

ЦП – центральний процесор

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є одним з вирішальних факторів підвищення продуктивності і поліпшення умов праці.

Автоматизація призводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва: збільшення кількості, поліпшення якості та зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браку і відходів, зменшення витрат сировини і енергії, зменшення чисельності основних робітників. Також впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення навколишнього середовища.

Комплексна автоматизація виробництв хімічної промисловості передбачає не тільки автоматичне забезпечення нормального перебігу процесів з використанням різних автоматичних пристроїв (контролю, регулювання, сигналізації), а й автоматичне керування пуском і зупинкою апаратів для ремонтних робіт і в критичних ситуаціях [2].

Завдання, які вирішуються при автоматизації сучасних хімічних виробництв, дуже складні. Широке застосування знаходять системи автоматичного регулювання (САР), що забезпечують максимальний позитивний ефект функціонування технологічного об'єкта при мінімальних витратах сировини, енергії і т. і.

Більшість промислових потужностей і засобів автоматизації для виробництва окису етилену на території України мають 30-40 років. Вони морально і технічно застаріли. Зробити модернізацію більшості підприємств не видавалося можливим, в зв'язку з важким фінансово-економічним становищем, з загальною кризою і застоєм в промисловості. На сьогоднішній день, момент стабілізації економіки в цілому є сенс модернізувати, розвивати виробництва.

Технологічний процес, представлений в даній роботі, має ряд недоліків:

- застарілі засоби автоматизації;
- занесення даних про вимірювання технологічних параметрів в журнал;
- витрата; великої кількості часу на зняття показань приладів;
- велике енергоспоживання системи автоматизації;
- підвищення аварійності через зношеність матеріальної частини електрообладнання (окислення контактів реле, їх пригорання).

Завданням цієї роботи є вирішення кола питань, пов'язаних з розробкою системи управління виробництвом оксиду етилену.

						СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			4

Дане завдання вирішується за допомогою впровадження сучасних засобів автоматизації, а також мікропроцесорної техніки, яка дає можливість контролювати технологічний процес з великою точністю.

При реалізації даного проекту були досягнуті цілі:

- підвищення ефективності всього технологічного процесу;
- підвищення рівня безпеки ведення технологічного процесу, зниження аварійності;
- поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу;
- скорочення час пошуку та усунення неполадок;
- виключення людського фактору в процесі вимірювання та управління;
- зниження енергетичного навантаження;

Втілення цього проекту призводить до підвищення вимог до обслуговуючого персоналу, підвищення його кваліфікації, створенню стабільних соціальних умов. Людина перемикається на творчу роботу, аналізує результати управління, ставить завдання і програми для автоматичних приладів, виконує наладку складних систем.

Основний зміст роботи викладено в чотирьох розділах, де: виконано аналіз технологічного процесу, визначені параметри технологічного процесу для контролю, сигналізації, управління і блокування, обрана структура системи управління, розроблена структурна схема автоматизації, виконаний вибір засобів автоматизації, розроблена функціональна схема автоматизації, а також електричні принципові схеми вимірювання технологічних параметрів, управління двигунами, сигналізації і блокування [3].

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Загальний опис технологічного процесу [1]

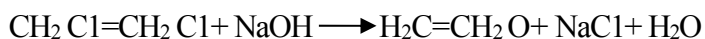
Окис етилену (етиленоксид, оксиран, 1,2-епоксіетан) - органічна речовина, що має формулу C_2H_4O . Цей безбарвний газ з солодкуватим запахом є похідним етилену і являє собою найпростіший епоксид - тричленний гетероцикл з одним атомом кисню і двома метиленовими групами.

Завдяки особливостям молекулярної структури, окис етилену вступає в реакції приєднання з розкриттям циклу, і таким чином легко піддається полімеризації.

Речовина є надзвичайно вогне- та вибухонебезпечна. Окис етилену має дезінфікуючі властивості, а також є сильною отрутою для людини, проявляючи канцерогенну, мутагенну, подразнюючу і наркотичну дію.

Окис етилену є одним з важливих об'єктів основного органічного синтезу і широко використовується для отримання багатьох хімічних речовин і напівпродуктів, зокрема етиленгліколь, етаноламінів, простих і складних гліколевих і полігліколевих ефірів та інших сполук.

Найважливішим похідним етилену є окис етилену, який, в свою чергу, дає початок великій кількості цінних продуктів: етиленгліколь, етаноламіни, галоїдгідрин, діоксан, акрилонітрил, ацетальдегід, отрутохімікати, миючі засоби, розчинники та інше. Виробництво окису етилену здійснюється взаємодією етиленхлоргідрина з лугом:



прямим окисненням етилену на срібних каталізаторах в нерухомому або зваженому шарі. Поряд з основною реакцією:



йде і сильно екзотермічна реакція повного окислення етилену:



Технологічний процес прямого окислення етилену проводиться у два ступені (рис. 1.1).

Атмосферне повітря компресором стискають до робочого тиску (найчастіше 8 – 10 кгс/см² і подають у змішувач. У змішувач подають також етилен, зазвичай вже стиснений компресором № 2 до необхідного тиску 3 – 5 кгс/см². Концентрація етилену повинна бути не менше 95 об'ємн.%. Вихідна суміш має такий склад (в об'ємн.%): C_2H_4 – 3 ... 5; CO_2 – 8 ... 10; O_2 – 5 ... 7; N_2 – 75 ... 80.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вона надходить в трубчастий реактор 9 першого ступеня, де при температурі 220 – 280 °С і тиску 6 – 8 кгс/см² проходить реакція окислення етилену. Реакційні гази, що виходять з нього, в теплообміннику 8 віддають частину свого тепла суміші, що надходить на реакцію, і додатково охолоджуються в холодильнику 10. Реакційна суміш, яка містить 50% окису етилену, повітря і непрореагований етилен проходять через насадку з кілець Рашига для утримання каталізатора, потім холодильник 3 і, нарешті, абсорбер 4, де окис етилену витягується водою, а решта газів компресором 5 подаються в реактор 2-ї ступені 6. Тут при температурі 220 – 280 °С і тиску 6 – 8 кгс/см² відбувається окислення непрореагованого етилену (загальна ступінь перетворення 70-80%) і суміш газів, пройшовши холодильник 7, направляється в абсорбер 8 для вилучення окису етилену.

Водний розчин окису етилену із абсорберів 4 і 8 збирається в збірнику 9, а потім через теплообмінник 10 направляється у відгонну колону 11. У колоні з сорбенту гострою парою відпарюють окис етилену та інші розчинені гази. Вода з нижньої частини колони, пройшовши теплообмінник 10, подається на зрошення абсорберів 4 і 8, а відігнана парогазова суміш, що складається в основному з окису етилену і води в співвідношенні 65 : 35 (по вазі), через дефлегматор 12 надходить в другу колону ректифікації 13, де відбувається видалення ацетальдегідів, двоокису вуглецю. Остаточне очищення окису етилену відбувається в колоні 16, з нижньої частини якої виводиться готовий продукт у вигляді 99,5 % -ного окису етилену.

При виробництві окису етилену необхідно дотримуватися певних параметрів технологічного процесу.

Змішувач

Тут необхідно контролювати і регулювати співвідношення витрат етилену і повітря в пропорції 1 : 9 для отримання якісної сировини, відповідно $1 \pm 0,1$ м³/год для етилену, і $9 \pm 0,1$ м³/год для повітря.

Контактний апарат № 1.

Необхідно контролювати і регулювати температуру в реакторі на рівні 250 ± 30 °С і тиск 7 ± 1 кгс/см² для забезпечення найбільш оптимальної реакції з каталізатором.

Контактний апарат № 2.

Тут потрібно контролювати і регулювати температуру на рівні 250 ± 30 °С і тиск 7 ± 1 кгс/см² для підтримки оптимального процесу окислення етилену, що не прореагував.

Компресор № 1.

У цьому технологічному апараті необхідно контролювати, регулювати тиск на рівні 4 ± 1 кгс/см². Перевищення даного значення введе до створення аварійної ситуації. Також здійснюється блокування по включенню компресора № 3.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компресор № 2

Тут необхідно контролювати, регулювати тиск повітря на рівні 9 ± 1 кгс/см². Так перевищення або зниження заданого значення призведе до аварійної ситуації. Також здійснюється блокування по включенню компресора №3.

Компресор №3

В цьому місці необхідно контролювати, регулювати, тиск газової суміші на рівні 7 ± 1 кгс/см², оскільки перевищення або зниження заданого значення може привести до аварійної ситуації.

Збірник.

Тут необхідно регулювати, контролювати, і блокувати рівень водного розчину окису етилену на заданому значенні. Після його досягнення включається насос, який подає продукт в ректифікаційні колони.

Ректифікаційні колони.

Необхідно контролювати, регулювати температуру в колоні № 1 на значенні 78 ± 1 °С для досягнення оптимального процесу відпарювання окису етилену та інших розчинених газів.

Необхідно контролювати, регулювати температуру в колоні № 2 на значенні 107 ± 3 °С для досягнення оптимального процесу видалення ацетальдегіду і двоокису вуглецю.

Також необхідно контролювати і сигналізувати концентрацію парів етилену в повітрі виробничої зони, оскільки перевищення гранично допустимої концентрації може призвести до отруєння, пожежі або вибуху.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

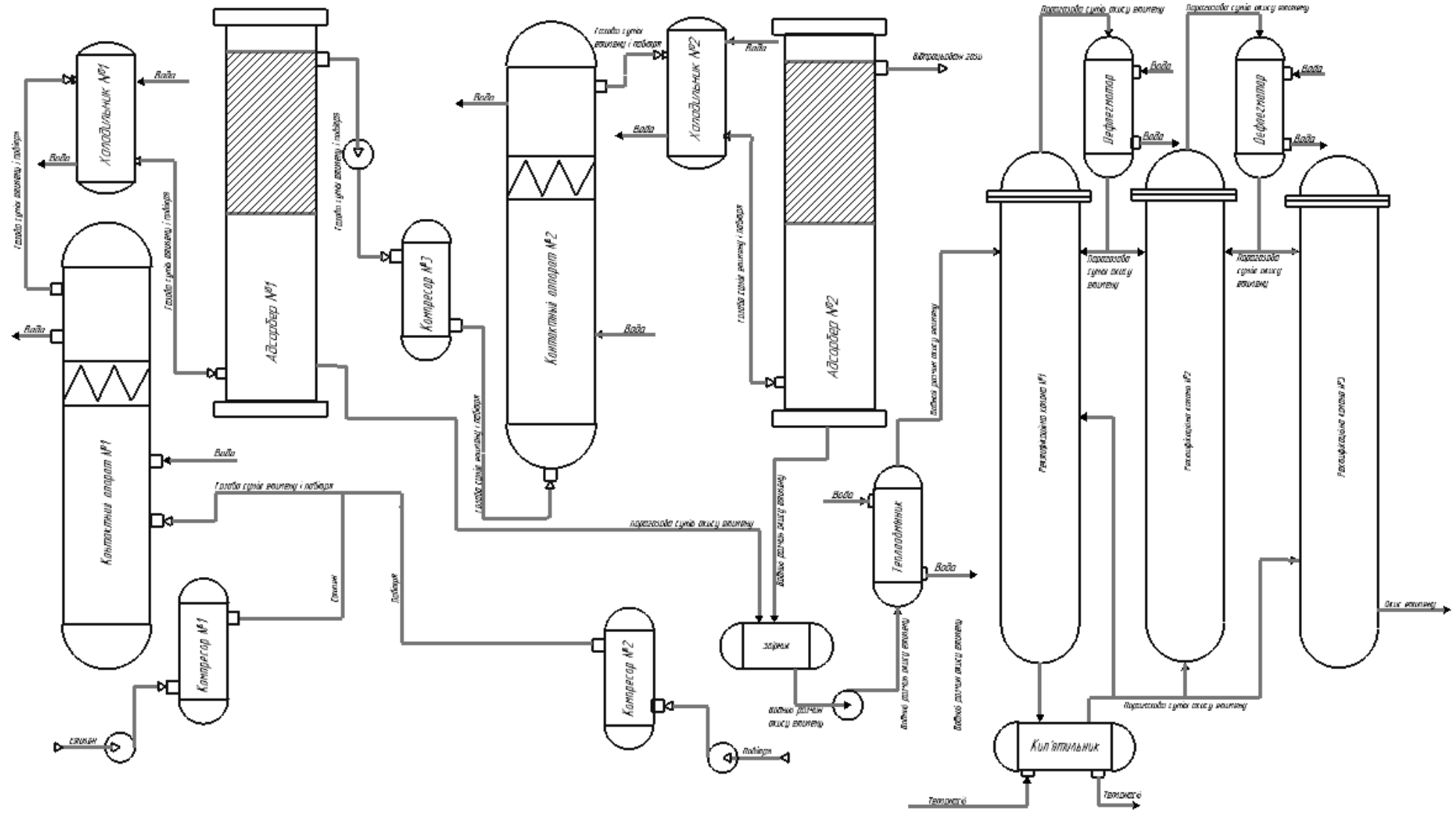


Рисунок 1.1 – Технологічна схема прямого окислення етилену

2 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Виходячи з аналізу технологічної схеми (рис. 1.1) і процесу виробництва параметри для сигналізації, контролю і управління наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік параметрів

Параметр	Позиція технологічної схеми	Функції	Величина
Витрата етилену	Контактний апарат №1	Контроль, управління	$1 \pm 0,1 \text{ м}^3/\text{год.}$
Витрата повітря	Контактний апарат №1	Контроль, управління	$9 \pm 0,1 \text{ м}^3/\text{год.}$
Температура газової суміші	Контактний апарат №1	Контроль, управління	$250 \pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Тиск етилену	Компресор №1	Контроль, сигналізація, управління, блокування	$4 \pm 1 \text{ кгс/см}^2$
Тиск повітря	Компресор №2	Контроль, сигналізація, управління, блокування	$9 \pm 1 \text{ кгс/см}^2$
Тиск газової суміші	Контактний апарат №2	Контроль, сигналізація, управління, блокування	$7 \pm 1 \text{ кгс/см}^2$
Температура газової суміші	Контактний апарат №2	Контроль, регулювання	$250 \pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Рівень водного розчину окису етилену	Збірник	Контроль, регулювання	$(0 - 800) \pm 50 \text{ мм}$
Температура водного розчину окису етилену	Ректифікаційна колона № 1	Контроль, регулювання	$78 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура окису етилену	Ректифікаційна колона № 2	Контроль, регулювання	$107 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
Концентрація парів окису етилену	Ректифікаційна колона № 1	Контроль, сигналізація	$<1 \text{ мг/м}^3$
Концентрація парів окису етилену	Ректифікаційна колона № 2	Контроль, сигналізація	$<1 \text{ мг/м}^3$
Концентрація парів окису етилену	Ректифікаційна колона № 3	Контроль, сигналізація	$<1 \text{ мг/м}^3$

Виходячи з обраних параметрів сигналізації, контролю і управління, структурна схема автоматизації має вигляд, представлений на рис. 2.1.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.					
Дрк.					
№ док. ум.					
Підпис					
Дата					
СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ					
Дрк.					
11					

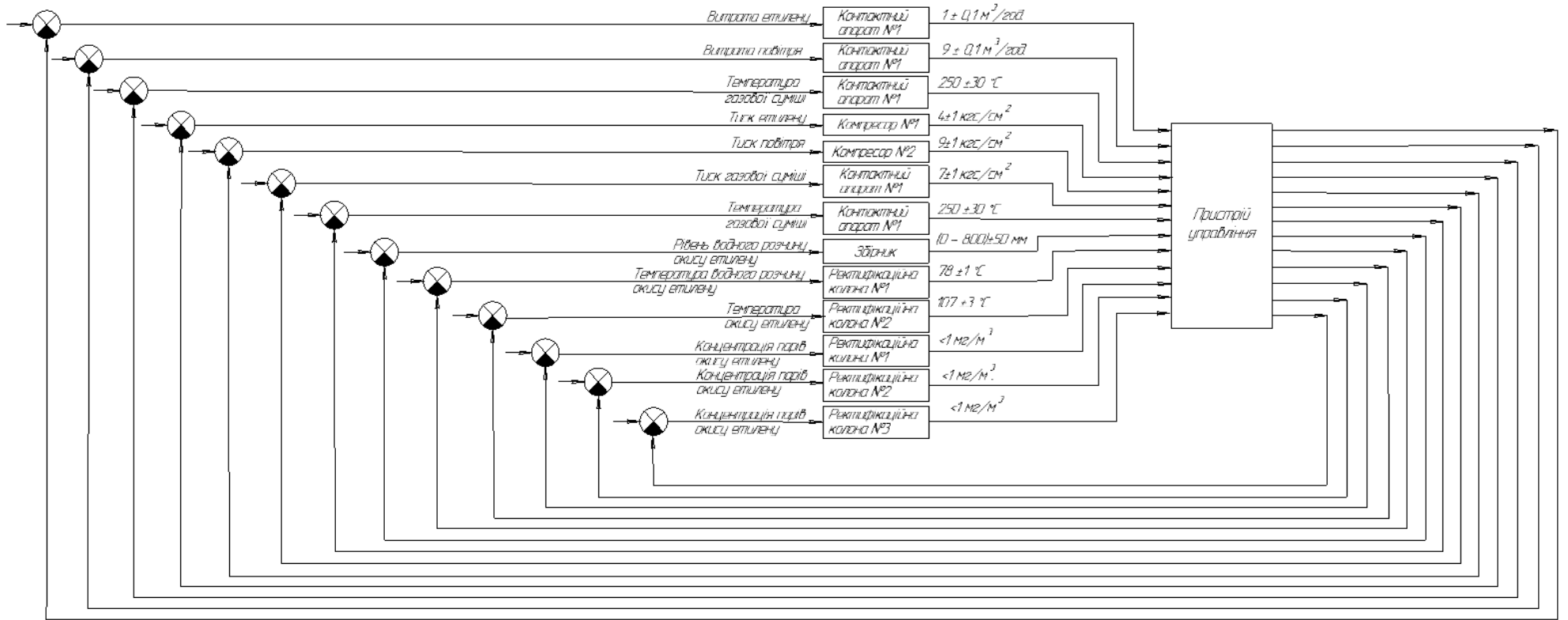


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизації

3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Канали контролю і управління

3.1.1 Витрата етилену в контактний апарат №1

Для отримання якісної сировини необхідно підтримувати витрати етилену $1 \pm 0,1$ м³/год. Для цього на трубопроводі подачі етилену в контактний апарат №1 установлений витратомір і регулюючий клапан для зміни витрати.

3.1.2 Витрата повітря в контактний апарат №1

Для підтримання співвідношення витрат етилену і повітря в пропорції 1 : 9 необхідно підтримувати витрати $9 \pm 0,1$ м³/год. Для цього на трубопроводі подачі повітря в контактний апарат №1 установлений витратомір і регулюючий клапан для зміни витрати.

3.1.3 Температура газової суміші в контактному апараті №1

Для забезпечення найбільш оптимальної реакції з каталізатором необхідно контролювати і регулювати температуру в реакторі на рівні (250 ± 30) °С. Для підтримки необхідної температури газової суміші в реакторі встановлений датчик температури, а на трубопроводі подачі високотемпературного теплоносія в нижній частині реактору і на трубопроводі подачі охолоджуючої води у верхній частині реактору установлені регулюючі клапани.

3.1.4 Тиск етилену після компресора №1

З метою необхідного тиску 4 ± 1 кгс/см² і умов створення робочої суміші, недопущення перевищення заданого значення, що може призвести до створення аварійної ситуації, на трубопроводі подачі етилену до змішувача встановлений датчик тиску, на компресорі засоби управління двигуном компресора №1 і блокування вмикання компресора № 3.

3.1.5 Тиск повітря після компресора №2

З метою підтримки необхідного тиску 9 ± 1 кгс/см² і умов створення робочої суміші, недопущення перевищення або зниження заданого значення, що може призвести до аварійної ситуації, на трубопроводі подачі повітря до змішувача встановлений датчик тиску, на компресорі №2 засоби управління двигуном компресора № 2 і блокування вмикання компресора № 3.

3.1.6 Тиск газової суміші в контактному апараті №2

Необхідно контролювати, регулювати, тиск газової суміші на рівні 7 ± 1 кгс/см², оскільки перевищення або зниження заданого значення значно знижує ефективність процесу. З метою підтримки необхідного тиску в контактному апараті № 2 встановлений датчик тиску, на компресорі № 3 засоби управління двигуном компресора.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.7 Температура газової суміші в контактному апараті №2

Потрібно контролювати і регулювати температуру на рівні 250 ± 30 °С для підтримки оптимального процесу окислення етилену, що не прореагував. Для підтримки необхідної температури газової суміші в реакторі встановлений датчик температури, а на трубопроводі подачі високотемпературного теплоносія в нижній частині реактору і на трубопроводі подачі охолоджуючої води у верхній частині реактору встановлені регулюючі клапани.

3.1.8 Рівень водного розчину окису етилену у збірнику

Тут необхідно контролювати рівень водного розчину окису етилену на заданому значенні. Після його досягнення включається насос, який подає продукт в ректифікаційні колони. Для цього встановлений датчик рівня, за сигналом з якого вмикається двигун насоса.

3.1.9 Температура водного розчину окису етилену

Необхідно контролювати, регулювати температуру подачі у колону № 1 на значенні 78 ± 1 °С для досягнення оптимального процесу відпарювання окису етилену та інших розчинених газів. Для підтримки необхідної температури водного розчину окису етилену на виході теплообмінника встановлений датчик температури, а на трубопроводі подачі пари в на підігрів теплообмінника встановлений регулюючий клапан.

3.1.10 Температура окису етилену

Необхідно контролювати, регулювати температуру подачі у колону № 2 на значенні 107 ± 3 °С для досягнення оптимального процесу відпарювання окису етилену та інших розчинених газів. Для підтримки необхідної окису етилену на виході теплообмінника встановлений датчик температури, а на трубопроводі подачі пари на підігрів теплообмінника встановлений регулюючий клапан.

3.1.11 Концентрація окису етилену

Для контролю концентрації окису етилену в робочих зонах колон очистки окису етилену встановлені датчики концентрації парів етилену. За їхнім сигналом вмикається двигун вентилятора і сигналізація.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Контури управління

3.2.1 Контур управління витратою етилену в контактний апарат №1

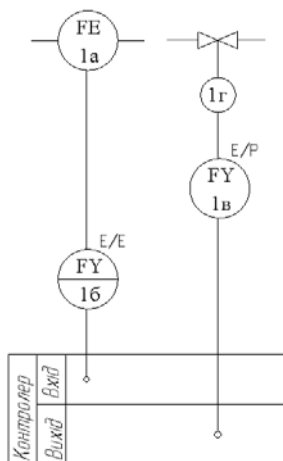


Рисунок 3.1 – Контур управління витратою

3.2.2 Контур управління витратою повітря в контактний апарат №1

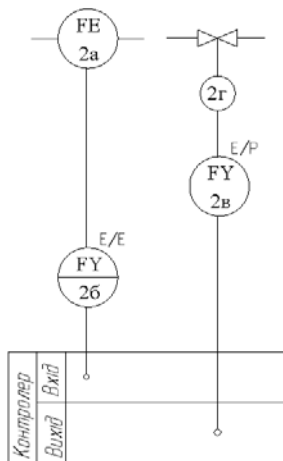


Рисунок 3.2 – Контур управління витратою повітря в контактний апарат №1

3.2.3 Контур управління температурою газової суміші в контактному апараті № 1

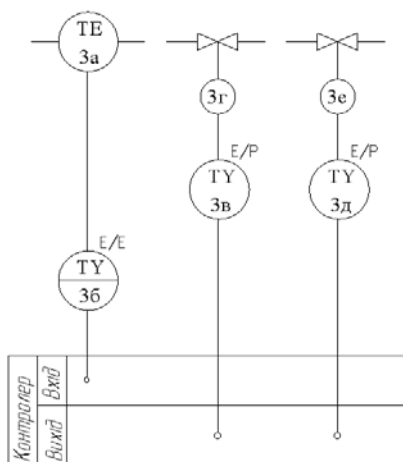


Рисунок 3.3 – Контур управління температурою газової суміші

3.2.4 Контур управління тиском етилену після компресора №1

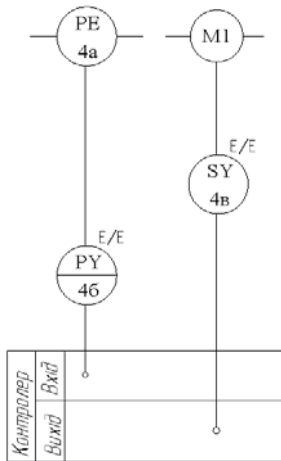


Рисунок 3.4 – Контур управління тиском етилену

3.2.5 Контур управління тиском повітря після компресора № 2

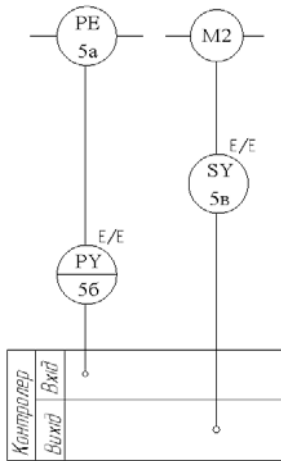


Рисунок 3.5 – Контур управління тиском повітря

3.2.6 Контур управління тиском газової суміші в контактному апараті № 2

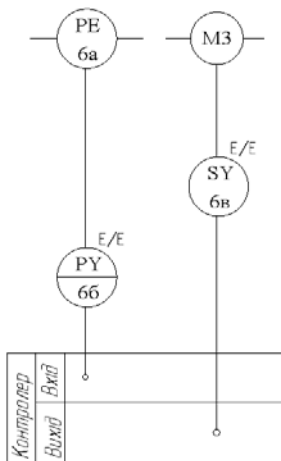


Рисунок 3.6 – Контур управління тиском газової суміші

3.2.7 Контур управління температурою газової суміші в контактному апараті № 2

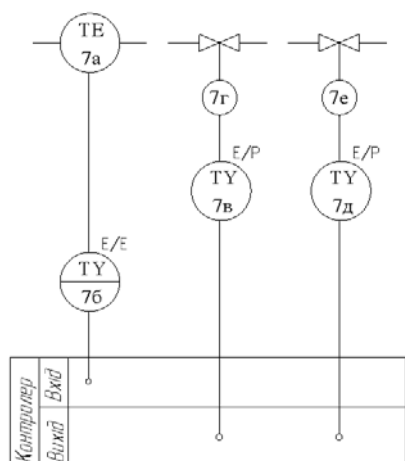


Рисунок 3.8 – Контур управління температурою газової суміші

3.2.8 Контур управління рівнем водного розчину окису етилену у збірнику

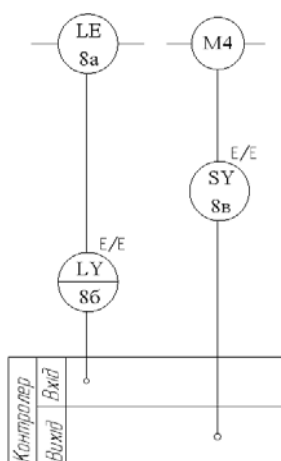


Рисунок 3.8 – Контур управління рівнем водного розчину окису етилену

3.2.9 Контур управління температурою водного розчину окису етилену

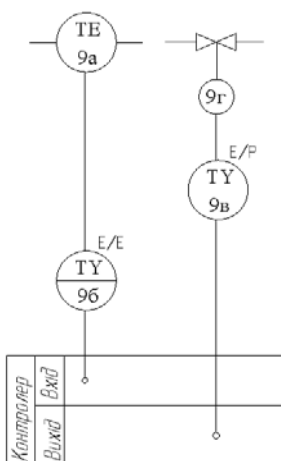


Рисунок 3.9 – Контур управління температурою

3.2.10 Контур управління температурою окису етилену

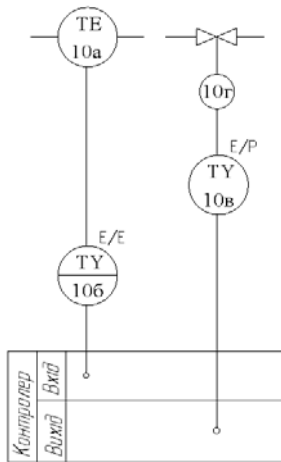


Рисунок 3.10 – Контур управління температурою

3.2.11 Контур контролю концентрації етилену

Всі контури контролю концентрації етилену на колонах № 1, 2 і 3 однакові. Тому зобразимо один з них, а інші такі ж за будовою.

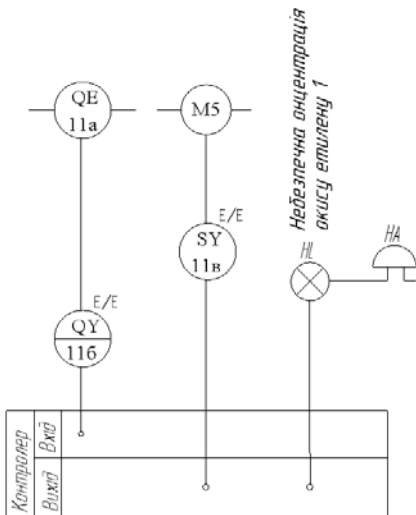


Рисунок 3.11 – Схема контролю концентрації

Відповідно за контурами і технологічною схемою розроблена функціональна схема [3] системи управління виробництвом окису етилену (СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.А2)

4 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Вибір засобів вимірювання рівня

Технічні характеристики датчиків представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики датчиків рівня.

Технічна характеристика	Датчики		
	Pointek CLS 200	СЖУ-1-В	NIVOPPOINT
Принцип вимірювання	Ємнісна система граничного рівня	Ультразвуковий	Магнітна взаємодія
	Вхід		
Максимум. довжина з датчиком	100 мм	Від 80 до 4000 мм	0,25...3 м
	Вихід		
Іскробезпечний	DC 40 V / AC 28 V, max 100 mA	DC 14 - 28V max 100 mA	250 В AC, 120 ВА, 3 А
Струмовий вихідний сигнал	4...20 mA	4...20 mA	-
	Точність вимірювання		
Точність	2 мм	2,5 мм	10 мм
	Умови використання		
Зовнішні умови	-40 до +85 °С максимальний тиск 5,5 МПа (за замовленням до 20,0 МПа) щільність від 500 до 3000 кг/м ³	-196 до +400 °С максимальний тиск 6,0 МПа (за замовленням до 20,0 МПа) щільність від 500 до 3000 кг/м ³	-40 °С до +150 °С 2,5 МПа (25 бар) (при 20°С)
Клас захисту	IP65 / Тур 4X / NEMA 4X	IP 67	IP 65
Властивості вимірюваної речовини	Рідини, сипучі речовини, суспензії і розділові шари	Рідини у відкритих або закритих ємностях	Нормальні і вибухонебезпечні рідини і газу
	Зовнішнє живлення		
Стандарт	DC 10 до 33 V	DC 24В	AC 250В
	Сертифікати		
	Вартісна характеристика		
Ціна, євро	211	190	300

Порівнявши, обираємо Pointek CLS 200. Його перевага перед СЖУ-1: має більший діапазон виміру, більша точність вимірювання, більш жорсткі зовнішні умови. Переваги перед NIVOPPOINT: має струмовий вихід, що може знадобитися при модернізації; вартість, більша точність вимірювання. Дані взяті з [2,3,4]

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

4.2 Вибір засобів вимірювання температури.

Технічні характеристики датчиків представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики датчиків температури.

Технічна характеристика	Датчик		
	D1072	SITRANS TH100	IM34-11Ex-i
	Вхід		
Тип входу	Термометри опору Pt 100, Pt 50, Ni 100, Cu 100, Cu53 термопари A1, A2, A3, B, J,K, Lr	Pt 100	Ni100/Pt100 Термопари B, E, J, K, N, R, S, T
Тип підключення	2-х, 3-х, 4-х дротова для термометрів опору.	2-х, 3-х, 4-х дротова	2-х, 3-х, 4-х дротова
Точність вимірювання	0,25 °C	0,25 °C	0,1 °C
Діапазон вимірювання	-200 ... 1050 °C	-200 ... 850 °C	-200...800°C
Придушення завад	Немає	50 и 60 Гц	Немає
	Вихід		
Вихідний сигнал	0/4-20 mA,0/1-5В, 0/2-10В	4 ... 20 mA, 2-х дротовий	0/4...20 mA
Живлення	DC 24В	8.5 ... 36 V DC	20...250 В AC
Захист	Немає	Від зворотної полярності	Немає
Клас захисту	IP40	IP40	IP20
	Вартісна характеристика		
Ціна, євро.	296	400	324

Порівнявши, обираємо датчик D1072. Його основні переваги перед SITRANS TH100: на вхід можна приєднувати як термопари, так і термометри опору, більший діапазон температур, більша кількість вихідних сигналів - може бути необхідно при модернізації, дешевше. Дані взяті з [5,6,7].

4.3 Вибір засобів вимірювання тиску.

Технічні характеристики датчиків тиску представлені в табл. 4.3.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики датчиків тиску.

Технічна характеристика	Датчик		
	SITRANS P	APC-2000AL	PC-28
	Вхід		
Діапазон вимірювання	0,16 ... 16 кгс/см ²	0-0,7 МПа	0-600 кПа
Точність вимірювання	0,5 %	1 %	1 %
	Вихід		
Вихідний сигнал	4 ... 20 mA	4 ... 20 mA	4 ... 20 mA
Захист від зміни полярності	Є	Немає	Немає
	Навколишні умови		
Зовнішня температура	-20 ... +75 °С	-25...80 °С	-40 – 80 °С
Відносна вологість повітря	<80%	<90%	<85%
Клас захисту	IP65	IP65	IP64
	Зовнішнє живлення		
Стандарт	DC 24 В	DC 10-36 В	12- 36 DC
	Вартісна характеристика		
Ціна, євро	517	340	200

Порівнявши, обираємо датчик APC-2000AL. Він має наступні переваги перед SITRANS P: вище точність вимірювання, витримує більш суворі навколишні умови, дешевший. Переваги APC-2000AL перед PC-28: більш широкий діапазон виміру, може перебувати в більш суворих умовах навколишнього середовища.

Дані взяті з [8,9,10].

4.4 Вибір засобів вимірювання витрати.

Технічні характеристики датчиків витрати представлені в табл. 4.4

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						20
Изм.	Арк.	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 4.4 - Технічні характеристики датчиків витрати.

Технічна характеристика	Датчик	
	AWM-1100V	AWM-3200CR
	Вхід	
Діапазон вимірювання	0-12 м ³ /год.	0-20 м ³ /год.
Точність вимірювання	1 %	1,5 %
	Вихід	
Вихідний сигнал	4 ... 20 mA	4 ... 20 mA
	Навколишні умови	
Зовнішня температура	-20 ... +80 °C	-20...80 °C
Відносна вологість повітря	<90 %	<90 %
Клас захисту	IP65	IP65
	Зовнішнє живлення	
Стандарт	DC 10 В	DC 10 В
	Вартісна характеристика	
Ціна, євро	90	105

Порівнявши характеристики, викладені в таблиці 4.4, обираємо датчик. Оскільки немає необхідності в великому діапазоні вимірювань, і ціна трохи нижча, вибір здійснюємо на користь AWM-1100V. Дані взяті з [11].

4.5 Вибір засобів для вимірювання концентрації парів окису етилену.

Таблиця 4.5 - Технічні характеристики засобів вимірювання парів окису етилену.

Технічна характеристика	ЩИТ-2	ДАТ-М
Принцип дії	термохімічний	
Діапазон вимірювань, % НКПР	від 5 до 50	від 0 до 50
Межа допустимої основної абсолютної похибки, % НКПР	5	5
Час спрацювання (інерційність), Час спрацювання, с, не більше, с	10	15
Час прогріву, хв., не більше	5	-
Тривалість роботи в автоматичному режимі без техобслуговування, діб	46	-
Середнє напрацювання до відмови, год.	66700	55000

Порівнявши характеристики, наведені в табл. 4.5, обираємо ЩИТ-2. Він має менший час спрацьовування, і більший ресурс в напрацюванні до відмови. Дані взяті з [11,12].

4.6 Вибір виконавчих пристроїв

4.6.1 Регулюючі клапани

В якості регулюючого клапана поз. 1г використаємо пневматичний регулюючий, такий, що швидко закривається, клапан для газоподібних середовищ Samson 241-7-газ.

В якості регулюючих клапанів поз. 2г, 3г, 3е, 7г, 7е, 9г, 10г використаємо пневматичні регулюючі клапани 3244-1.

4.6.2 Запірні клапани

В якості запірних клапанів 1е, 6г, 8г, 8д використаємо пневматичні запірні клапани «відкрити-закрити» Samson 3351 з приводом Samson 3277.

4.3 Виконавчі механізми

Для управління електродвигунами змінного струму, які піддаються вимушеним і небажаним піковим навантаженням в процесах пуску і зупинки, для усунення електричних проблем, пов'язаних зі стрибками напруги і струму, що виникають під час пуску безпосередньою подачею напруги і перемиканням зірка-трикутник і інших проблем використовується пристрій плавного пуску типу PSR компанії АББ. За допомогою систем плавного пуску АББ можна здійснювати плавний пуск і зупинку систем, зводячи механічні та електричні перевантаження до мінімуму.

Технічні характеристики пристрою плавного пуску PSR6-600-70 (1SFA896104R7000) [14]:

- Напруга мережі 400 В
- Номінальна потужність 3 кВт
- Номінальний струм 6,8 А

Для керування пневмоприводами регулюючих клапанів необхідно обрати електропневмоперетворювач. Виберемо електропневмоперетворювач ЕП-0020 [3]. Його характеристики наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Характеристики електропневмоперетворювача ЕП-

Характеристика	Величина
Вхідний сигнал, мА	4...20 мА
Основна похибка, %	≤1
Кліматичне виконання	УХЛ4.2
Виконання за стійкістю до навколишнього середовища	Звичайне
Вихідний пневматичний аналоговий сигнал	20-100 кПа
Номінальний тиск повітря для живлення	140 кПа
Витрата повітря для живлення перетворювача	≤2 л/хв.

Для підготовки повітря для живлення перетворювачів рекомендується використовувати фільтр-стабілізатор тиску повітря ФСДВ.

4.7 Вибір контролера

Тепер, коли ми маємо всі необхідні датчики, виконавчі механізми і в потрібній кількості, потрібно вибрати контролер. Контролер вибираємо виходячи із забезпечення необхідної швидкодії, обсягу пам'яті, можливості узгодження з АРМ, простоти налаштування і експлуатації, а також з огляду на кількість входів і виходів, їх вид.

Для цього скористаємося необхідними умовами і визначимо кількість вхідних і вихідних сигналів.

Вхідні і вихідні сигнали зведені відповідно до табл. 4.7 і табл. 4.8.

Таблиця 4.7 – Вхідні сигнали

Визначення сигналу	Вид сигналу	Величина
Витрата етилену в контактний апарат №1	Аналоговий	4...20 мА
Витрата повітря в контактний апарат №1	Аналоговий	4...20мА
Температура газової суміші в контактному апараті №1	Аналоговий	4...20мА
Тиск етилену після компресора №1	Аналоговий	4...20мА
Тиск повітря після компресора № 2	Аналоговий	4...20мА
Тиск газової суміші в контактному апараті № 2	Аналоговий	4...20мА
Температура газової суміші в контактному апараті № 2	Аналоговий	4...20мА
Рівень водного розчину окису етилену у збірнику	Аналоговий	4...20мА
Температура водного розчину окису етилену	Аналоговий	4...20мА
Температура окису етилену	Аналоговий	4...20мА
Швидкість обертання приводу від ЧРП (3)	Аналоговий	4...20мА
Концентрація етилену (3)	Аналоговий	4...20мА

Вхідних сигналів 16: аналогових – 16, дискретних – 0.

Таблиця 4.8 – Вихідні сигнали

Визначення сигналу	Вид сигналу	Величина
Управління клапаном для зміни витрати етилену в контактний апарат №1	Аналоговий	4...20 мА
Управління клапаном на трубопроводі подачі газової суміші в контактний апарат №1	Дискретний	лог «0», лог «1»
Управління клапаном для зміни витрати повітря в контактний апарат №1	Аналоговий	4...20мА
Управління клапаном на трубопроводі подачі високотемпературного теплоносія в нижній частині контактного апарату №1	Аналоговий	4...20мА
Управління клапаном на трубопроводі подачі охолоджуючої води у верхній частині контактного апарату №1	Аналоговий	4...20мА

Продовження таблиці 4.8

Управління двигуном компресора №1 і блокування вмикання компресора № 3	Дискретний	HART, лог «0», лог «1» 4...20mA
Управління двигуном компресора №2 і блокування вмикання компресора № 3	Дискретний	HART, лог «0», лог «1» 4...20mA
Управління двигуном компресора №3	Дискретний	HART, лог «0», лог «1» 4...20mA
Управління клапаном на трубопроводі подачі високотемпературного теплоносія в нижній частині контактного апарату №2	Аналоговий	4...20mA
Управління клапаном на трубопроводі подачі охолоджуючої води у верхній частині контактного апарату №2	Аналоговий	4...20mA
Управління клапаном на трубопроводі подачі охолоджуючої води у теплообмінник	Аналоговий	4...20mA
Управління клапаном на трубопроводі подачі високотемпературного теплоносія в кип'ятильник	Аналоговий	4...20mA
Вмикання насоса подачі окису етилену в ректифікаційні колони	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Управління клапанами на трубопроводах подачі водного розчину окису етилену в збірник (2)	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Управління клапаном подачі пари на підігрів теплообмінника	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Вмикання сигналізації про високий тиск етилену	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Вмикання сигналізації про тиск повітря (2)	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Вмикання сигналізації про тиск газової суміші (2)	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Вмикання сигналізації про перевищення граничної концентрації етилену (3)	Дискретний	Лог «0», лог «1»
Вмикання двигуна витяжного вентилятора	Дискретний	Лог «0», лог «1»

Вихідних сигналів 29: аналогових - 8, дискретних – 21.

На підставі викладених даних зведемо вимоги до контролера. в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Вимоги до контролера

Функціональні вимоги	Кількісна характеристика
Кількість аналогових входів	13
Підтримуваний уніфікований сигнал	4...20 mA
Кількість дискретних входів	-
Кількість дискретних виходів	8
Кількість аналогових виходів	18
Підтримуваний уніфікований сигнал	4...20 mA

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Даним вимогам задовольняють контролери, що представлені нижче. Їх експлуатаційні характеристики - в табл. 4.10, технічні характеристики представлені в табл. 4.11, споживчі характеристики в табл. 4.12.

Таблиця 4.10 - Експлуатаційні характеристики контролерів

Характеристика	Ремиконт Р-130И	ADAM-5000	SIMATIC S7-300	DL 205
Діапазон робочих температур	-10...+70 °С	-10...+70 °С	-25...+60 °С	0..60 °С
Відносна вологість повітря	5-95%	5-95%	5-95%	5-95%

Таблиця 4.11 – Технічні характеристики контролерів

Характеристика	Ремиконт Р-130И	ADAM-5000	SIMATIC S7-300	DL 205
Кількість аналогових входів	0-16	0-64	64-4096	0-8
Кількість аналогових виходів	0-4	0-64	64-4096	0-8
Аналогові входні сигнали	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10В	±150, ±500 мВ, ±1, ±5, ±10 В; 0/4...20 мА	± 5 В от 1 до 5 В ± 10 В от 0 до 20 мА ± 20 мА от 4 до 20 мА	±150, ±500 мВ, ±1, ±5, ±10 В; 0/4...20 мА
Аналогові вихідні сигнали	0-5, 0-20, 4-20 мА	±150, ±500 мВ, ±1, ±5, ±10 В; 0/4...20 мА	± 5 В от 1 до 5 В ± 10 В от 0 до 20 мА ± 20 мА от 4 до 20 мА	±150, ±500 мВ, ±1, ±5, ±10 В; 0/4...20 мА
Кількість дискретних входів і виходів	0-32	0-128	256-65536	0-32
Дискретні входні сигнали	логический «0» - 0-7 В; логічна «1» - 18-30 В ~220В	логічний «0» - 0-8 В; логічна «1» - 20-40 В ~220В	логічний «0» - 0-1 В; логічна «1» - 24 В ~220В	Логічний «0» - 0-1 В; логічна «1» - 24 В, ~220В
Швидкодія	0,5 - 2,0 с	0,2 с	0,2 с	0,4 с
Напруга ізоляції	~1000В	~1200В	~1460В	~1300В

Таблиця 4.12 - Споживчі характеристики контролерів.

Характеристика	Ремиконт P-130И	ADAM-5000	SIMATIC S7-300	DL 205
Напрацювання до відмови, годин	9000	50000	120000	40000
Середній час відновлення, годин	2	1	1	1,5
Вартість обладнання, євро	1600	2550	6200	2230

Продовження таблиці 4.12

Вартість монтажу, євро	160	255	620	223
Споживана потужність, ВА	15	20	40	15

Дані взяті з [17,18,19,20].

На підставі даних табл. 4.9, 4.10, 4.11 вибираємо контролер. SIMATIC S7-300 перевершує всі контролери за більшістю параметрів, крім ціни, що важливо, але ще більш важлива надійність і можливість використання SCADA-системи при проектуванні. Тому застосуємо SIMATIC S7-300.

4.7.1 Вибір конфігурації контролера

S7-300 - це універсальний модульний програмований контролер, який використовується для вирішення завдань автоматичного управління низького і середнього ступеня складності.

Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних секторах промислового виробництва.

Модульна конструкція, робота з природним охолодження, можливість застосування структур локального и розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельності рішень для побудови систем автоматичного управління в різних секторах промислового виробництва.

Як вже зазначалося, контролери мають модульну організацію. Завдяки цьому вони дозволяють використовувати в своєму складі такі пристрої:

- 1) модуль ЦП, призначений для управління всіма вузлами контролера і виконання програми користувача;

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- 2) модуль блоку живлення, що дозволяє здійснювати живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120-230 В, або від джерела постійного струму напругою 24/48/60/110 В;
- 3) сигнальні модулі, які здійснюють введення-виведення дискретних і аналогових сигналів;
- 4) комунікаційні процесори, які підключають контролер до мережі Profibus, Profinet і організують зв'язок через інтернет;
- 5) функціональні модулі самостійно вирішують завдання регулювання, позиціонування, обробки сигналів, оскільки забезпечені внутрішнім мікропроцесором;
- 6) інтерфейсні модулі підключають до базового блоку стійки розширення введення-виведення.

Конструкція контролера відрізняється високою гнучкістю і зручністю обслуговування:

1. Всі модулі встановлюються на профільну шину S7-300 і фіксуються в робочому положенні гвинтами.
2. У всі модулі (крім модулів блоків живлення) вбудовані ділянки внутрішньої шини контролера. Поєднання цих ділянок виконується шинними з'єднувачами, що встановлюються на тильній стороні корпусу. Шинні з'єднувачі входять в комплект поставки всіх модулів за винятком центральних процесорів і блоків живлення.
3. Наявність фронтальних з'єднувачів, що дозволяють робити заміну модулів без демонтажу зовнішніх з'єднань і спрощують виконання операцій підключення зовнішніх ланцюгів модулів.
4. Підключення зовнішніх ланцюгів через фронтальні з'єднувачі з контактами під гвинт або контактами-засувками, а також контактами FastConnect.
5. Механічне кодування фронтальних з'єднувачів, що виключає можливість виникнення помилок при заміні модулів.
6. Застосування модульних і гнучких з'єднувачів SIMATIC TOP Connect, істотно спрощують монтаж шаф управління.
7. Єдина для всіх модулів глибина корпусу. Всі кабелі розташовуються в монтажних каналах модулів і закриваються захисними дверцятами.
8. Переміщення розміщення модулів в монтажних стійках. Фіксовані місця повинні займати тільки блоки живлення, центральні процесори і інтерфейсні модулі.

Допускається виконувати горизонтальну (вісь монтажною стійки орієнтована в горизонтальній площині) і вертикальну установку стійок контролера. При вертикальній установці погіршуються умови охолодження модулів, тому верхня межа допустимого діапазону робочих температур знижується.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так, виберемо модуль центрального процесора серії S7-300 CPU315-2 DP. У табл. 4.13 вказані його основні характеристики.

Таблиця 4.13 – Характеристики центрального процесора серії S7-300 CPU315 -2 DP

Характеристика	Значення
Оперативна пам'ять	1 Мб
Аналогові канали в/в	4096
Дискретні канали в/в	65536
Підключення модулів ЦП	до 4
Напруга живлення	=24 В
Струм на холостому ході	0,1 А
Споживана потужність	4,0 Вт

4.7.2 Вибір модулів введення/виведення

Сигнальні модулі призначені для введення і виведення дискретних і аналогових сигналів контролера. Вони випускаються в пластикових корпусах. На фронтальних панелях розташовані світлодіоди індикації. Їх кількість і призначення залежать від типу модуля. Модулі встановлюються в монтажну стійку і фіксуються в робочих положеннях гвинтами. Порядок установки - довільний. Підключення до внутрішньої шини проводиться через шинні з'єднувачі, які вже входять в комплект поставки. За замовчуванням адресація входів визначається номером місця.

Види сигнальних модулів:

- 1) модулі введення дискретних сигналів;
- 2) модулі виведення дискретних сигналів;
- 3) модулі введення-виведення дискретних сигналів;
- 4) модулі введення аналогових сигналів;
- 5) модулі виведення аналогових сигналів;
- 6) модулі введення-виведення аналогових сигналів.

Необхідно вибрати модулі введення аналогових сигналів, модулі виведення дискретних сигналів, модулі введення аналогових сигналів.

Модулі введення аналогових сигналів призначені для аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів контролера і формування цифрових величин, використовуваних центральним процесором в ході виконання програми. До входів модулів можуть підключатися датчики з уніфікованими вихідними електричними сигналами напруги, сили струму вигляді 2-провідних вимірювальних перетворювачів або у вигляді 4-провідних вимірювальних перетворювачів, термомпари, термометри опору.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для аналогових сигналів необхідно використовувати екрановані кабелі типу "кручена пара". Завдяки цьому знижується вплив завад. Екран аналогових кабелів слід заземлювати на обох кінцях кабелю.

Якщо між кінцями кабелю є різниця потенціалів, то по екрану може протікати зрівняльний струм, що може призводити до появи завад в аналоговому сигналі. В цьому випадку слід подбати про низькоомне вирівнювання потенціалів і, якщо необхідно, заземлити екран тільки з одного кінця кабелю.

В аналогових модулях введення з гальванічною розв'язкою відсутній електричний зв'язок між опорною точкою ланцюга вимірювання (M_{ANA} і/або $M-$) і клемою M на CPU/IM153.

Аналогові модулі введення з гальванічною розв'язкою необхідно використовувати, якщо між опорною точкою ланцюга вимірювання (M_{ANA} і/або $M-$) і клемою M на CPU / IM153 може виникнути різниця потенціалів V_{ISO} .

Щоб різниця потенціалів V_{ISO} не перевищила допустимого значення, необхідно з'єднати клему M_{ANA} і клему M на CPU / IM153 дротом для вирівнювання потенціалів.

У аналогових модулів введення без гальванічної розв'язки необхідно встановити низькоомне з'єднання між опорною точкою ланцюга вимірювання M_{ANA} і клемою M на CPU або інтерфейсному модулі IM 153. Для цього необхідно з'єднати клему M_{ANA} з клемою M на CPU або інтерфейсному модулі IM 153. Різниця потенціалів між M_{ANA} і клемою M на CPU або інтерфейсному модулі IM 153 може призвести до спотворення аналогового сигналу.

Не повинна бути перевищена допустима різниця потенціалів UCM (синфазна напруга/Common Mode). Різниця потенціалів UCM може виникнути між вимірювальними входами ($M+/M-$) і опорною точкою вимірювальної ланцюга M_{ANA} , між вимірювальними входами каналів відносно один до одного.

Модулі випускаються в пластикових корпусах. На їх лицьових панелях розташовані:

- 1) червоні світлодіоди індикації відмов і помилок;
- 2) роз'єм для установки фронтального з'єднувача, закритий захисною кришкою;
- 3) паз на захисній кришці для установки етикетки з маркуванням зовнішніх ланцюгів.

Роздільна здатність модулів може бути встановлена в межах 9 ... 14 біт плюс знаковий розряд. Налаштування виконується засобами Hardware Configuration STEP 7. Від цього параметра залежить і час перетворення. Модулі здатні формувати запити на переривання для передачі діагностичних повідомлень і повідомлень про обмеження вхідного сигналу. При необхідності від модуля може бути отримана розширена діагностична інформація.

Так, виберемо модуль аналогового введення серії SM 331; AI8×16 Bit (6ES7331- 7KF02- 0AB0).

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожна пара вхідних каналів модуля 6ES7331-7KF02-0AB0 може бути налаштована на свій вид вхідного сигналу. Вибір виду вхідного сигналу (сила струму, напруга, термо-ЕРС або опір) проводиться апаратно установкою кодового елемента в одне з чотирьох можливих положень. Вибір діапазону вимірювань кожного входу проводиться програмно з середовища Hardware Configuration STEP 7. Кодові елементи встановлюються в роз'єми, розташовані в боковій стінці сигнального модуля. Кодовий елемент входить у комплект поставки модуля введення аналогових сигналів.

Його основні характеристики представлені нижче:

загальна кількість входів - 8;

з них для вимірювання опору - 4.

Довжина екранованого кабелю, не більше 200 м (50 м для діапазону 80 мВ і термопар).

Фронтальний з'єднувач 20-полюсний.

Напруга живлення електроніки модуля 24 В пост. струму.

Вихідний струм одного каналу ланцюга живлення датчиків, не більше 60 мА.

Постійний вимірюваний струм для резистивних датчиків, типове значення 1,67 мА.

Споживаний струм, не більше:

від внутрішньої шини контролера 50 мА;

від джерела L + 30 мА (без 2-дротових датчиків).

Таких модулів потрібно 2 одиниці.

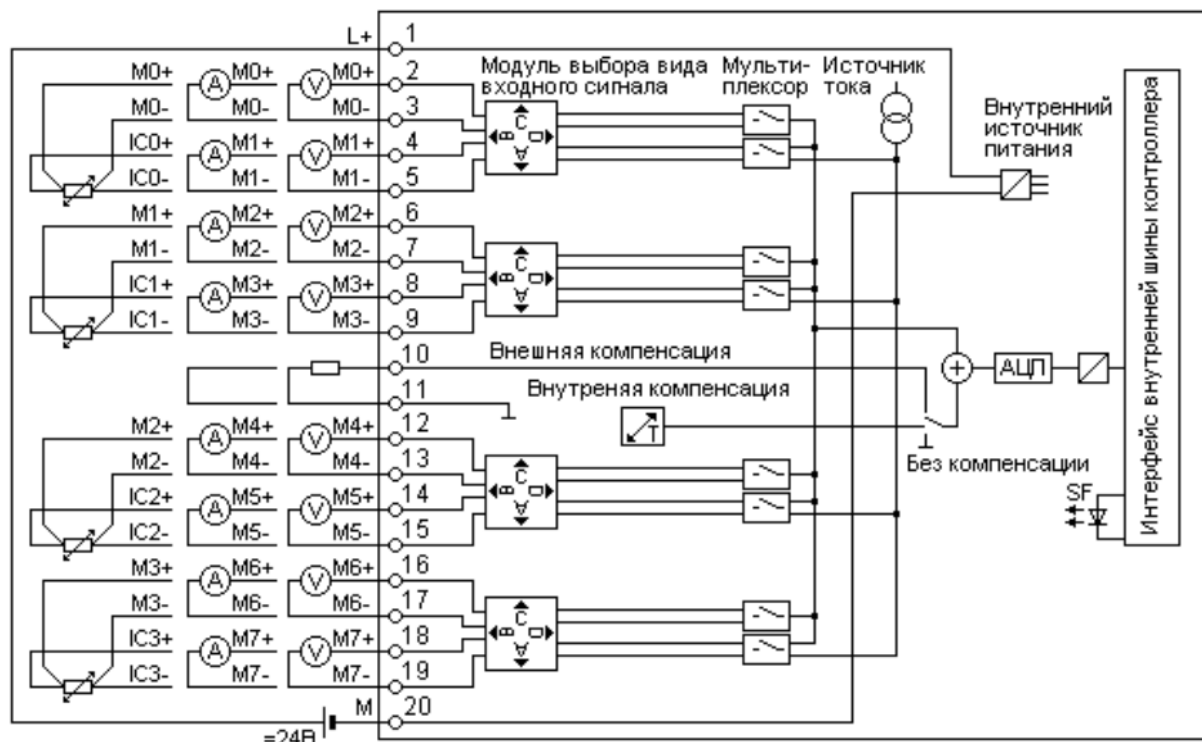


Рисунок 4.1 - Схема підключення і принципова схема 6ES7331-7KF02-0AB0 SM 331.

										СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
											30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Модулі виводу дискретних сигналів призначені для перетворення внутрішніх логічних сигналів контролера в його вихідні дискретні сигнали. До виходів модулів можуть підключатися виконавчі пристрої або їх комутаційні апарати.

Модулі випускаються в пластикових корпусах. На їх лицьових панелях розташовані:

- зелені світлодіоди, індикують стан вихідних кіл;
- червоний світлодіод індикації відмов і помилок;
- роз'єм для установки фронтального з'єднувача, закритий захисною кришкою;
- паз на захисній кришці для установки етикетки з маркуванням зовнішніх кіл.

Спираючись на кількість дискретних виходів, виберемо 1 модуль дискретного виведення SM 322; DO 16×DC 24V/DC 0.5 A; (6ES7322-1BH10-0AA0). Його основні характеристики представлені нижче:

загальна кількість виходів - 16, , потенційно розв'язаних групами по 8.

Довжина кабелю:

звичайного 600 м;

екранованого 1000 м.

Фронтальний з'єднувач 20-полюсний.

Напряг живлення навантаження L+ 24 В пост. струму.

Сумарний вихідний струм групи:

горизонтальна установка, до 40 °С – 4 А;

горизонтальна установка, до 50 °С – 3 А;

вертикальна установка, до 60°С – 2 А.

Споживаний струм, не більше:

від внутрішньої шини контролера 70 мА;

від джерела L + 110 мА.

Споживана потужність, типове значення 5 Вт.

Придатний для електромагнітних клапанів, контакторів постійного струму і сигнальних ламп;

2 клеми на кожен вихід - вихід без послідовного діода - вихід з послідовним діодом (для резервування управління навантаженням); світлодіодні індикатори стану, що відносяться до каналів.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

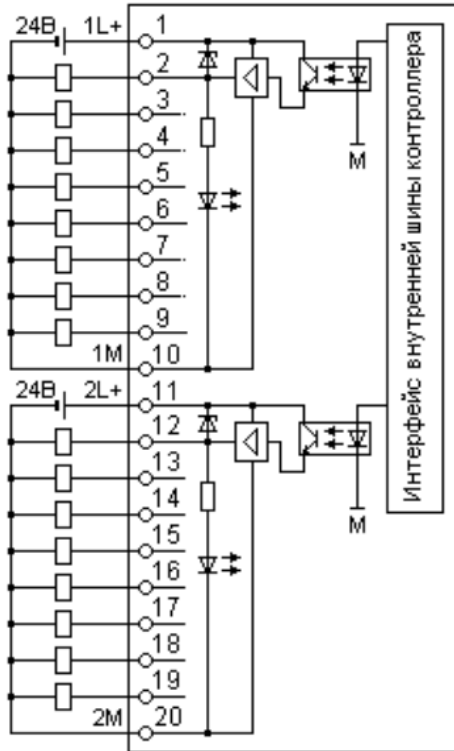


Рисунок 4.2 - Схема підключення і принципова схема SM 322 (6ES7322-1BH10-0AA0).

Виберемо ще 1 модуль виведення дискретних сигналів, оскільки дискретних сигналів 18, а модуль SM 322 (6ES7322-1BH10-0AA0) має тільки 16 виходів. Обираємо модуль SM 322 (6ES7322-1BF01-0AA0). Його основні характеристики представлені нижче:

загальна кількість виходів - 8, , потенційно розв'язаних групами по 4.

Довжина кабелю:

звичайного 600 м;

екранованого 1000 м.

Фронтальний з'єднувач 20-полюсний.

Напруга живлення навантаження L+ 24 В пост. струму.

Сумарний вихідний струм групи:

горизонтальна установка, до 40 °С – 4 А;

горизонтальна установка, до 50 °С – 4 А;

вертикальна установка, до 60°С – 4 А.

Споживаний струм, не більше:

від внутрішньої шини контролера 40 мА;

від джерела L + 60 мА.

Споживана потужність, типове значення 6,8 Вт.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

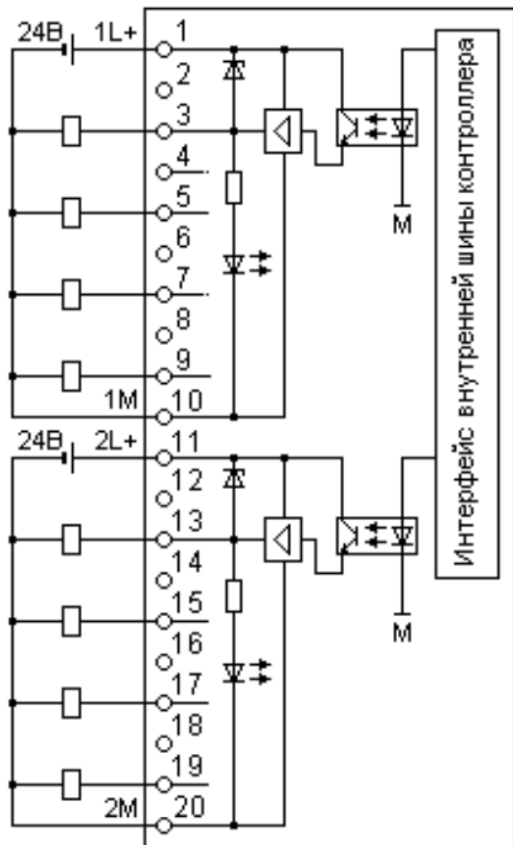


Рисунок 4.3 - Схема підключення і принципова схема SM 322 (6ES7322- 1BF01-0AA0).

Модулі виведення аналогових сигналів призначені для цифро-аналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера і формування його вихідних аналогових сигналів. До виходів модулів можуть підключатися виконавчі пристрої, керовані уніфікованими сигналами сили струму або напруги.

Модулі випускаються в пластикових корпусах. На їх лицьових панелях розташовані:

- 1) червоні світлодіоди індикації відмов і помилок;
- 2) роз'єм для установки фронтального з'єднувача, закритий захисною кришкою;
- 3) паз на захисній кришці для установки етикетки з маркуванням зовнішніх ланцюгів.

Модулі здатні формувати запити на переривання для передачі діагностичних повідомлень.

При необхідності від модуля може бути отримана розширена діагностична інформація.

Виберемо модуль аналогового виведення серії SM 332; AO8×0/4...20 mA (6ES7332-5HF01-0AV0). Таких модулів потрібно 2 одиниці.

Параметри наведені нижче:

- 1) кількість виходів 8;
- 2) роздільна здатність:
 - 15 бітів (0..20mA);

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 15 бітів (+ знак) (4..20мА);
- 3) напруга живлення навантаження L+ =24 В;
- 4) потенційна розв'язка:
 - канали потенційно розв'язані відносно ІМ153 і напруги навантаження L +
- 5) споживання струму
 - з задньої шини макс. 100 мА;
 - з джерела живлення навантаження L + (при номінальному навантаженні) макс. 350 мА;
- 6) потужність втрат модуля 6,0 Вт.

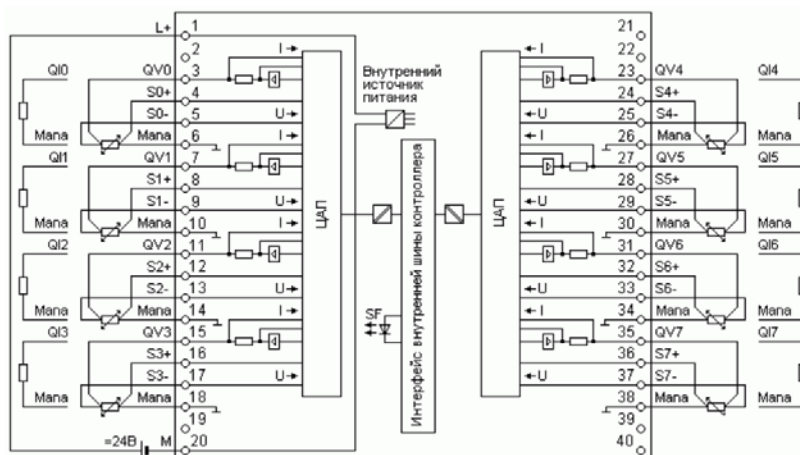


Рисунок 4.3 - Схема підключення і принципова схема SM 332 (6ES7332-5HF01-0AB0).

4.7.3 Вибір джерела живлення контролера

Блоки живлення PS305 і PS307 використовуються як для контролерів S7-300, так і для станцій EM 200M. Існують в модифікаціях із вхідною напругою постійного і змінного струму. Вихідна напруга = 24 В, струми навантаження 2, 5 і 10 А.

Здійснюють живлення ланцюгів датчиків і виконавчих пристроїв, а також захищають ланцюги навантаження від замикання і перенапруг.

Дані блоки живлення випускаються в компактних пластикових корпусах формату модулів S7-300. На лицьовій панелі розташовані: індикатор вихідної напруги = 24 В, перемикач вибору рівня вхідної напруги, вимикач живлення, контакти під гвинт для підключення ланцюгів вхідної та вихідної напруги і ланцюгів заземлення.

Модуль блоку живлення монтується на стандартну профільну шину S7-300. Не має інтерфейсу підключення до внутрішньої шини контролера, тому встановлюється в крайній лівій позиції монтажної стійки. Праворуч від нього монтується модуль ЦП або інтерфейсний модуль. Підключення до ЦП проводиться за допомогою силової перемички, що входить в комплект поставки. При необхідності можливий монтаж на стандартну 35 мм профільну DIN-рейку. В цьому випадку необхідні спеціальні монтажні адаптери.

Живлення всіх модулів, що входять до складу контролера, здійснюється від шафи контролера. Обчислимо сумарний струм використовуваних модулів.

$$I_{\Sigma} = I_{CPU} + I_{DO} + I_{AI} + I_{AO} = 100 + 90 + 2 \times 110 + 2 \times 350 = 1210 \text{ мА}$$

Найближчий відповідний модуль блоку живлення для даного ПЛК - PS307/5A; (6ES7307-1EAx0-0AA0). Нижче наведемо його характеристики:

- 1) вихідний струм 5 А;
- 2) вихідна напруга 24 в пост. струму; регульована, стійка при короткому замиканні і холостому ході;
- 3) підключення до однофазної системи змінного струму;
- 4) (Номінальна вхідна напруга 120/230 В змінного струму, 50/60 Гц);
- 5) надійна гальванічна розв'язка відповідно до EN 60 950;
- 6) може бути використаний як джерело живлення навантаження.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

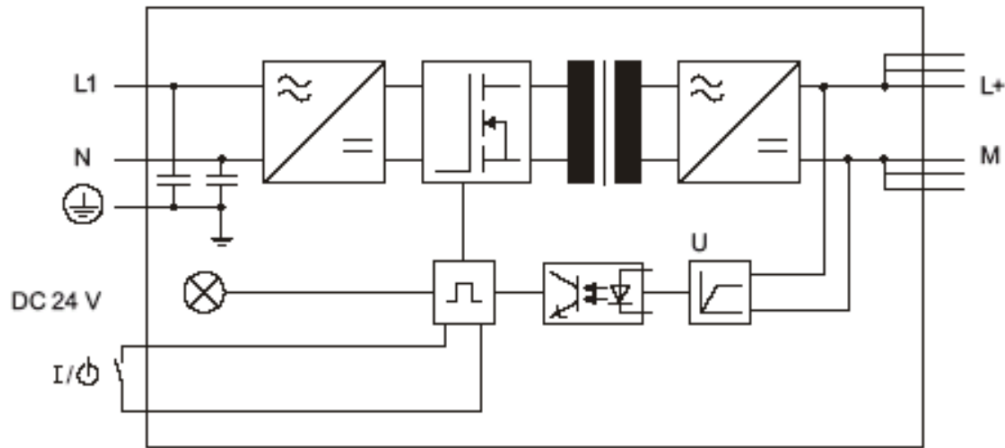


Рисунок 4.6 - Принципова схема PS 307; 5 А.

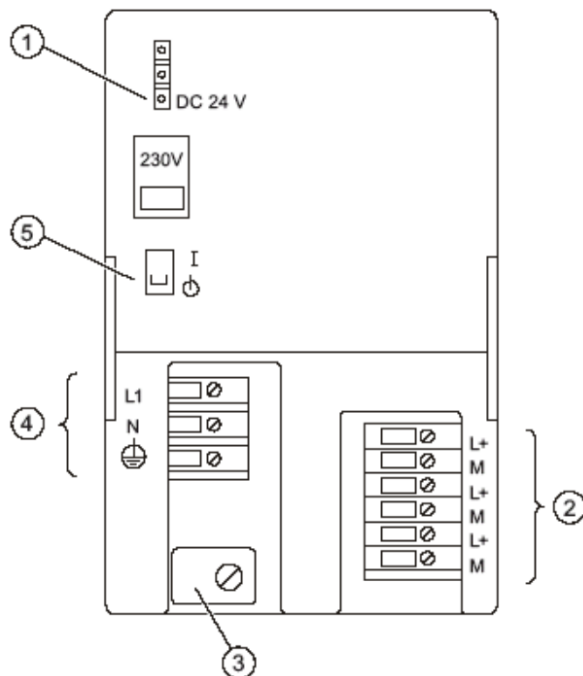


Рисунок 4.7 - Схема підключення PS 307; 5 А.

1 - індикатор наявності вихідної напруги 24 В пост. струму; 2 - клеми для вихідної напруги 24 В пост. струму; 3 - компенсатор натягу проводів; 4 - клеми для підключення напруги в електромережі та захисного проводу; 5 - вимикач напруги 24 В пост. струму; 6 - перемикач для вибору напруги.

4.7.3 Вибір з'єднувальних пристроїв

Для модуля центрального процесора виберемо фронтальний з'єднувач серії 6ES7 921-3AL20-0AA0, який підключає ланцюг живлення через пружинні контакти-засувки.

										СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
											36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Для блоку живлення краще всього використання термінального блоку ТРО з двома сигнальними контактами-засувками. Він забезпечує гальванічне розділення між ланцюгами контролера і зовнішніми ланцюгами. Для управління восьми вбудованими оптронами необхідні сигнали = 24В не менше 5 мА.

Для модуля ЦП візьмемо також 9-полюсний роз'єм інтерфейсу PROFIBUS DP, що підтримує технологію Fast Connect з гніздом для підключення програматора серії 6ES7 972-0BB62-0XA0. Тут же додається стандартний кабель PROFIBUS серії 6XV1 830-0EH10, також підтримує технологію Fast Connect, двожилийний, екранований, довжини 30 м.

Оскільки обраний модуль ЦП підтримує технології Industrial Ethernet і PROFIBUS, виберемо штекер ІЕ FC RJ45 в кількості 1 шт серії 6GK1 901-1BB10-2AA0.

Також до цього потрібно стандартний кабель ІЕ FC TP GP серії 6XV1 840-2AH10 - промислова кручена пара для Industrial Ethernet, з підтримкою технології Fast Connect і сумісний з PROFINET, довжиною 30 м.

До модулю дискретного введення додається фронтальний з'єднувач SIMATIC Top Connect на 16 роз'ємів, який здійснює підключення ланцюгів живлення через контакти-засувки, серії 6ES7 921-3AA00-0AA0. Таких з'єднувачів нам буде потрібно 1 шт.

Як фронтальний з'єднувач для модуля дискретного виводу виберемо також SIMATIC Top Connect на 32 роз'єми, з контактами-засувками, серії 6ES7 921-3AA20-0AA0. Таких з'єднувачів нам буде потрібно 1 шт.

Для модуля аналогового вводу виберемо 40-полюсний фронтальний з'єднувач на контактах-засувках 6ES7 921-3AF00-0AA0. Таких з'єднувачів нам буде потрібно 2 шт.

4.7.4 Вибір операторської панелі

Панелі оператора реалізують можливості управління і моніторингу функціонування системи. Панелі серії SIMATIC 177 можуть використовуватися і з контролером SIMATIC S7-300.

Зовнішній вигляд і габарити представлені нижче.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

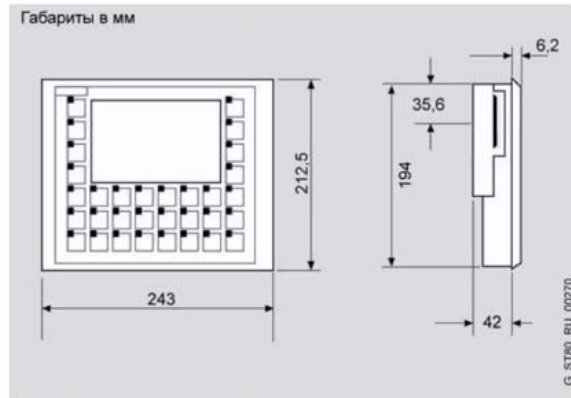


Рисунок 4.8 - Габарити панелі оператора

Із каталогу виберемо операційну панель моделі SIMATIC TP 177B з кольоровим дисплеєм.

Сенсорні панелі оператора TP177B є найбільш потужними моделями сімейства 177. Вони дозволяють використовувати літерно-цифрову клавіатуру, USB інтерфейс для підключення принтера, інтерфейс RS422, слот для установки MMC-карти, інтерфейс PROFIBUS-DP зі швидкістю передачі до 12 Мбіт/с (TP 177B DP) або Ethernet (TP 177B PN). Одна панель здатна обслуговувати до 4 програмованих контролерів. Панель підтримує 5 інтерактивних мов, забезпечує паролльний захист, обробку рецептів, що зберігаються у флеш-карті. Панель випускається в трьох модифікаціях: з кольоровим 4-х дюймовим і з 6-ти дюймовим монохромним і кольоровим дисплеєм.

Характеристики сенсорної панелі оператора TP177B наведені в табл. 4.

Таблиця 4.14

Розмір області відображення	115,18x86,38
Разрешение	320x240
Діагональ	STN 5"
Напруга живлення	=24 В
Споживаний струм	300 мА
Ступінь захисту	IP 65 (передня панель) IP 20 (решти корпусу)
Підключення миші, клавіатури	USB
Кількість користувачів	32
Графічні об'єкти	Точкова, векторна графіка, іконки
Клавіатура	Сенсорна і мембранна
	Windows CE
Зовнішні розміри (мм)	243x212x51

Продовження таблиці 4.14

Розмір отвору під посадку (мм)	227x194
Вага	1 кг
RS422/RS485 (9-полюсне гніздо)	MPI/PROFIBUS DP до 12Мбит/с
Ethernet	RJ45 10/100 Мбіт/с
USB	є

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Як розрахунковий вибираємо контур регулювання температури в контактному апараті № 2, оскільки він є важливою ланкою в процесі виробництва окису етилену. Керуваним параметром є температура протікання реакції в апараті, керуючим - витрата теплоносія в трубопроводі подачі теплоносія на охолодження. Графік перехідного процесу, отриманий експериментально, представлений на рис. 5.1.

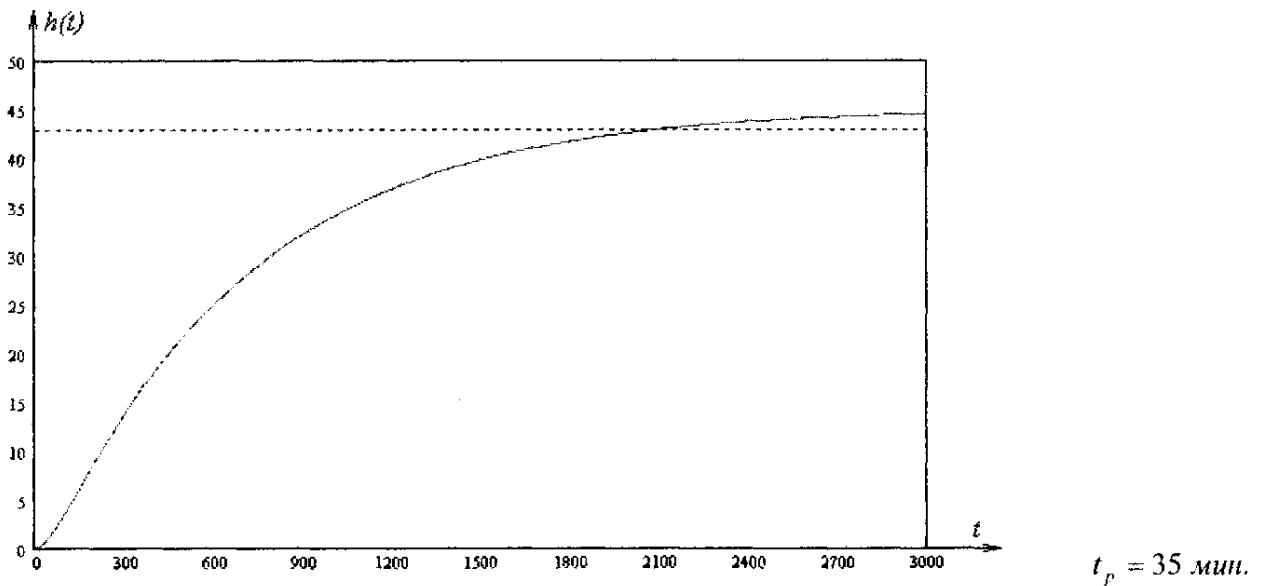


Рисунок 5.1 - Експериментальний графік перехідного процесу

5.1.1 Аналітичне визначення математичної моделі [1]

Об'єкт є реактором періодичної дії, виконаним у вигляді товстостінного резервуара, в якому проводиться хімічна реакція. Реакція протікає екзотермічно. Кількість тепла, що виділяється в результаті цієї реакції в одиницю часу визначається з виразу:

$$\Phi = k \cdot q_p \quad (5.1)$$

де k - швидкість реакції, q_p - тепловий ефект від реакції.

Швидкість реакції визначається з рівняння Арреніуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-E/R \cdot T} \quad (5.2)$$

де k_0 - передекспоненційний множник, що залежить від числа зіткнень реагуючих молекул, E - енергія активації (кДж/кмоль), R - газова постійна (кДж/кмоль · К), T - абсолютна температура (°С).

В основу математичного опису покладене рівняння теплового балансу для вмісту реактора, яке може бути записане у вигляді:

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M \cdot c \cdot \frac{d}{dt} T = q_{cm} + \Phi \quad (5.3)$$

де M - маса реакційної суміші, c - теплоємність реакційної суміші, q_{cm} - тепловий потік від стінки до реактору, який розраховується за такою формулою:

$$q_{cm} = a_{cm} \cdot S \cdot (T_{cm} - T) \quad (5.4)$$

де a_{cm} - коефіцієнт тепловіддачі від стінки реакційної суміші, S - площа тепловіддачі, T_{cm} - середня температура стінок реактора.

Для знаходження T_{cm} складаємо рівняння теплового балансу стінки:

$$M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot \frac{d}{dt} T_{cm} = q_n - q_{cm} \quad (5.5)$$

де M_{cm} - маса стінки, c_{cm} - теплоємність стінки, q_n - тепловий потік від парової сорочки до стінки.

Залежність теплового потоку, переданого від сорочки до стінки, пов'язана з температурою пари в сорочці в такий спосіб:

$$q_n = a_n \cdot S \cdot (T_n - T_{cm}) \quad (5.6)$$

Виконавши підстановку (5.6) і (5.4) в (5.5) і виразимо T_{cm} :

$$T_{cm} = \frac{a_n \cdot S \cdot T_n + a_{cm} \cdot S \cdot T}{M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p + a_n \cdot S - a_{cm} \cdot S_{cm}} \quad (5.7)$$

де $p = \frac{d}{dt}$

Потім підставляємо (1) і (7) в (3) отримуємо вираз:

З огляду на слабкий характер нелінійності, і, прийнявши допущення про незначність відхилення вихідної координати в процесі нормальної роботи від деякого початкового значення T_0 , проведемо лінеаризацію нелінійності, тобто заміну існуючої нелінійності $k_0 \cdot e^{-E/RT}$ лінійною характеристикою методом розкладання в ряд Тейлора в біля робочої точки T_0 з відкиданням членів розкладання другого і вище порядків. Отримуємо

$$f(T)|_{T=T_0} = k_0 \cdot e^{-E/RT} \approx \frac{df(T)}{dT} \cdot T_0 = k_0 \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \quad (5.8)$$

В результаті лінійне диференціальне рівняння математичного опису набуде вигляду

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T \cdot (M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p^2 + (M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \times \\ \times M_{cm} \cdot c_{cm}) \cdot p + a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S) = \\ = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n \cdot T_n$$

Потім виконавши формальну заміну змінних $T = y$, $T_n = u$ і підстановку,

$$a_0 = M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_1 = M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_2 = a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S$$

$$K_u = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n$$

маємо

$$a_0 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dy}{dt} + a_2 \cdot y = K_u \cdot u \quad (5.9)$$

Маючи на увазі виконання принципу суперпозиції для лінійних систем, на основі диференціального рівняння (5.9) отримуємо передавальну функцію об'єкта управління

$$W(p) = \frac{K_u}{a_0 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_2} \quad (5.10)$$

параметри об'єкта:

- теплоємність реакційної суміші $c = 18 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;
- теплоємність стінки реактора $c_{cm} = 540 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;
- маса реакційної суміші $M = 1989 \text{ кг}$;
- маса стінки реактора $M_{cm} = 1000 \text{ кг}$;
- коефіцієнт тепловіддачі стінки реактора $a_{cm} = 62.8 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- коефіцієнт тепловіддачі пари $a_n = 87,2 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- площа тепловіддачі $S = 9,42 \text{ м}^2$;
- передекспоненційний множник $k_0 = 0,7$;
- енергія активації $E = 820 \text{ кДж/кмоль}$;
- газова постійна $R = 8.31 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{К}$;
- тепловий ефект від реакції $q_p = 112 \text{ Дж/кг}$;
- початкова умова по температурі $T(0) = 17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнти передавальної функції з урахуванням зазначених даних:

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_0 = 1989 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 540 = 1.933 \cdot 10^{10}$$

$$a_1 = 1989 \cdot 18 \cdot 87.2 \cdot 9.42 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 1989 \cdot 18 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 540 \cdot 1000 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times 1000 \cdot 540 = 3.7 \cdot 10^8$$

$$a_2 = 87.2 \cdot 88.74 \cdot 62.8 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \cdot 87.2 \cdot 9.42 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times 62.8 \cdot 9.42 = 4.858 \cdot 10^5$$

$$K_u = 62.8 \cdot 9.42 \cdot 87.2 = 4.859 \cdot 10^5$$

Передавальна функція з урахуванням коефіцієнтів:

$$W(p) = \frac{4.86 \cdot 10^5}{1.93 \cdot 10^{10} \cdot p^2 + 3.7 \cdot 10^8 \cdot p + 4.86 \cdot 10^5} = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot p^2 + 761 \cdot p + 1} \quad (5.11)$$

Виконуємо моделювання, використовуючи математичний пакет MatLab. Модель подана на рис. 5.2, а результати моделювання на рис. 5.3.

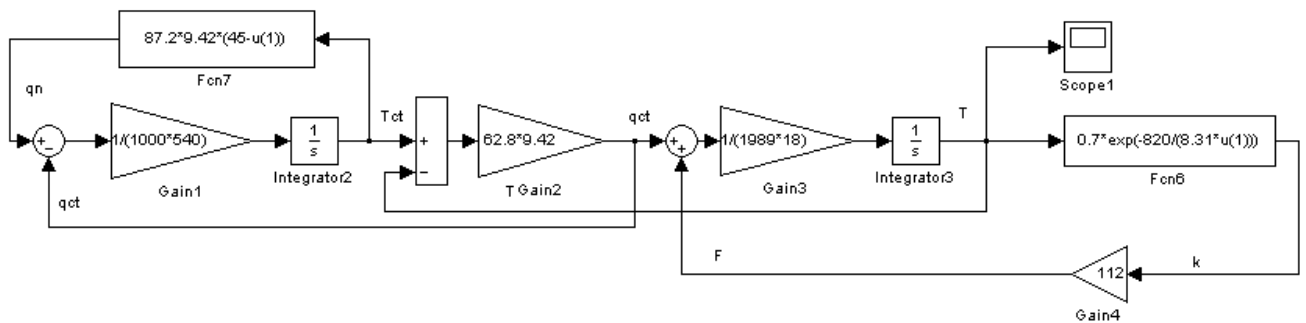


Рисунок 5.2 – Модель об'єкта регулювання

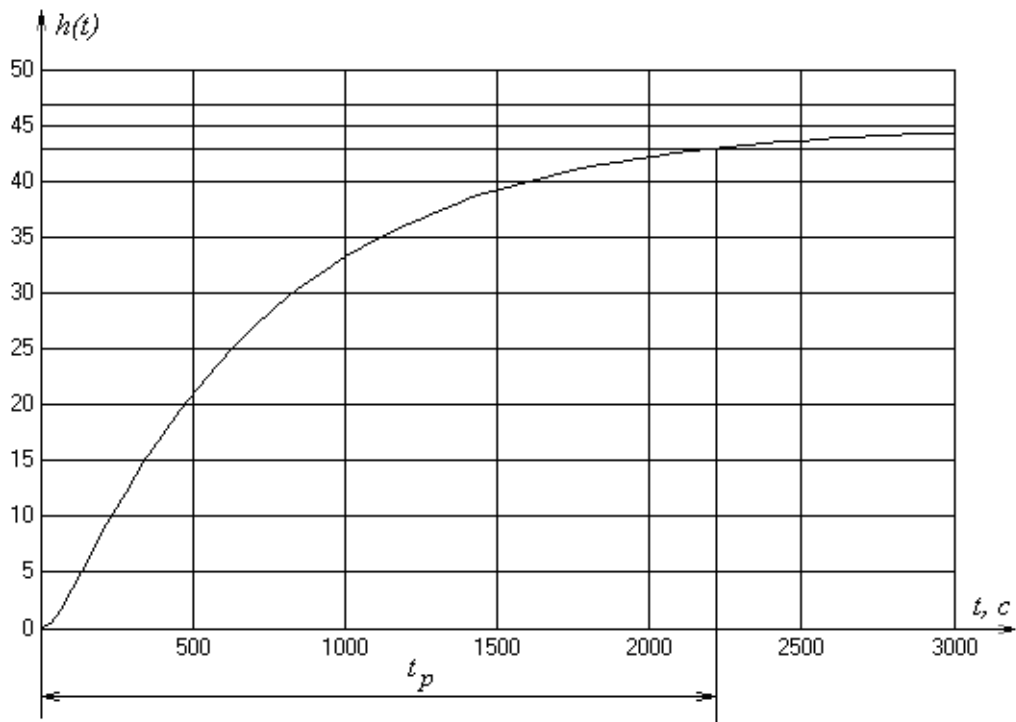


Рисунок 5.3 – Перехідна характеристика об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2220 \text{ c} = 37 \text{ хв.}$

7.1.2 Перевірка адекватності математичної моделі

Для перевірки адекватності математичної моделі, отриманої аналітично, знімаємо криву розгону безпосередньо з об'єкта. Отримана характеристика представлена на рис. 5.4.

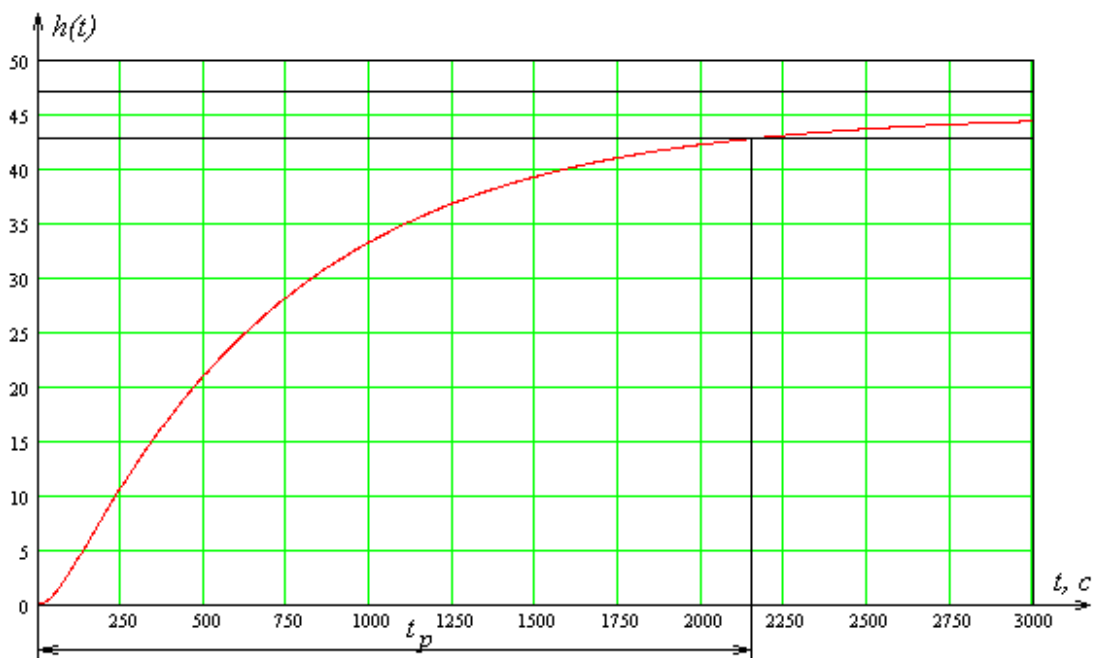


Рисунок 5.4 – Крива розгону об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2230 \text{ c} = 37.2 \text{ хв.}$

Використовуючи метод найменших квадратів [2], перевіримо схожість двох кривих розгону (отриманої аналітичним і експериментальним способом). Для цього розбиваємо весь інтервал часу на 12 рівних частин. Визначаємо значення температури в відповідні моменти часу і зводимо їх в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення температури в фіксовані моменти часу

t	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
h отримані аналітично	0	11	21	28	33	37	39	41,5	42,5	43	43,5	44	44,5
h' отримані експериментально	0	10,9	21	27,9	33	36,9	39	41,5	42,4	43	43,5	44	44,5

Зробимо оцінку точності шляхом порівняння експериментальних значень досліджуваної величини з відповідними значеннями, отриманими аналітичним шляхом. Для цього обчислимо коефіцієнт детермінації R^2 (кореляції). Розрахунок базується на визначенні дисперсії, як показника, який оцінює ступінь розсіювання значень досліджуваної величини.

$$R^2 = \frac{S_{\tilde{h}}^2}{S_h^2} = \frac{\sum (\tilde{h}_i - \bar{h})^2}{\sum (h_i - \bar{h})^2} \quad (5.12)$$

де \bar{h} – середнє арифметичне

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} = \frac{10.9 + 21 + 27.9 + 33 + 36.9 + 39 + 41.5 + 42.4 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{427.6}{12} = 35.63$$

$$\bar{\tilde{h}} = \frac{\sum \tilde{h}_i}{n} = \frac{11 + 21 + 28 + 33 + 37 + 39 + 41.5 + 42.5 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{428}{12} = 35.67$$

$$R^2 = \frac{(11 - 35.67)^2 + (21 - 35.67)^2 + (28 - 35.67)^2 + (33 - 35.67)^2 + (37 - 35.67)^2 + (39 - 35.67)^2 + (41.5 - 35.67)^2 + (42.5 - 35.67)^2 + (43 - 35.67)^2 + (43.5 - 35.67)^2 + (44 - 35.67)^2 + (44.5 - 35.67)^2}{(10.9 - 35.63)^2 + (21 - 35.63)^2 + (27.9 - 35.63)^2 + (33 - 35.63)^2 + (36.9 - 35.63)^2 + (39 - 35.63)^2 + (41.5 - 35.63)^2 + (42.4 - 35.63)^2 + (43 - 35.63)^2 + (43.5 - 35.63)^2 + (44 - 35.63)^2 + (44.5 - 35.63)^2} = \frac{1245.6668}{1250.5268} = 0.99$$

Якщо коефіцієнт детермінації дорівнює 1, то значення, отримані експериментальним і аналітичним шляхом повністю збігаються. Якщо ж коефіцієнт детермінації близький до 1, то можна вважати, що модель адекватна реальному об'єкту.

5.2. Вибір і розрахунок параметрів регулятора [3]

5.2.1 розрахунок налаштувань П-регулятора

Передавальна функція П-регулятора $W_n(p)$ є коефіцієнт підсилення регулятора k_n :

$$W_n(p) = k_n \quad (5.13)$$

															Арк.
															45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											

Розрахунок регулятора проведемо методом визначення оптимальних параметрів за показником коливальності (метод В.Я. Ротача).

Визначаємо межу зони, в якій замкнута система управління буде мати запас стійкості буде не нижче заданого показника коливальності $M \leq M_s$. При цьому вважається, що САУ має необхідний запас стійкості, якщо її показник коливальності знаходиться в діапазоні $M = 1.3 \dots 2.3$, що відповідає ступеню згасання $\psi = 0.95 \dots 0.75$. Таким чином, вибираємо ступінь коливальності $M = 1.55$.

Частотна передаточна функція об'єкта управління $W_{об}(\omega)$ і П-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_{об}(\omega) = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot (j \cdot \omega)^2 + 761 \cdot j \cdot \omega + 1} \quad (5.14)$$

$$W_p(\omega) = k_p \quad (5.15)$$

Будуємо АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_n(\omega) \cdot W_{об}(\omega)$, використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такий коефіцієнт підсилення k_p , при якому ця характеристика торкатиметься окружності, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 5.5.

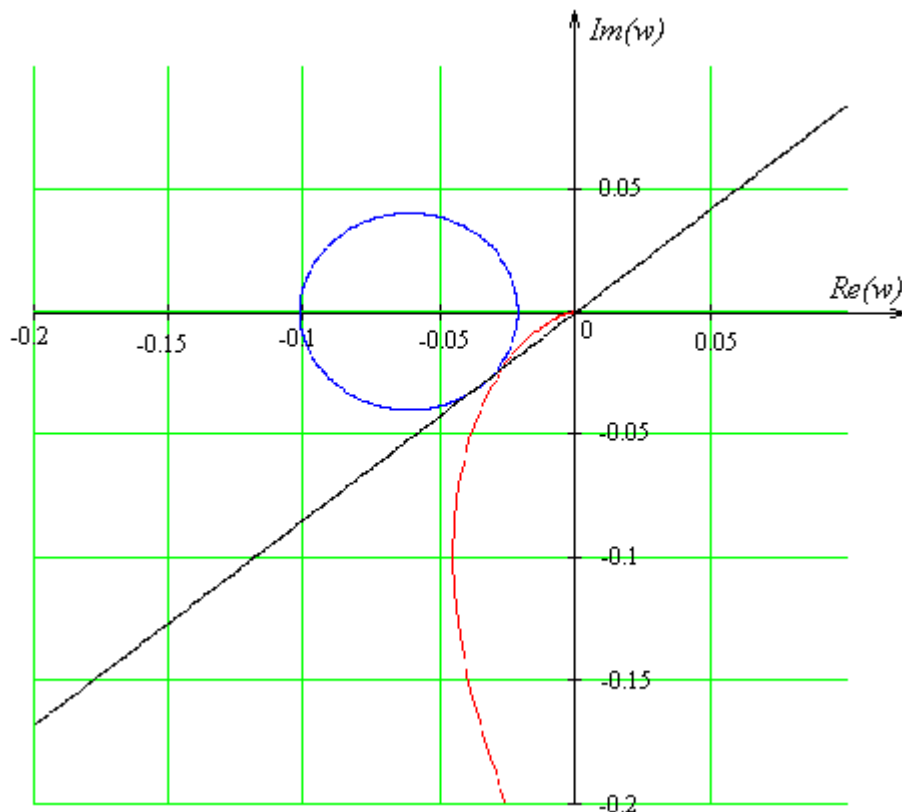


Рисунок 5.5 – АФЧХ розімкнутої системи і заборонена область

Величину коефіцієнта підсилення П-регулятора визначаємо відповідно до формули (5.16).

$$k_p = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_{окр}} \quad (5.16)$$

де $r_{окр}$ – радіус кола забороненої області.

$$k_p = 27.585$$

Графік перехідної характеристики $h(t)$ замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора представлений на рис. 5.6.

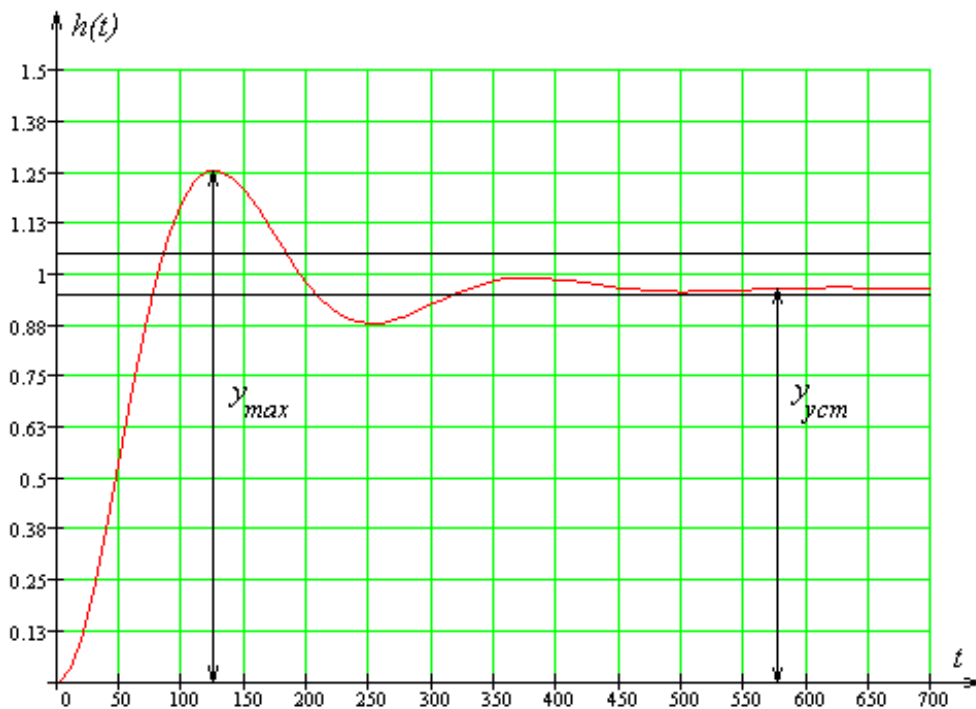


Рисунок 5.6 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_n = 27.585$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{max} - y_{уст}}{y_{уст}} \cdot 100\% = \frac{1.25 - 1}{1} \cdot 100\% = 25\%$, (5.17)
- Час перехідного процесу $t_p = 318$ с,
- Статична похибка 3%.

5.2.2 розрахунок налаштувань ПІ-регулятора

Передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(p)$ має вигляд:

$$W_p(p) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u p} \right) \quad (5.18)$$

де k_p - коефіцієнт передачі (підсилення) регулятора

T_u - час ізодрома

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Частотна передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_p(\omega) = k_p + \frac{1}{T_u \cdot j \cdot \omega} \quad (5.19)$$

Будуємо сімейство АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_p(\omega) \cdot W_{об}(\omega)$ для різних фіксованих значень часу ізодрома T_u , використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такі коефіцієнти посилення k_p , при яких ці характеристики будуть торкатися кола, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 5.7.

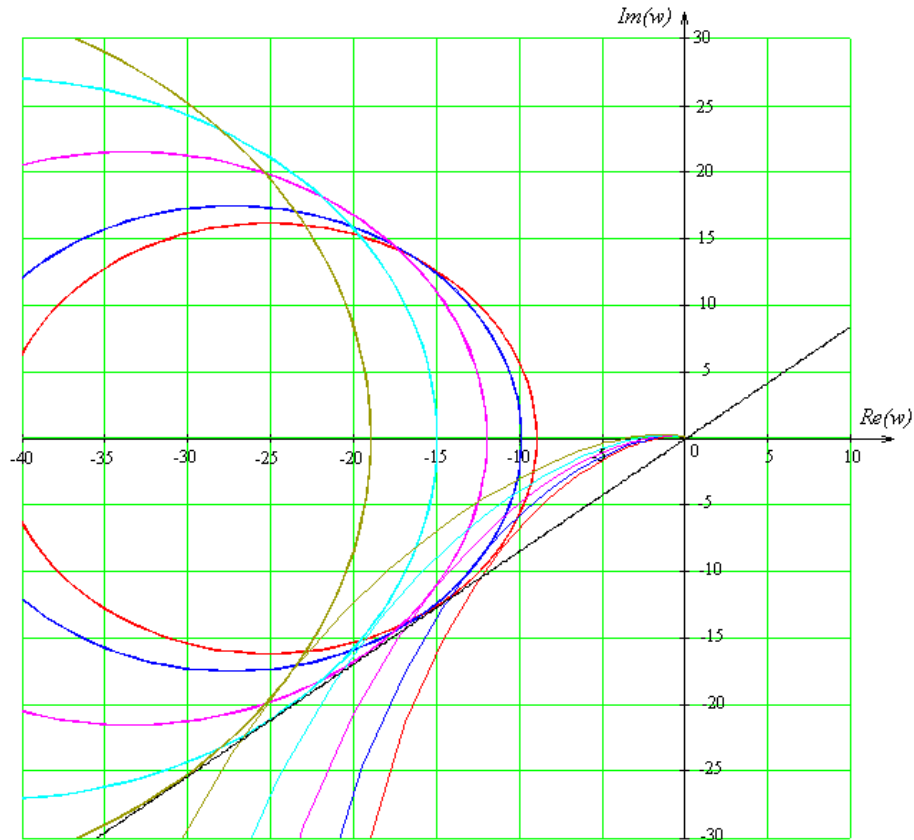


Рисунок 5.7 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи
Величини коефіцієнта підсилення ПІ-регулятора визначаємо відповідно до формули (7.16) для кожного значення T_u .

Отримані пари налаштувань зводимо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – коефіцієнти налаштування ПІ-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
k_p	3,26	3,42	3,58	3,61	3,74	3,97	4,53	4,83	5,12	5,71	6,24	7,39

За результатами будуємо графік залежності, поданий на рис. 5.8.

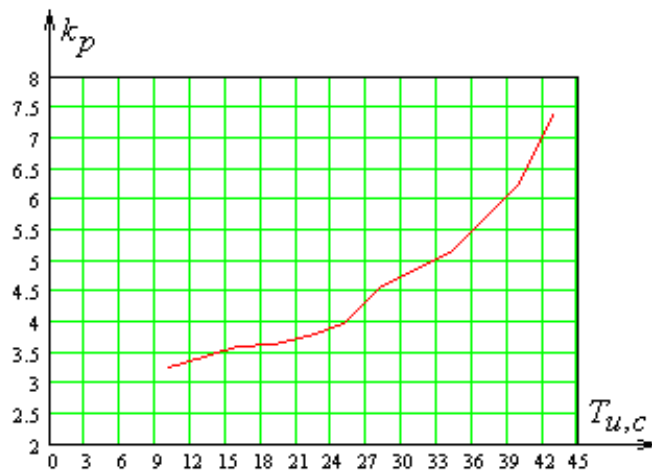


Рисунок 5.8 – Межа області заданого М

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будемо графіки перехідних характеристик замкнутої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25 \text{ c}$, $T_u = 31 \text{ c}$, $T_u = 37 \text{ c}$, $T_u = 43 \text{ c}$). результати подані на рис. 5.9.

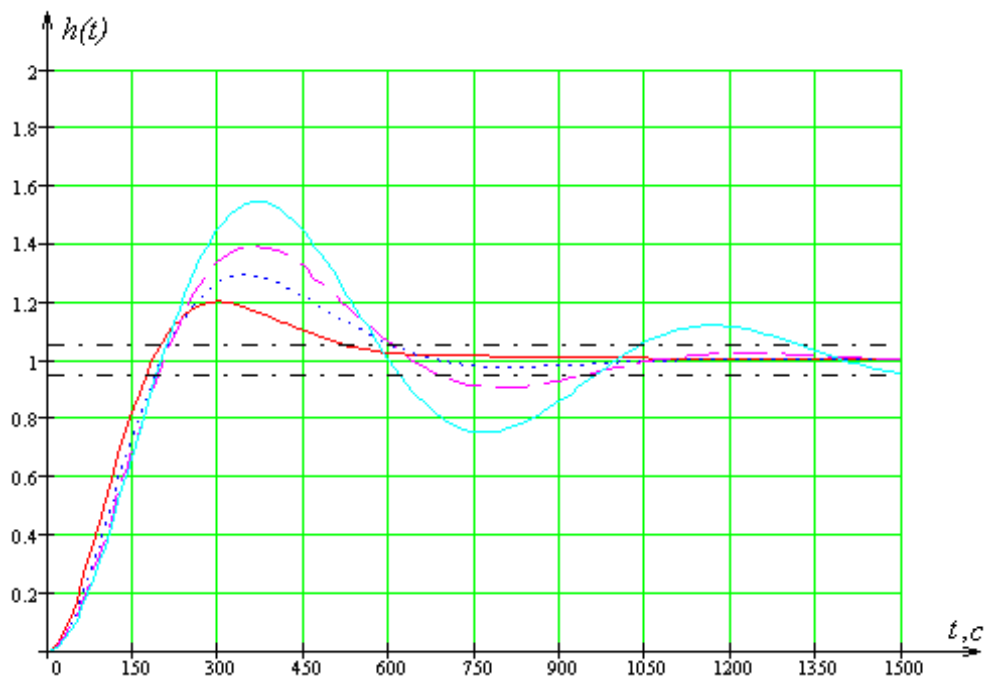


Рисунок 5.9 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,39$, $T_u = 43 \text{ c}$. Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора поданий на рис. 5.10.

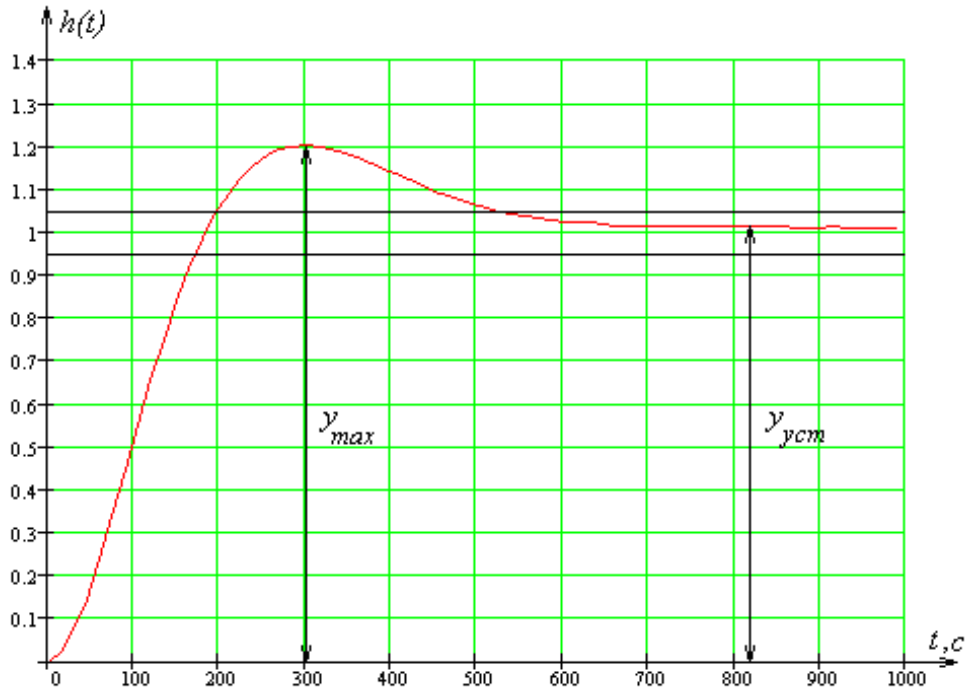


Рисунок 5.10 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_p = 7,39 T_u = 43 c$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{уст}}{y_{уст}} \cdot 100\% = \frac{1.2 - 1}{1} \cdot 100\% = 20\%$,
- Час перехідного процесу $t_p = 540 c$.

5.2.3 Розрахунок налаштувань ПІД-регулятора

Передавальна функція ПІД-регулятора $W_{мід}(p)$ має вигляд:

$$W_{мід}(p) = k \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u \cdot p} + T_d \cdot p \right) \quad (5.20)$$

де k - коефіцієнт передачі (підсилення) регулятора

T_u - час ізодрома

T_d - постійна часу диференціювання (час передування).

Формуємо частотну передавальну функцію ПІД-регулятора $W_{мід}(\omega)$:

$$W_{мід}(\omega) = k + \frac{1}{T_u \cdot j \cdot \omega} + \alpha \cdot T_u \cdot j \cdot \omega \quad (5.21)$$

$$\text{де } \alpha = \frac{T_d}{T_u}.$$

Для підвищення стійкості ПІД-регулятора до завад співвідношення між величиною часу ізодрома і часу передування вибираємо з умови

					СУЗТ-61Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\frac{T_d}{T_n} < 0.25 \quad (5.22)$$

і прийmemo рівним $\alpha = 0.2$.

Будуємо сімейство АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_{\text{ндо}}(\omega) \cdot W_{\text{од}}(\omega)$ для різних фіксованих значень часу ізодрома T_u , використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такі коефіцієнти підсилення k_p , при яких ці характеристики будуть торкатися кола, для заданого значення M . Результати побудови подані на рис. 5.11.

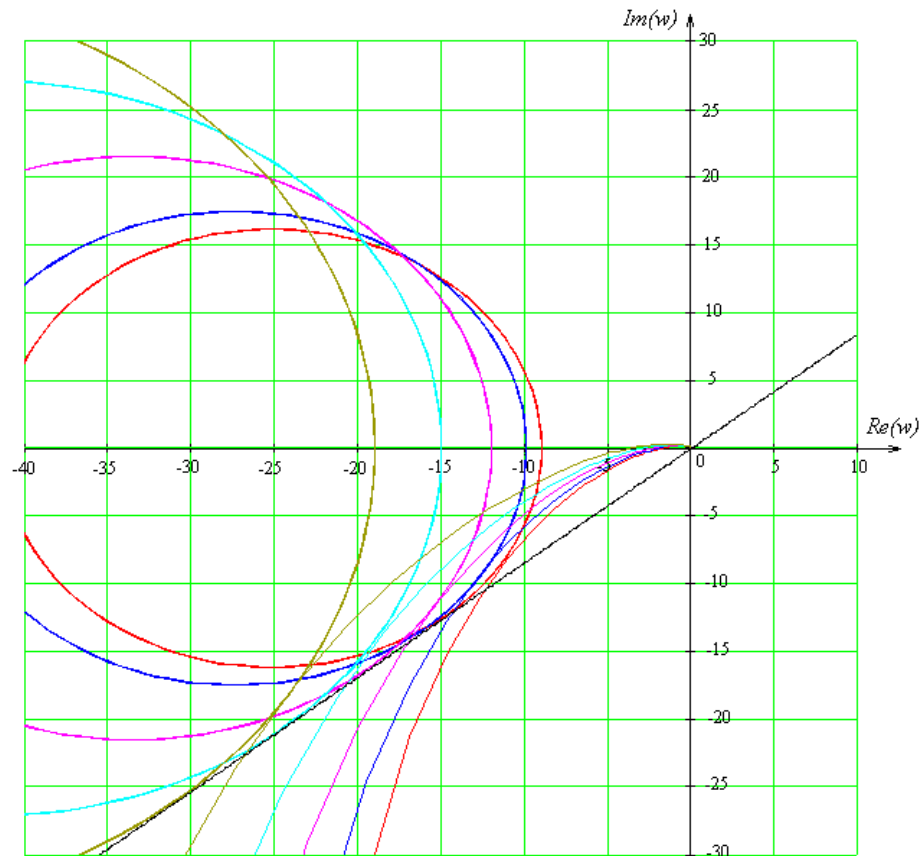


Рисунок 5.11 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи

Величини коефіцієнта підсилення ПІД-регулятора визначаємо відповідно до формули (5.16) для кожного значення T_u .

Отримані налаштування зводимо в табл. 5.3:

Таблиця 5.3 – коефіцієнти налаштувань ПІД-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
T_d	2	2,6	3,2	3,8	4,4	5	5,6	6,2	6,8	7,4	8	8,6
k_p	3,29	3,46	3,61	3,63	3,72	3,95	4,54	4,83	5,13	5,69	6,22	7,41

За результатами будуємо графік залежності $k_p(T_u)$, поданий на рис. 5.12.

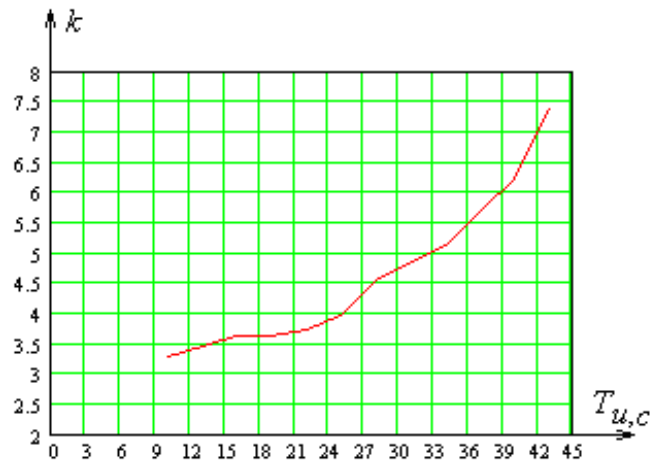


Рисунок 5.12 – Межа області заданого М

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будемо графіки перехідних характеристик замкнутої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25 \text{ c}$, $T_u = 31 \text{ c}$, $T_u = 37 \text{ c}$, $T_u = 43 \text{ c}$). Результати подані на рис. 5.13.

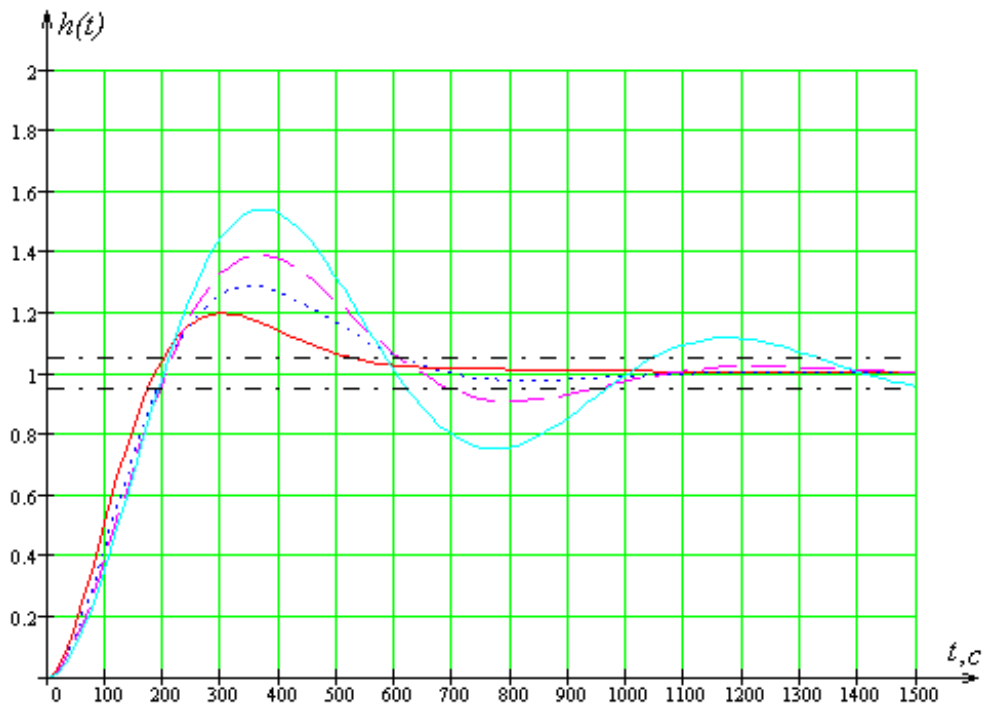


Рисунок 5.13 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,41$, $T_u = 43 \text{ c}$. Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних налаштуваннях регулятора поданий на рис. 5.14.

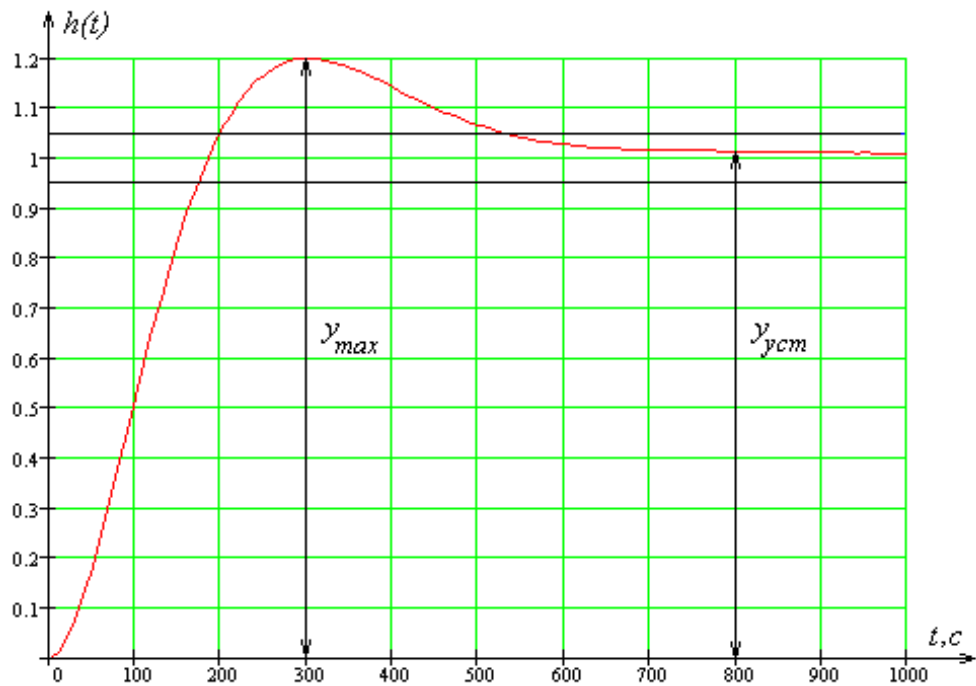


Рисунок 5.14 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_p = 7,41$ $T_u = 43$ с

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1,2 - 1}{1} \cdot 100\% = 20\%$,
- Час перехідного процесу $t_p = 535$ с.

Порівнюючи отримані результати, бачимо, що П-регулятор дає статичну помилку, а також перерегулювання 20%, що не задовольняє заданим умовам. ПД-регулятор і ПІД-регулятор дають незначно відмінні результати. Оскільки ПІД-регулятор більш чутливий до завад і складніший в реалізації, то для управління температурою в реакторі будемо використовувати ПІ-регулятор.

						СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			53

ВИСНОВОК

У проекті були вирішені питання, пов'язані з розробкою системи управління виробництвом окису етилену. Було виконано аналіз технологічного процесу, зроблено вибір засобів автоматизації, а саме датчиків, виконавчих механізмів і контролера. Також був розрахований і обраний регулятор контуру управління температурою в контактному апараті № 2.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Общая химическая технология / под редакцией И.П.Мухленова. – М.: Высшая школа. 1964. – 273с.
2. Приборы для измерения уровня SITRANS L, – Режим доступа: https://sitrans.nt-rt.ru/images/manuals/pointek_cls100.pdf
3. Каталог продукции «Теплоприбор», – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/signalizator-zhidkosti-szhu-1-v-ultrazvukovoj-s-vilochkovym-chuvstvitelnym-elementom/>
4. Каталог продукции компании «NIVELCO PROCESS CONTROL CO», – Режим доступа: <https://nivelco.com/products#!/category/1>
5. Каталог продукции компании «G.M. International s.r.l», – Режим доступа: <https://www.gminternational.com/?p=products>
6. Прилади для вимірювання температури SITRANS T, – Режим доступа: <http://siemens-ag.com.ua/catalog/730>
7. Руководство по эксплуатации прибора IM34-11Ex-i фирмы «Sensorlink» – Режим доступа: <http://sensorlink.com.ua/pdf/IM34-11Ex-Ci%20IM34-12Ex-CRi.pdf>
- 8.Руководство по эксплуатации прибора SITRANS P фирмы «Siemens», – Режим доступа: <http://siemens-ag.com.ua/catalog/730>
9. Преобразователи давления APC-2000AL фирмы «APLISENS», – Режим доступа: <http://sae-kip.com.ua/product-category/p-transmitter/apsnspr/>
10. Каталог фирмы «Honeywell», – Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/d3-1a.shtml>
<http://www.kontest.ru/catalog/1844776/>
11. Руководство по эксплуатации прибора ЩИТ-2 фирмы «РОСС», – Режим доступа: <https://www.ross.com.ua/product/signalizator-statsionarnyj-shhit-2/>
12. Руководство по эксплуатации ДАТ-М фирмы «Аналитприбор», – Режим доступа: http://www.analitpribor-smolensk.ru/products/bezopasnost_gazoanalizatory/stacionarnye_gazoanalizatory/dat_m/
<https://www.gazoanalizators.ru/tech/dat-m-re-mp.pdf>
13. «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Клапаны серии 230, 240. Том 1, – Режим доступа: http://www.samsontula.ru/pdf/k11ru_www.pdf
14. «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Клапаны серии 250. Сервоприводы. Том 2, – Режим доступа: http://www.samsontula.ru/pdf/k12ru_www.pdf

					СУЗТ-51III.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
					-----	55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Приборы и принадлежности для регулирующих клапанов. Том 3, – Режим доступа: http://www.samsontula.ru/pdf/k13ru_www.pdf

16. Руководство по эксплуатации контроллера Ремиконт Р-130И ОАО "СКБ Систем промышленной автоматики", – Режим доступа: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/88/>

17. Руководство по эксплуатации контроллера ADAM-5000 фирмы «ADVANTECH», – Режим доступа: https://www.advantech.ru/products/modular-i-o-system-adam-5000-series/sub_1-368qr0

18. Руководство по эксплуатации контроллера SIMATIC S7-300 фирмы «Siemens», – Режим доступа: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05_S7_300_2015_rupart-1.pdf

19. Руководство по эксплуатации контроллера DL 205 фирмы «INVOLIGHT», ", – Режим доступа: <https://invask.ru/cat/0/162>

20. Каталог. Пристрої плавного пуску фірми АББ, – Режим доступа: http://www.trevisvkv.com/assets/files/abb/16_Softstarter.pdf.

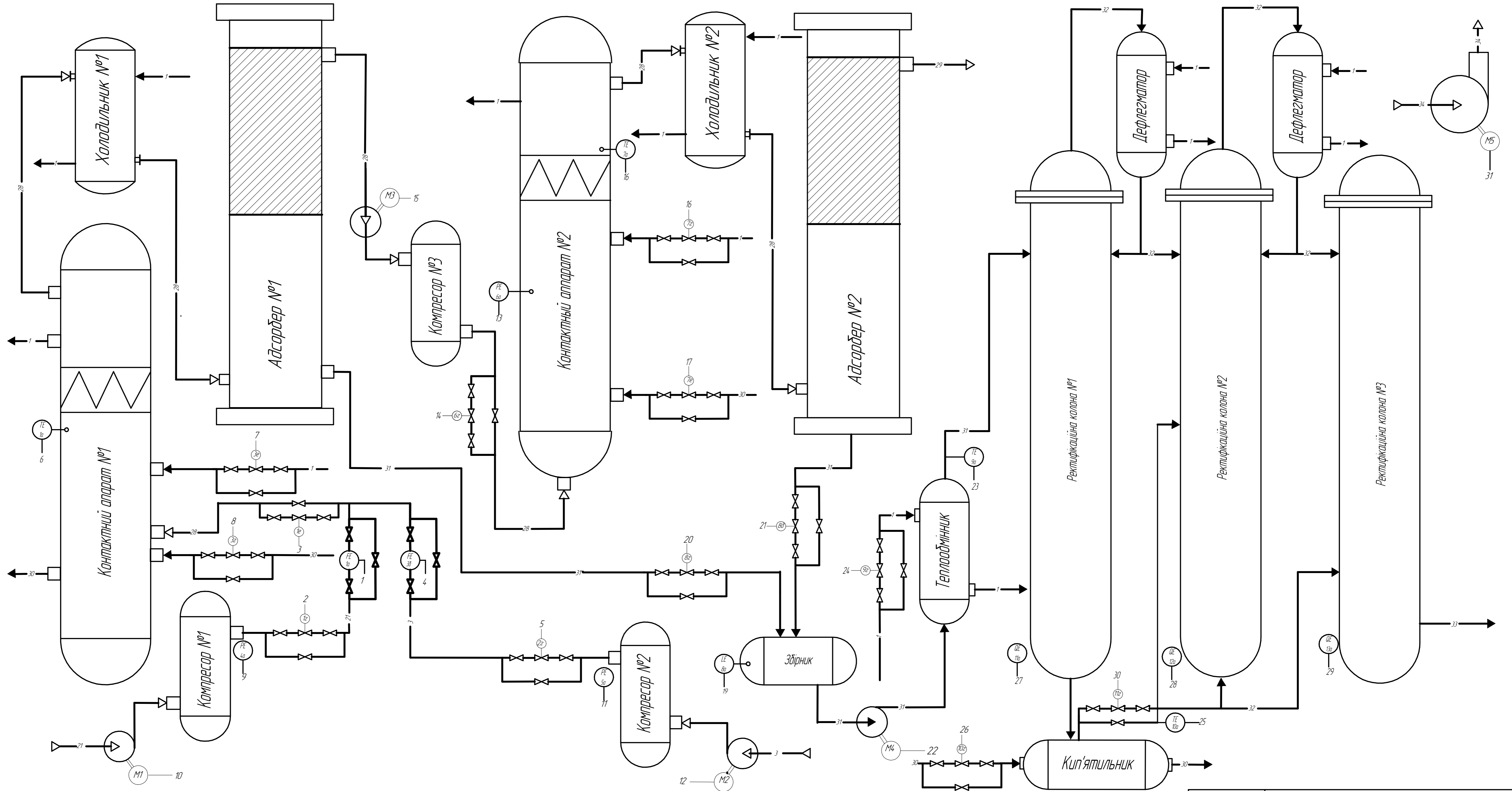
21. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1969. – 564с.

22. Регрессионный анализ, – Режим доступа: <http://sumdu.edu.ua/textbooks//11882/134613/index.html>.

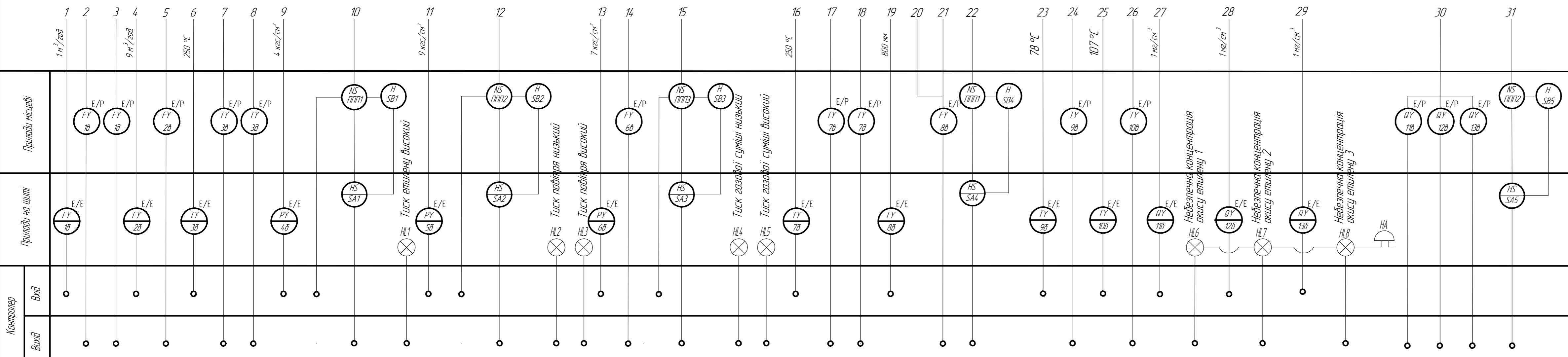
23. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного регулювання. – Підручник. К.: Либідь, 1997. – 544 с.

24. Інструктивні вказівки до виконання курсових и дипломних проєктів з напряму підготовки «Системна інженерія» і спеціальності "Комп'ютеризовані системи управління та автоматика" для студентів денної та заочної форм навчання, – Суми.: СумДУ, 2013.

					СУЗТ-51Ш.6.151.00.01.01.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



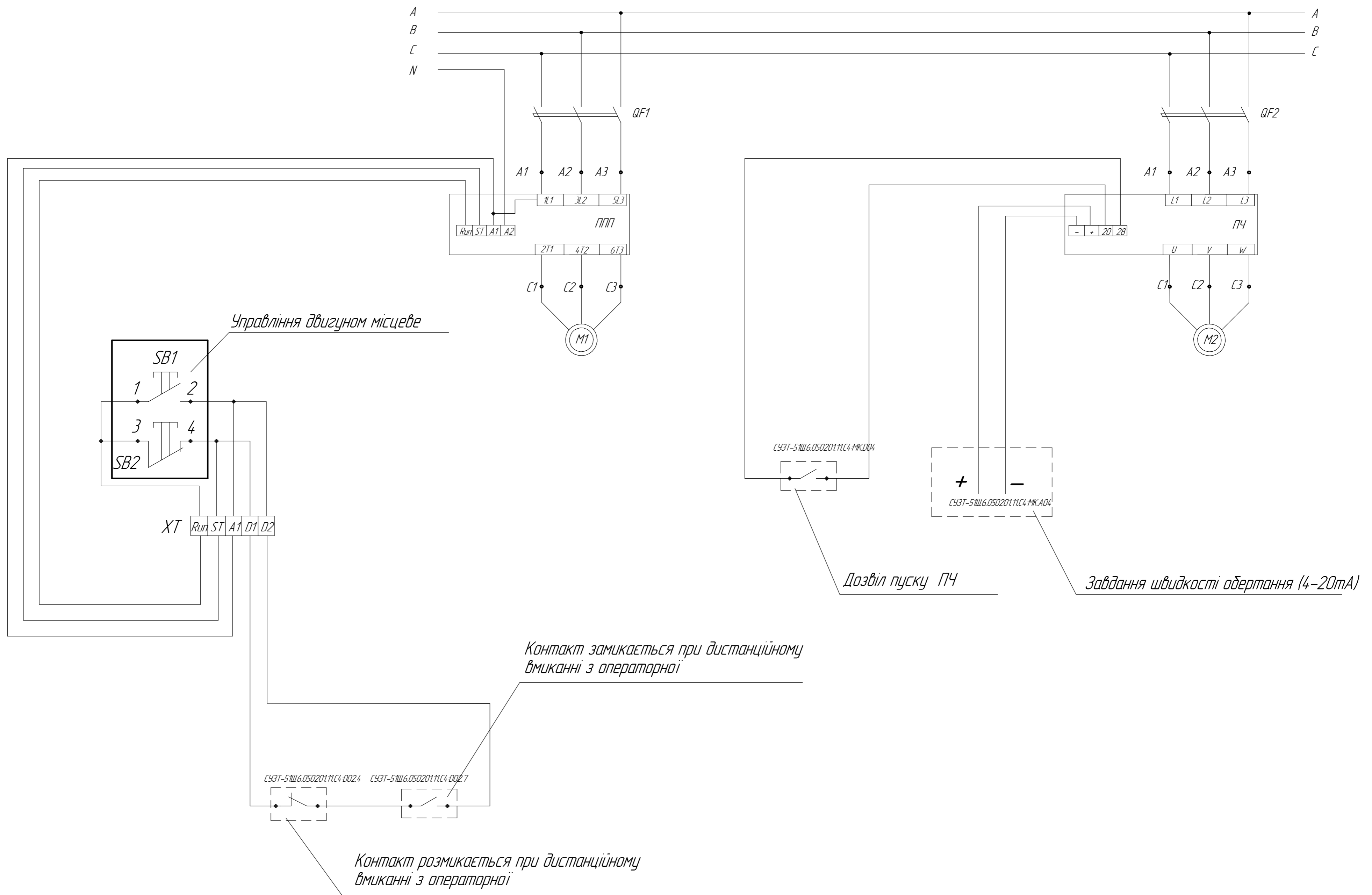
Лист № докум. Стор. № Листів. Назв. докум. Вид. Дата. Підп. і дата. Підп. і дата. Вид. Дата. Підп. і дата. Підп. і дата.



Позначення	Найменування
- 1 -	Вода
- 3 -	Повітря
- 21 -	Етилен
- 28 -	Газова суміш етилену і повітря
- 29 -	Відпрацьовані гази
- 30 -	Теплоносії
- 31 -	Водний розчин окису етилену
- 32 -	Парогазова суміш окису етилену
- 33 -	Окис етилену
- 34 -	Пари окису етилену

СЧЗТ-5Ш.6.050201.11 А2			
Система управління виробництвом окису етилену			
Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб
1			
ШСумДЧ СЧЗТ-5Ш			
Формат А1			

Принципова схема управління двигунами компресорів



Позначення	Найменування
ПТТ	Пристрій плавного пуску PSR6 P _n =3 кВт, I _n =6,8 А
ПЧ	Перетворювач частоти 8200SMD P _n =3кВт, I _n =8,3А
QF1, QF2	Автоматичний вимикач I _n = 10А, U _n = 380В DSO6-3-10В
SB1, SB2	Кнопачний пост, два управляючих елемента, U _{ном} =400 В

СЧЗТ-5Ш.6.050201.1ЕЗ					
Система управління			Лист	Масштаб	
виробництвом окису етилену			у		
Изм./Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Худяков Г.М.			1	
Проб.					
Т.контр.					
И.контр.					
Утв.	Худяков Г.М.				
Схема ділення принципова				ШСумДУ	
Копіравал				гр. СЧЗТ-5Ш	
Формат А1					

Лист № докум. _____ Назв. докум. _____ Стор. № _____ Вид. № _____ Подп. и дата _____