

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

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра автоматизації енергетичних процесів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК
«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Автоматизована система керування газоперекачувальним агрегатом»

Виконав (-ла):

студент IV курсу, групи ТА-92

Найдьон Костянтин Олександрович _____

Керівник:

Старший викладач,

Поліщук Ігор Анатолійович _____

Консультант з охорони праці:

доцент, к.т.н.,

Каштанов Сергій Федорович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра автоматизації енергетичних процесів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Найдьону Костянтину Олександровичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система керування газоперекачувальним агрегатом», керівник проєкту Поліщук Ігор Анатолійович, старший викладач, затверджені наказом по університету від «29» 05 2023 р. № 2039-с
2. Термін подання студентом проєкту «__» _____ 20__ р.
3. Вихідні дані до проєкту: Автоматизована система керування газоперекачувальним агрегатом. Контури регулювання: частота обертів турбіни, температури мастила в системі охолодження та його тиск. Підтримання оптимальних обертів турбіни, шляхом зміни положення клапану.
4. Зміст пояснювальної записки: 1. Проєктування АСУТП. 2. Інженерний розрахунок САР. 3. Опис графічної частини проєкту. 4. Програмування ПТКЗА. 5. Імітаційне моделювання АТК. 6. Охорона праці. 7. Технікоєкономічний розрахунок. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Функціональна схема автоматизації (1 арк. ф. А2). 2. Принципова електрична схема (1 арк. ф. А2). 3. Креслення загального виду щита автоматизації (1 арк. ф. А3). 4. Схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок (1 арк. ф. А3х3). Специфікація обладнання (3 арк. ф. А3).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 22.05.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Постановка задачі автоматизації ГПА	22.04.2023	ПЗ, розділ 1
2	Схема автоматизації функціональна. Схема структурна ПТК	25.04.2023	Аркуш 1. Аркуш 2. Специфікація обладнання
3	Схема принципова електрична АСР	30.04.2023	Аркуш 3
4	Креслення щита загального виду	04.05.2023	Аркуш 4
5	Схема монтажна. Схема зовнішніх з'єднань	08.05.2023	Аркуш 5. Аркуш 6
6	Опис графічних документів	12.05.2023	ПЗ, розділ 3
7	Розрахунок вимірювальних каналів АТК	16.05.2023	ПЗ, розділ 2.1
8	Розрахунок регульовально-виконавчих каналів АТК	19.05.2023	ПЗ, розділ 2.2
9	Графічні ілюстрації до розрахункової частини проєкту	22.05.2023	Аркуш 7
10	Програмування ПТКЗА	30.05.2023	ПЗ, розділ 4
11	Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСУ	06.06.2023	ПЗ, розділ 5
12	Охорона праці	09.06.2023	ПЗ, розділ 6
13	Техніко-економічний розрахунок АСУ	13.06.2023	ПЗ, розділ 7
14	Передзахист ДП	16.06.2023	Доповідь
15	Захист ДП	23.06.2023	Доповідь

Студент

Костянтин НАЙДЬОН

Керівник

Ігор ПОЛІЩУК

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дипломного проектування є автоматизований газоперекачувальний агрегат ГТН-6.

Предмет дипломного проектування – це автоматизована система управління газоперекачувальним агрегатом ГТН-6

Метою проекту є розробка техно-робочого проекту автоматизованої системи управління газоперекачувальним агрегатом ГТН-6. Головні завдання проекту включають поліпшення контролю, ефективності та надійності роботи агрегату з метою підвищення якості та безперебійності процесу перекачування газу.

Основна мета автоматизованої системи управління це забезпечення підтримки обертів газоперекачувального агрегату ГТН-6 на заданій оптимальній частоті.

Результат дипломного проектування це техно-робочий проект автоматизованої системи управління газоперекачувальним агрегатом ГТН-6. Цей проект включає детальний опис системи управління, включаючи алгоритми, схеми, програмне забезпечення та необхідне обладнання. Проєкт також може включати техніко-економічні розарунки

Такий проєкт має велике практичне значення, оскільки допомагає підвищити ефективність, безпеку та надійність роботи газоперекачувального агрегату, а також зменшити витрати на ремонт та заміну обладнання.

ABSTRACT

The object of the diploma project is an automated gas compressor unit GTN-6.

The subject of the diploma project is an automated control system for the gas compressor unit GTN-6.

The aim of the project is to develop a technical and operational project of an automated control system for the gas compressor unit GTN-6. The main objectives of the project include improving control, efficiency, and reliability of the unit to enhance the quality and uninterrupted operation of the gas pumping process.

The main goal of the automated control system is to maintain the rotational speed of the gas compressor unit GTN-6 at the specified optimal frequency.

The result of the diploma project is a technical and operational project of an automated control system for the gas compressor unit GTN-6. This project includes a detailed description of the control system, including algorithms, diagrams, software, and necessary equipment. The project may also include techno-economic calculations.

Such a project has significant practical value as it helps improve the efficiency, safety, and reliability of the gas compressor unit, as well as reduce costs for equipment repair and replacement.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизована система керування
газоперекачувальним агрегатом»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП	13
1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління.....	13
1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОВ	15
1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОВ	18
1.4 Функції АСУТП	18
1.5 Схема автоматизації функціональна.....	20
1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу	21
1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АТК ТОВ	23
РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР.....	24
2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР.....	24
2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК).....	24
2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів	26
2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів	29
2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів.....	30

						ТА92436.0012.001.АТХ.П			
						Автоматизована система керування газоперекачувальним агрегатом			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Найдьон К.О						ДП	7	98
Перевірів	Поліщук І.А.						КПІ ім.І.Сікорського, НН ІАТЕ, гр.ТА-92		
Н. Контроль	Некрашевич О.В.								
Затвердив	Волощук В.А.								

2.1.5	Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод	32
2.1.6	Схеми структурні надійності вимірювальних каналів	35
2.1.7	Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів	37
2.1.8	Розрахунок надійності вимірювальних каналів	41
2.1.9	Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК	43
2.1.10	Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів САР.	43
2.2	Інженерний розрахунок регульовально-виконавчих каналів САР...	44
2.2.1	Перелік систем автоматичного регулювання	44
2.2.2	Функціональна і структурна схеми САР	44
2.2.3	Схема структурна регульовально-виконавчого каналу САР	45
2.2.4	Схема структурна програмно-технічних засобів САР.....	46
2.2.5	Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР	47
2.2.6	Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР	48
2.2.7	Ідентифікація об'єкта управління.....	50
2.2.8	Розрахунок регуляторів САР	52
2.2.9	Функціональне моделювання САР	64
2.2.10	Висновки щодо роботоздатності РВК САР	69
РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ		70
3.1	Схема функціональна автоматизації ТОУ.....	70
3.2	Схема структурна ПТК.....	70
3.3	Схема принципова електрична АСР	70
3.4	Креслення загального виду щита	71

3.5	Схема зовнішніх з'єднань	73
3.6	Специфікація обладнання	73
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА.....		73
4.1	Програмування функціональності ПЛК	74
4.2	Програмування функціональності SCADA-системи.....	76
РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК.....		77
5.1	Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОУ.	77
5.2	Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink.....	77
5.3	Реалізація контролерної функціональності САР в софтПЛК CoDeSys 78	
5.4	Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADAсистемі WebStudio	78
5.5	Структурне моделювання АТК в програмно-технічному симуляторі 80	
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....		81
6.1	Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування	81
6.2	Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії	87
6.2.1	Мікроклімат робочої зони.....	87
6.2.2	Виробниче освітлення	88
6.3	Пожежна безпека та профілактика.....	88
6.3.1	Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення пожежі.....	89

6.4	Висновки ОП	90
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК		92
ВИСНОВКИ		95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		97

					ТА 92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСР – автоматична система регулювання
АСУ – автоматизована система управління
АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом
АТК – автоматизований технологічний комплекс
ВК – вимірювальні канали
ВМ – виконавчий механізм
ДПБ – дипломний проєкт бакалавра
АСК – автоматична система керування;
САР – система автоматичного регулювання;
РО – регулюючий орган;
ВМ – виконавчий механізм;
ІВС – інформаційно-вимірювальна система
ІМ – імітаційна модель
КЕС – кібер-енергетична система
КПЕ – ключові показники ефективності.
КФС – кібер-фізична система
РАФХ – метод розширеної амплітудно - фазової характеристики;
ПЛК – програмно-логічний контролер;
ПЗ – програмне забезпечення;
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерське управління і збір даних
ОУ – об'єкт управління
ПЗ – пояснювальна записка
ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний
ВК – Вісьовий компресор
ТД - Турбодетандер
ТВТ – Турбіна високого тиску
ТНТ – Турбіна низького тиску
Н – Нагнітач
МО – Маслоохолоджувач

ВСТУП

Актуальність автоматизації газоперекачувального агрегату ГТН-6 базується на потребі забезпечення ефективності та надійності його роботи. Газоперекачувальний агрегат ГТН-6 відіграє важливу роль у перекачуванні газу з однієї газотранспортної системи в іншу, що ставить перед ним значні виклики та вимоги.

Задачами автоматизації газоперекачувального агрегату ГТН-6 є досягнення кількох важливих цілей. По-перше, автоматизація сприяє забезпеченню оптимальної роботи та контролю над процесом перекачування газу. Це включає точну регуляцію швидкості, тиску та інших параметрів, що дозволяє підтримувати стабільну та ефективну роботу агрегату.

По-друге, автоматизація сприяє забезпеченню безпеки та надійності роботи газоперекачувального агрегату. Шляхом впровадження автоматичних систем контролю та захисту, можна запобігти аварійним ситуаціям та забезпечити безперебійну роботу агрегату.

Метою дипломного проектування є розробка техно-робочого проекту автоматизованої системи управління газоперекачувальним агрегатом ГТН-6. Цей проєкт спрямований на вдосконалення контролю, ефективності та надійності роботи агрегату, що в свою чергу сприятиме підвищенню якості та безперебійності процесу перекачування газу.

Головна задача АСК – Стабілізація обертів турбіни на оптимальній частоті

					ТА 92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП

1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління

Об'єктом автоматизації є газоперекачувальна установка ГТН-6, яка призначена для перекачування газу з нафтогазових родовищ або однієї газотранспортної системи в іншу. Установка складається з наступних основних елементів:

- (ВК) – Вісьовий компресор
- (ТД) - Турбодетандер
- (ТВТ) – Турбіна високого тиску
- (ТНТ) – Турбіна низького тиску
- (Н) – Нагнітач
- (МО) – Маслоохолоджувач

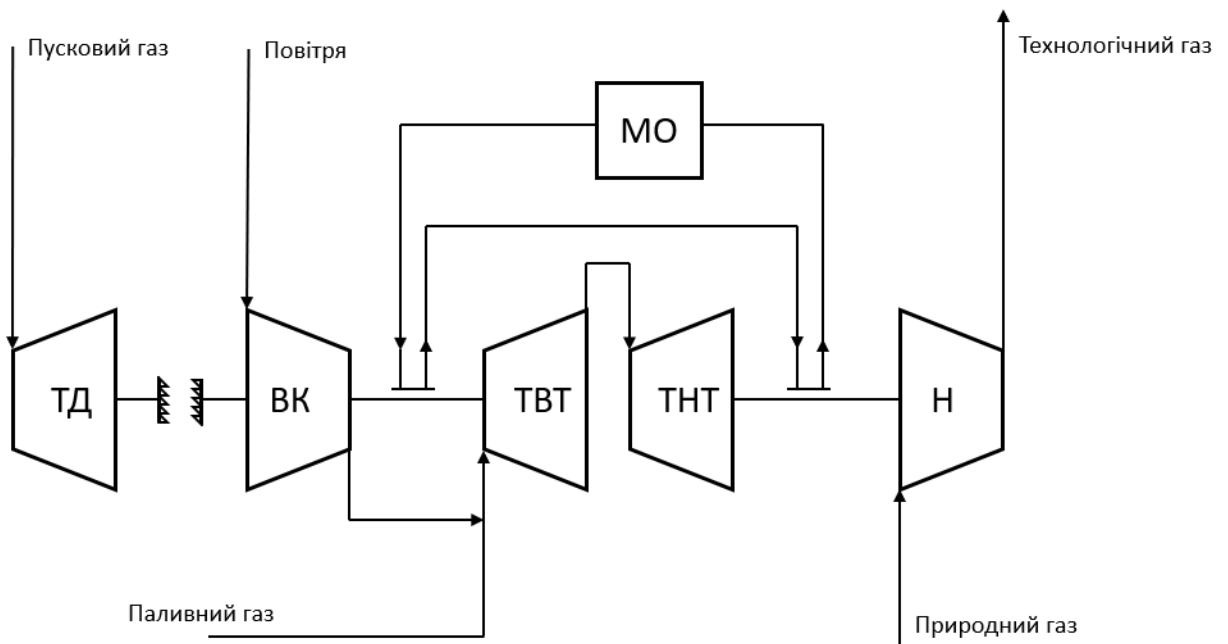


Рисунок 1.1 – Спрощена схема об'єкта автоматизації

Технологічний об'єкт керування (ТОК) включає в себе систему керування та контролю над роботою газоперекачувальної установки ГТН-6.

Газотурбінна установка включає в себе:

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- повітряно-осевий компресор;
- камеру згоряння;
- турбіну високого тиску, що приводить компресор;
- турбіну низького тиску, що приводить насос;
- пускову турбіну - турбодетандер (ТД)
- нагнітач

Для запуску газоперекачувальної установки ГТН-6 потрібен турбодетандер, який забезпечує необхідну повітряну подушку для запуску турбіни. Турбодетандер відповідає за створення тиску в повітряному колекторі, який подає повітря в турбіну високого тиску для її запуску.

Вхідним матеріальним потоком є природний газ, який надходить до установки з газопроводу. Проміжні потоки включають газ, який проходить через систему очистки, та газ, який стискається в газоперекачувальній установці в нагнітачеві. Вихідним продуктом є стиснений природний газ, який подається в газопровід.

Під час роботи газотурбінної установки ГТН-6, дуже важливо контролювати температуру різних компонентів системи. Особливо це стосується підшипників, які під час роботи установки можуть нагріватися від великої швидкості обертів двигуна. Щоб забезпечити належну роботу системи, необхідно знизити температуру масла, яке змащує підшипники, і уникнути їх перегріву. Цього можна досягти за допомогою маслоохолоджувача, який забезпечує охолодження масла, що циркулює в системі. Перегріте масло може призвести до збільшення тертя між деталями двигуна та зниження ефективності роботи. Крім того, це може викликати збільшення витрат палива, погіршення екологічних характеристик і прискорений знос деталей.

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення ТОК полягає в забезпеченні безперебійної та ефективної роботи ГТН-6, зменшенні ризику виникнення аварій, що в свою чергу забезпечує стабільне та надійне постачання стисненого природного газу до газопроводу.

1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОУ

Одноконтурна система з принципом регулювання по відхиленню є поширеним підходом до керування, який застосовується для регулювання параметрів в реальному часі. В такій системі використовується зворотний зв'язок для постійного моніторингу відхилення між бажаною величиною параметра і його фактичним значенням. На основі цього відхилення система приймає рішення про виконання відповідних дій для зближення фактичного значення з бажаним.

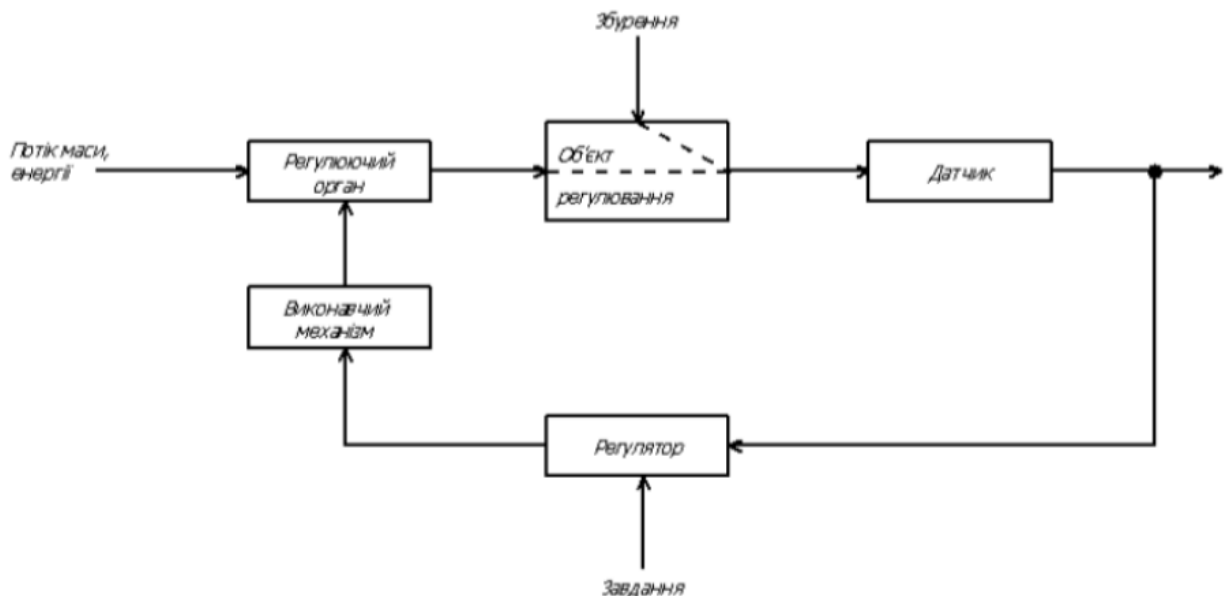


Рисунок 1.2 – Схема регулювання за відхиленням

У моїй системі є такі контури регулювання:

1. Контур регулювання частоти обертання валу. В даному випадку – силового валу

Для регулювання частоти обертання турбіни використовується клапан, який регулює кількість паливного газу, що подається до турбіни. Керуючі дії полягають

у зміні положення клапана, які забезпечують відповідну кількість газу, що подається до турбіни.

Додаткові датчики, які потрібні для роботи контуру та реєстрації показів, включають датчик обертів турбіни, датчик тиску газу та датчик температури газу.

2. Підтримка в допустимій зоні температури масла в маслосистемі ГТУ

Контур підтримки в допустимій зоні температури масла в маслосистемі ГТУ ГТН-6 має на меті забезпечити оптимальну температуру масла.

Одним з компонентів цього контуру є 2 вентилятори на радіаторах зовнішнього охолодження, які вмикатимуться або вимикатимуться залежно від температури масла. Коли температура масла перевищує допустиму межу, контролер автоматичного управління вмикатиме вентилятори на радіаторах зовнішнього охолодження, які забезпечують охолодження масла. Теплообмінник у радіаторі відбирає тепло від масла та передає його повітрю, що протікає через радіатор.

3. Підтримка в допустимій зоні тиску масла в маслосистемі ГТУ

Для підтримки в допустимій зоні тиску масла в маслосистемі ГТУ використовується контур регулювання тиску. Система має два масляних насоси, один з яких працює в основному режимі, а інший - в запасному. Таким чином, підтримується стабільний тиск масла в системі охолодження ГТУ, що забезпечує нормальну роботу всіх її елементів.

Якщо тиск в системі маслоохолодження знижується нижче допустимого рівня, то запускається резервний насос, а водночас відбувається сигнал до диспетчерського пульта про несправність основного насоса. Це дозволяє забезпечити безперебійну роботу системи охолодження масла в ГТУ та запобігти можливим аварійним ситуаціям.

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування одноконтурних систем з принципом регулювання по відхиленню дозволяє ефективно контролювати параметри і підтримувати їх на бажаному рівні.

Зовнішня завдання – підтримка заданому рівні частоти обертання валу, а через неї і параметрів навантаження, тобто. ступеня стиснення та витрати газу, що перекачується для ГТУ, що призводить в дію Н (нагнітач).

Внутрішнє завдання – підтримку потрібному рівні параметрів ГТУ, необхідні нормальної експлуатації тобто. обмеження у певному діапазоні частоти обертання роторів, обмеження температури масла в системі, утримування турбіни та нагнітача у зоні роботи, безпечної по помпажу, забезпечення безпечного пуску ГТУ.

					ТА 92436.0012.001.А ТХ.П	Лист
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ

Таблиця 1.1 - Технологічні параметри ГТУ

Параметри	Значення
Температура перед ТВТ	760 С
Температура масла в системі	43 С
Ступінь стиснення	1.23
Швидкість обертання роторів • ТВТ • ТНТ	• 6200 об/мин • 6150 об/мин
Тиск газу на виході	41 кгс/см ²
Тиск масла в системі охолодження	16 кгс/см ²
Рівень масла в баці системи охолодження	700 мм
Тиск вісьового компресору (перед ТВТ)	3.8 кгс/см ²
Тиск паливного газу	0.25 кгс/см ²

Для забезпечення максимальної точності та ефективності роботи газоперекачувальної установки ГТН-6, необхідно здійснювати регулярну перевірку та налагодження всіх параметрів, а також підбір та встановлення обладнання з високим класом точності.

Допустимий клас точності техніки 1 дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу та запобігти небажаним наслідкам, що є ключовим чинником успіху для будь-якої газотранспортної системи.

1.4 Функції АСУТП

Керуючі функції:

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Одноконтурне регулювання кількості обертів ТВТ (турбіни високого тиску) за допомогою зміни положення регулюючого клапана
- Одноконтурне регулювання тиску масла за допомогою шнекових насосів
- Одноконтурне регулювання температури масла на виході з маслоохолоджувачів

Захисні функції:

- Сигналізація при перевищенні температури масла ущільнення на виході з маслоохолоджувачів;
- сигналізація при малих обертах ТВТ;
- сигналізація при недопустимому тиску масла ущільнення;
- припинення подачі паливного газу в камеру згоряння по імпульсу аварійної зупинки через стопорний клапан

Функції сигналізації:

Функція сигналізації в технологічних системах є важливим засобом сповіщення оперативного персоналу про відхилення вимірюваних параметрів та відмову елементів обладнання.

Таблиця 1.2 - Характеристика параметрів

Параметр	Номінальне значення	Допустиме відхилення
Температура підшипників	60°C	+ 3°C
Температура масла перед МО	60°C	+ 3°C
Температура масла після МО	35°C	+ 3°C
Тиск масла	1,5 МПа	± 0,1 МПа

Кінець таблиці 1.3

Параметр	Номінальне значення	Допустиме відхилення
Обороти ТНТ	6150 об/хв	± 1%
Обороти ТВТ	6200 об/хв	± 1%

1.5 Схема автоматизації функціональна

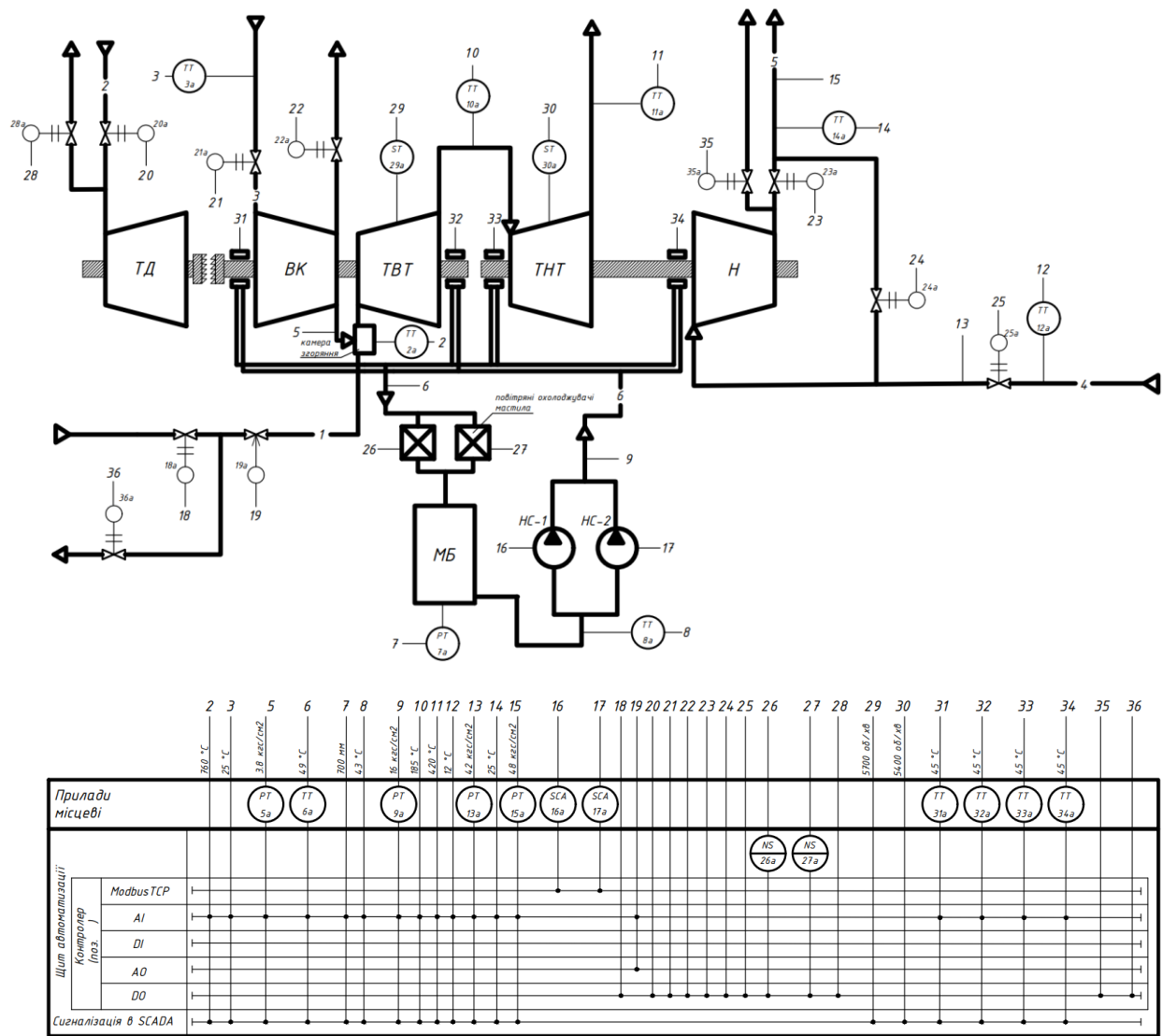


Рисунок 1.3 – Схема автоматизації функціональна

Для запуску турбіни газоперекачуючого агрегату подається пусковий газ на турбодетандер, через регулюючий клапан 28а.

Далі паливний газ, який проходить через аварійний клапан 18а та регулюючий клапан 19а, поступає до камери згорання, де змішується з стисненим повітрям. Попередньо, це повітря проходить через клапан 21а та поступає до вісьового компресору, де стискається.

Продукти згорання поступають до турбіни низького тиску, яка розташована на іншому валу та розкручує нагнітач. Технологічний газ проходячи повз клапан 25а, поступає до нагнітача, де стискається до робочого тиску.

У разі обслуговування, зупинки або аварійної ситуації для скидання тиску (газу, повітря) з таких елементів як турбодетандеру, вісьового компресору і нагнітача, передбачені клапани для цього. Поряд з турбодетандером стоїть зкидуючий клапан 28а, у ВК клапан 22а. Для скидання тиску з нагнітача 35а.

На кожному з пішипників розташований свій термоперетворювач опору 32а-34а. Для їх охолодження використовується мастило, яке проходить через повітряні охолоджувачі мастила 26а та 27а. Воно міститься в мастильному баці з поплавковим датчиком рівня, та прокачується за допомогою двох насосів 16а та 17а, які також забезпечують потрібний тиск в системі охолодження.

1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу

Структура системи управління установки. Система автоматизації складається з двох рівнів – локальної автоматизації (контролер, вимірювальні пристрої (ВП) і виконавчі механізми (ВМ)) та супервізорного рівня (система диспетчеризації на базі ПК).

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

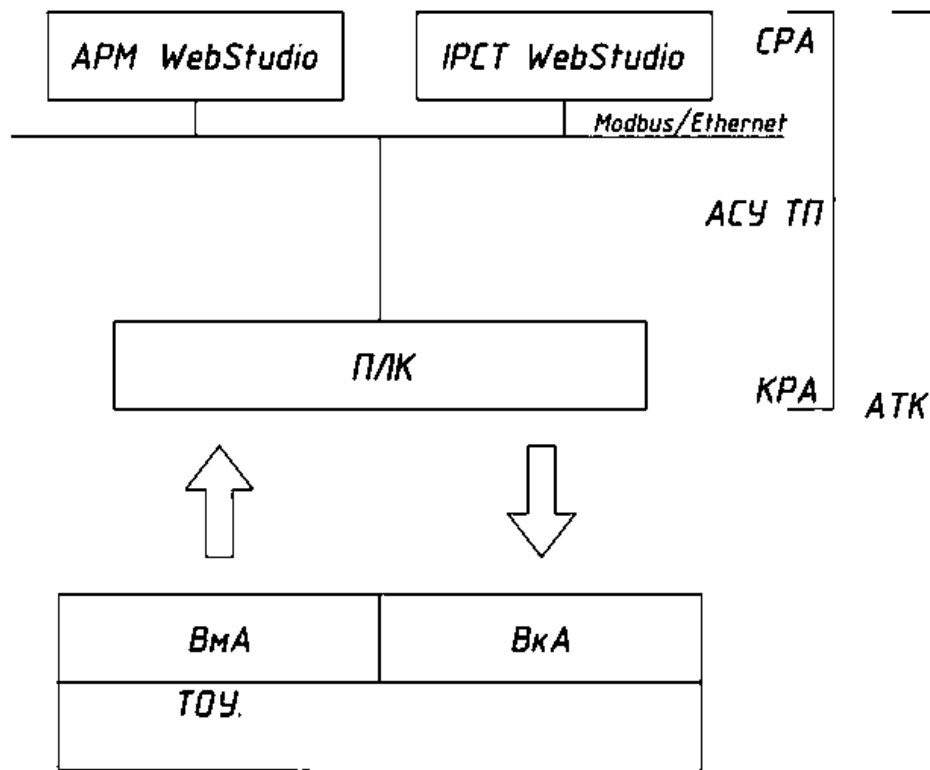


Рисунок 1.4 - Функціональна структура системи автоматизації

ПЛК – програмований логічний контролер

АТК – автоматизований технологічний комплекс

АРМ – автоматизоване робоче місце (операторська станція)

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом

КРА – контролерний рівень автоматизації

ВмА – вимірювальна апаратура

ВкА – виконавча апаратура

ТОУ – технологічний об'єкт управління

СРА – супервізорний рівень автоматизації

1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АТК ТОУ

Джерела техніко-економічної ефективності для управляючих функцій АСУТП:

- Автоматизовані регулятори і контролери: Використання сучасних автоматизованих регуляторів і контролерів дозволяє точно і швидко виконувати регулювання параметрів та контроль за процесами, що сприяє ефективності управління.
- Оптимальне планування режимів роботи: Впровадження алгоритмів оптимального планування режимів роботи допомагає мінімізувати енергоспоживання, збільшувати продуктивність та оптимізувати процеси управління.

Джерела техніко-економічної ефективності для захисних функцій АСУТП:

- Дублювання та резервування: Використання дублюючих або резервних пристроїв, наприклад, дубльованих контролерів чи інтерфейсів, дозволяє забезпечити надійність та безпеку системи в разі відмови основних елементів.
- Автоматичне виявлення відхилень: Використання систем виявлення відхилень та тривог допомагає оперативно реагувати на потенційні проблеми та запобігти аваріям.
- Контроль доступу та захист даних: Використання систем контролю доступу та шифрування даних допомагає запобігти несанкціонованому доступу до системи та зберегти конфіденційність інформації.

Джерела техніко-економічної ефективності для інформаційних функцій АСУТП:

- Використання засобів візуалізації даних: Використання графіків, діаграм, інтерактивних панелей та інших засобів візуалізації даних допомагає операторам швидко сприймати та аналізувати інформацію.

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР

2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР

2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК)

Перелік усіх інформаційних каналів із вказаним діапазоном вимірювання, похибки, типу сигналу та функцій:

Таблиця 2.1 – Перелік ВК

Параметр	Межі	Сигнал	Функції	Точність
Температура повітря на перед ВК	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Контроль	0.5 °C
Температура підшипників 4 шт.	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Контроль, сигналізація, захист	0.5 °C
Температура технологічного газу перед нагнітачем	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Сигналізація	0.5 °C
Температура технологічного газу після нагнітача	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Сигналізація	0.5 °C

Продовження таблиці 2.2

Параметр	Межі	Сигнал	Функції	Точність
Температура продуктів згорання перед ТВТ	-50 ... 800 °C	(4..20)мА	Контроль, захист	8.5 °C
Температура продуктів згорання після ТВТ	-50 ... 800 °C	(4..20)мА	Контроль	8.5 °C
Температура мастила перед МО	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Контроль, сигналізація, захист	0.5 °C
Температура мастила після МО	-50 ... 200 °C	(4..20)мА	Контроль, сигналізація, захист	0.5 °C
Тиск мастила після насосів	0...20 бар	(4..20)мА	Контроль, захист	0.2 бар
Рівень мастила в баці	0...1000мм	(4..20)мА	Сигналізація, захист	15 мм
Тиск повітря перед камерою згорання	0...6 бар	(4..20)мА	Контроль	0.1 бар
Тиск технологічного газу на вході	0...60 бар	(4..20)мА	Контроль	0.2 бар
Тиск технологічного газу на виході	0...60 бар	(4..20)мА	Контроль	0.2 бар
Частота обертів ТВТ	0...1 кГц	(0..10) В	Контроль, сигналізація	25 Гц

Кінець таблиці 2.3

Параметр	Межі	Сигнал	Функції	Точність
Частота обертів ТНТ	0...1 кГц	(0..10) В	Контроль	25 Гц

Ці вимірювальні канали забезпечують отримання необхідних даних про технологічні параметри та стан газоперекачувального агрегату, що дозволяє АСУТП ТОУ ефективно контролювати та управляти процесами перекачування газу.

2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів

Для вимірювання температури обрані термоперетворювачі опору, для більш високих температур – термопари. Вони поставляються з вбудованим трансміттером, та мають уніфікований сигнал на виході (4..20) мА



Рисунок 2.1 – Термоперетворювач опору Danfoss MBT 3252 084Z2266

					ТА 92436.0012.001.А ТХ.П	Лист
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 - Термонара опору Danfoss MBT 5110

Для вимірювання тиску газу, повітря на вході в ТВТ, тиску мастила в системі охолодження та рівня в баці будуть встановлені п'єзорезистивні перетворювачі тиску MBS 4201, для різних діапазонів вимірювання будуть обрані різні заводські коди в каталозі на сайті виробника. Вихідний сигнал (4..20)мА



Рисунок 2.3 – Перетворювач тиску MBS 4201

Для вимірювання частоти обертів турбін було обрано індуктивний датчик наближення. Цей датчик працює на принципі виявлення зміни магнітного поля, що виникає при обертанні турбіни. Вихідний сигнал датчика буде представлений у

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигляді напруги, яка змінюється 0 або 10 вольт, датчик працює по принципу PNP транзистору.

Вимірювання частоти обертів турбіни здійснюється шляхом вимірювання часу між змінами сигналу датчика. Чим частіше змінюється сигнал, тим вища частота обертів турбіни.

Індуктивні датчики наближення часто використовуються в промислових додатках, оскільки вони мають високу надійність та стійкість до навколишнього середовища. Вони чутливі до металевих об'єктів, таких як лопаті турбіни, і забезпечують точне вимірювання частоти обертів.



Рисунок 2.4 – Індуктивний датчик XS6

Далі представлені схеми ВК:

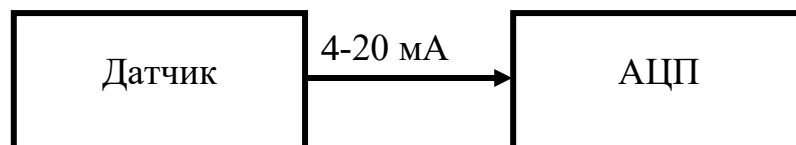


Рисунок 2.5 – Структурна схема ВК вимірювання температури та тиску САР

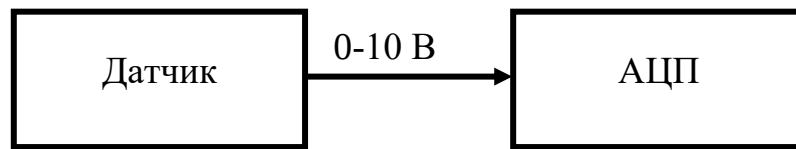


Рисунок 2.6 – Структурна схема ВК частоти обертів турбін САР

2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів

Для вимірювання температури в системі використовуються два основних типів датчиків: термоперетворювачі опору та термопари.

- Термоперетворювачі опору використовуються для вимірювання температури в діапазоні $(-50..200) ^\circ\text{C}$
- Для вимірювання більш високих температур у системі використовуються термопари, вимірювання $(-50..800) ^\circ\text{C}$

Обидва типи датчиків, термоперетворювачі опору та термопари, поставляються з інтегрованими перетворювачами на виході. Ці перетворювачі призначені для конвертації сигналів в стандартні вимірювальні сигнали. У нашому випадку використовується уніфікований сигнал 4-20 мА. Схема підключення двопровідна.

В нашій системі для вимірювання тиску використовуються п'єзорезистивні датчики. Ці датчики засновані на принципі зміни опору матеріалу під дією прикладеного тиску. Вони забезпечують високу точність та чутливість вимірювання тиску у широкому діапазоні значень.

П'єзореzystивні датчики підключені за допомогою двопровідної схеми, де одна пара проводів використовується для живлення датчиків та передачі вимірювального сигналу. Ці датчики мають вихідний сигнал (4-20)мА

Модуль ТМ3АІ8G є введенням аналогових сигналів в систему контролю та управління. Цей модуль вимагає живлення для працездатності та передачі вимірювальних сигналів. Для живлення датчиків, підключених до модуля, потрібно використовувати блок живлення.

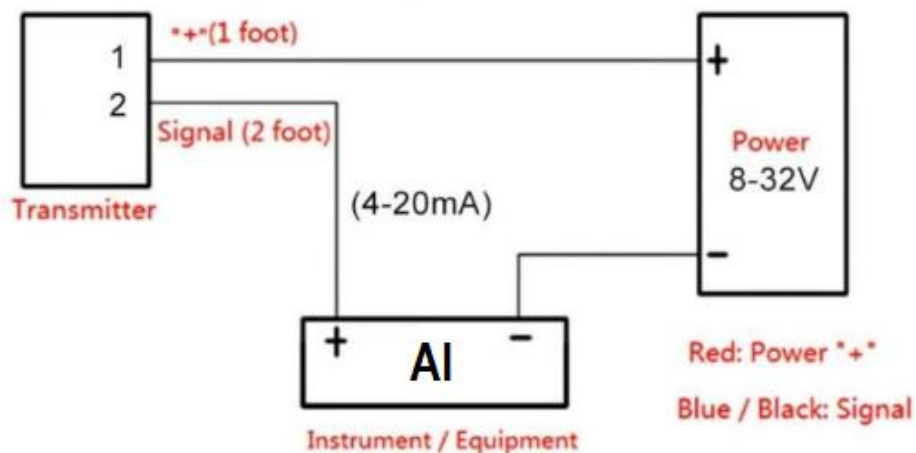


Рисунок 2.7 – Схема підключення двопровідних датків до модуля аналогового вводу з пасивними входами

2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів

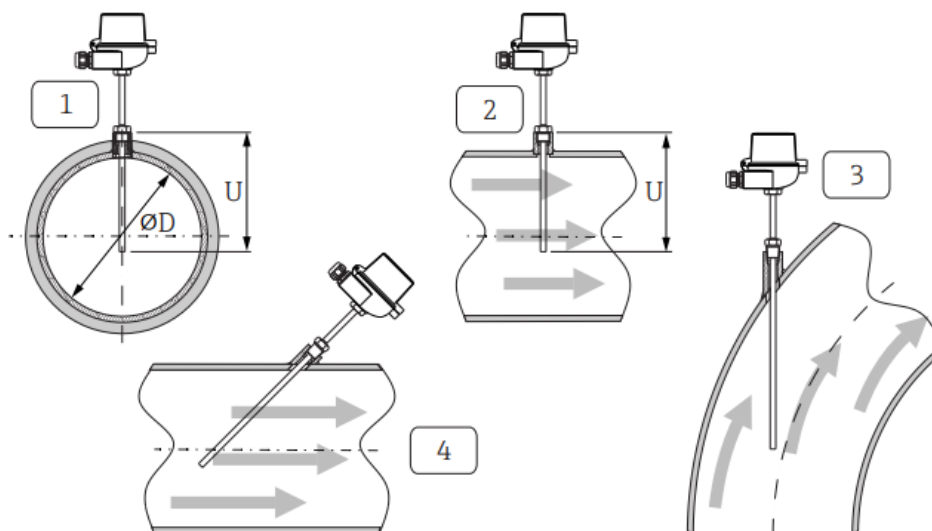


Рисунок 2.8 – Приклади монтажу термоперетворювачів опору

(1 – 2) У трубах з малою площею поперечного перерізу наконечник датчика повинен досягати осьової лінії труби (U) або злегка виступати за неї.

(3 – 4) Приклад монтажу у похилій орієнтації, де довжина штока датчика значно перевищує радіус простір.

Індуктивний датчик наближення повинен бути встановлений в радіальному напрямку так, щоб він був спрямований на вісь обертання обертового профілю, слід враховувати можливе осьове зміщення машини. Важливим є надійне кріплення датчика без вібрацій. Монтаж може бути виконаний врівень з будь-яким матеріалом.

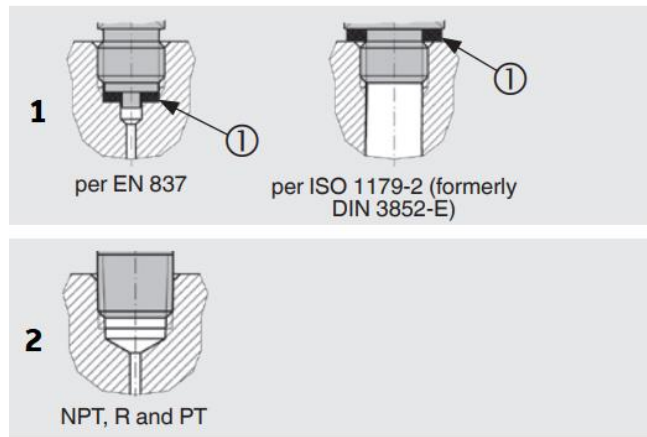


Рисунок 2.9 – Приклад встановлення датчиків тиску

При монтажі цих датчиків важливим є ущільнення різьбового з'єднання

Для конусних різьб використовуйте тефлонову різьбову стрічку або герметик. Вам потрібно приблизно 3-5 обертів, щоб герметизувати датчик. Це тому, що занадто груба стрічка може вибити різьбу, а занадто тонка не забезпечить належну герметичність.

Якщо ви використовуєте датчик з прямими різьбами, о подібне кільце повинно створювати належну герметичність. Тому не покладайтесь на стрічку для герметизації прямих різьб.

2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод

Кабель КВВГЕ (екранований кабель) широко використовується в різних промислових застосуваннях, де потрібен надійний електромагнітний захист сигналів. Він має металеву екрануючу оболонку, яка допомагає запобігти впливу зовнішніх електромагнітних перешкод на передавані сигнали.

У системі також використовуються вибухозахищені датчики з сертифікацією АТЕХ. Ці датчики спеціально розроблені для використання в небезпечних середовищах. Сертифікація АТЕХ підтверджує, що датчики відповідають вимогам

європейських стандартів безпеки, необхідних для використання в потенційно вибухонебезпечних зонах. Вони мають спеціальні заходи безпеки, такі як конструкційні особливості та можливість роботи при меншій напрузі.

Використання вибухозахищених датчиків з сертифікацією АТЕХ в системі є важливим аспектом безпеки. Вони дозволяють здійснювати надійне вимірювання тиску та температури в потенційно небезпечних середовищах.

Вибухонебезпечні зони EX 0, 1 і 2 відносяться до класифікації зон для потенційно вибухонебезпечних середовищ і визначаються на підставі частоти і тривалості наявних вибухонебезпечних газів або парів у конкретних областях. Основна класифікація зон відповідно до стандарту АТЕХ включає:

1. Зона EX 0: Ця зона визначається як область, де наявні вибухонебезпечні гази або пари присутні постійно, протягом тривалого періоду часу або часто. У зоні EX 0 необхідні спеціальні заходи безпеки, включаючи використання спеціального обладнання, яке відповідає вимогам зони EX 0, таких як вибухозахищені датчики з відповідним класом захисту.
2. Зона EX 1: Ця зона визначається як область, де наявні вибухонебезпечні гази або пари можуть з'являтися у нормальних умовах роботи у випадку непередбачуваних подій або випадкових ситуаціях. У зоні EX 1 також вимагаються спеціальні заходи безпеки та використання вибухозахищеного обладнання.
3. Зона EX 2: Ця зона визначається як область, де наявні вибухонебезпечні гази або пари не ймовірно з'являються в нормальних умовах роботи, або коли розмір та тривалість їх присутності незначні. У зоні EX 2 необхідні загальні заходи безпеки, але застосування спеціального вибухозахищеного обладнання не є обов'язковим.

У системі, датчики, які будуть використовуватись в зоні EX 0, мають відповідний клас захисту для вибухонебезпечних середовищ. Це означає, що вони спеціально призначені та сертифіковані для використання в зоні EX 0.

Додатково, для запобігання іскроутворення в зоні EX 0, використовуються бар'єри іскрозахисту. Для іскробезпеки в потенційно вибухових зонах використовуються два типи бар'єрів:

- Ізольований бар'єр для передавання струму: Цей бар'єр використовується для передачі струму. Він ізолює струмовий контур від небезпеки, але не забезпечує живлення для передавачів у небезпечній зоні. Такий бар'єр може повторювати сигнали в діапазоні від 4 мА до 20 мА.
- Ізольований бар'єр для передачі напруги: Цей бар'єр використовується для передачі сигналів напруги з небезпечних зон у безпечні. Він повторює сигнали напруги від магнітних датчиків, перетворювачів і витратомірів в діапазоні від -10 В до 10 В. Цей бар'єр розрахований на частоти до 50 кГц.



Рисунок 2.10 – Іскробар'єр-повторювач PEPPERL-FUCHS

Ці бар'єри грають важливу роль у забезпеченні безпеки та іскробезпеки в небезпечних середовищах, де необхідно передавати сигнали з місць з підвищеною небезпекою до безпечних зон. Вони забезпечують гальванічну ізоляцію та надійну передачу сигналів, запобігаючи утворенню потенційно небезпечним іскрам в вибухонебезпечних зонах.

2.1.6 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

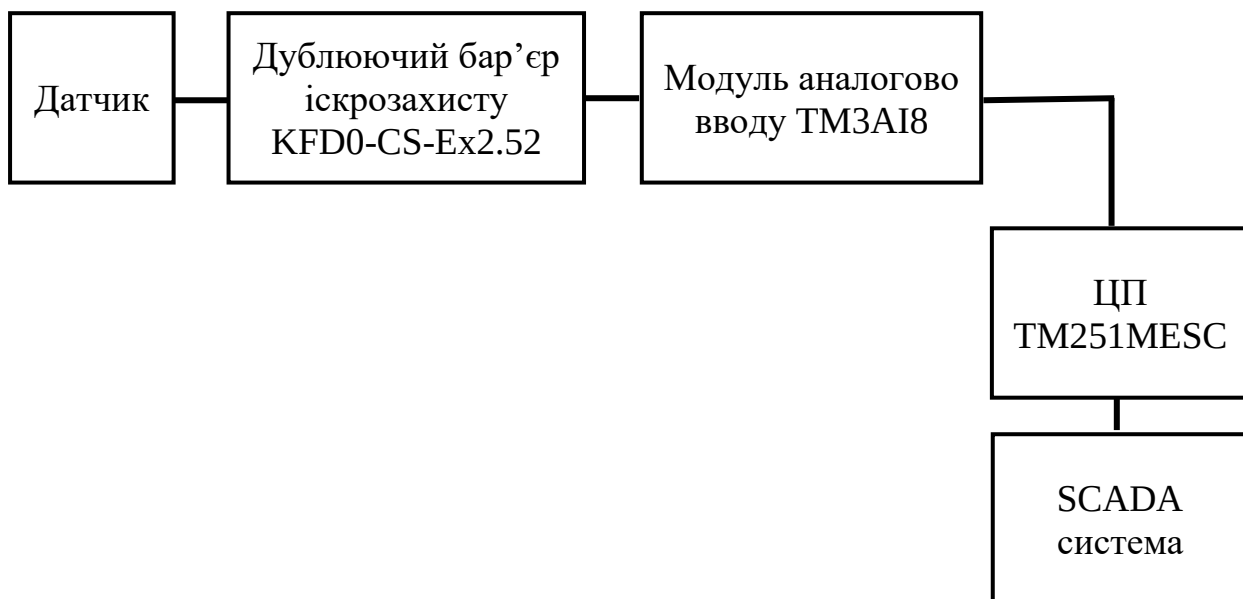


Рисунок 2.11 – Схема структурна ВК температури та тиску

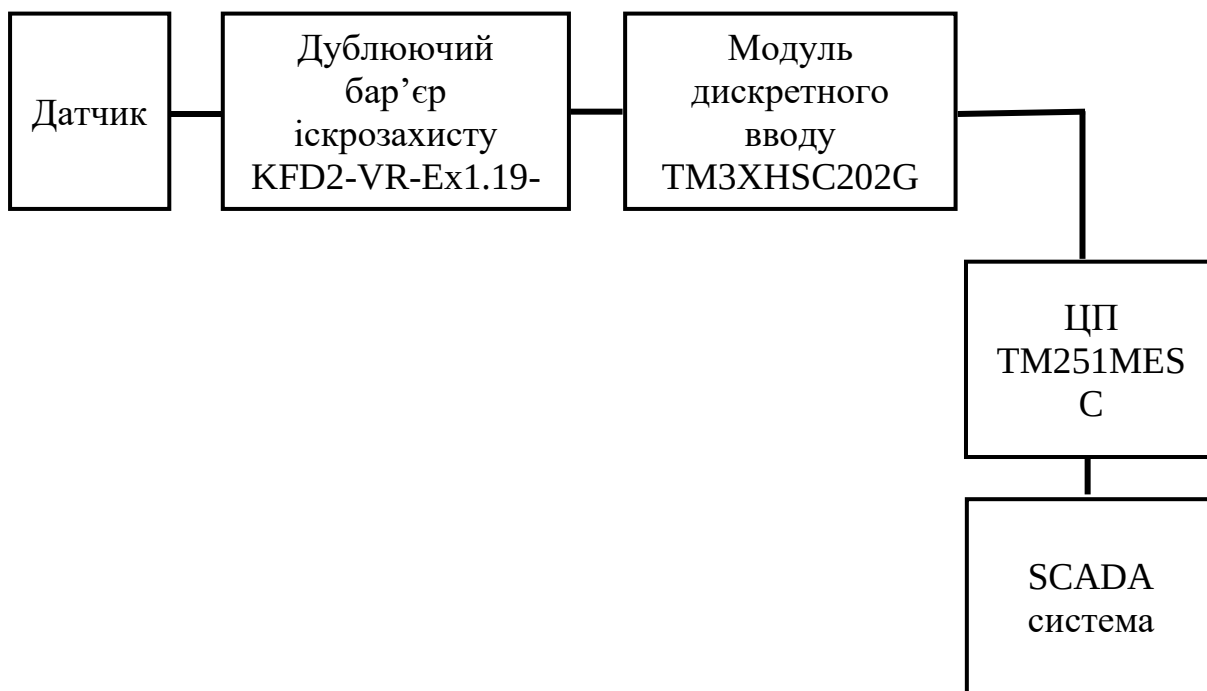


Рисунок 2.12 – Схема структурна ВК частоти обертів турбін

2.1.7 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів

Таблиця 2.4 – Елементи ВК

ВК	Елемент ВК	Клас точності	Діапазон вимірювання	Вихідний сигнал	Межа допустимої похибки ВК
1	Датчик температури, MBT 3252	0.1	-50..200 °C	4-20 мА	0.5 °C
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.1	-	4-20 мА	
	Модуль аналогового вводу, TM3AI8	0.1	-	-	
2	Датчик температури, MBT 5113	0.765	-50..800 °C	4-20 мА	8.5 °C
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.1	-	4-20 мА	
	Модуль аналогового вводу, TM3AI8	0.1	-	-	
3	Індуктивний датчик частоти обертів, XS618B1PAL10EX	0.1	0..10000 об/хв	0-10 В	25 об/хв
	Бар'єр іскрозахисту, KFD2-VR-Ex1.19-Y109129	0.1	-	0-10 В	
	Модуль дискретного вводу, TM3XHSC202G	0.1	-	-	
4	Датчик тиску, MBS 4201	0.1	0 .. 60 бар	4-20 мА	0.2 бар
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.1	-	4-20 мА	
	Модуль аналогового вводу, TM3AI8	0.1	-	-	

Розрахунок абсолютної похибки кожного елементу, який входить до відповідного вимірювального каналу:

ВК 1:

Датчик температури, MBT 3252:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(200 - (-50))}{100} = 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(200 - (-50))}{100} = 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Модуль аналогово вводу, ТМ3АІ8:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(200 - (-50))}{100} = 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

БК 2:

Датчик температури, MBT 5113:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.765(800 - (-50))}{100} = 6.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(800 - (-50))}{100} = 0.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Модуль аналогово вводу, ТМ3АІ8:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(800 - (-50))}{100} = 0.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

БК 3:

Індуктивний датчик частоти обертів, XS618B1PAL10EX:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(10000 - 0)}{100} = 10 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бар'єр іскрозахисту, KFD2-VR-Ex1.19-Y109129:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(10000 - 0)}{100} = 10 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Модуль дискретного вводу, TM3XHSC202G:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(10000 - 0)}{100} = 10 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

БК 4:

Датчик тиску, MBS 4201:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(60 - 0)}{100} = 0.06 \text{ бар}$$

Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(60 - 0)}{100} = 0.06 \text{ бар}$$

Модуль аналогово вводу, TM3AI8:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{100} = \frac{0.1(60 - 0)}{100} = 0.06 \text{ бар}$$

Таблиця 2.5 - Абсолютна похибка кожного елементу БК

БК	Елемент БК	Абсолютна похибка
1	Датчик температури, MBT 3252	0.25 °C
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.25 °C
	Модуль аналогово вводу, TM3AI8	0.25 °C
2	Датчик температури, MBT 5113	6.5 °C
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.85 °C
	Модуль аналогово вводу, TM3AI8	0.85 °C
3	Індуктивний датчик частоти обертів, XS618B1PAL10EX	10 об/хв
	Бар'єр іскрозахисту, KFD2-VR-Ex1.19-Y109129	10 об/хв
	Модуль дискретного вводу, TM3XHSC202G	10 об/хв

Кінець таблиці 2.6

ВК	Елемент ВК	Абсолютна похибка
4	Датчик тиску, MBS 4201	0.06 бар
	Бар'єр іскрозахисту, KFD0-CS-Ex2.52	0.06 бар
	Модуль аналогово вводу, ТМ3АІ8	0.06 бар

Розрахунок абсолютної похибки кожного ВК:

ВК 1:

$$\Delta_{BK1} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{0.25^2 + 0.25^2 + 0.25^2} = 0.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ВК 2:

$$\Delta_{BK2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{6.5^2 + 0.85^2 + 0.85^2} = 6.61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ВК 3:

$$\Delta_{BK3} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{10^2 + 10^2 + 10^2} = 17.3 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

ВК 4:

$$\Delta_{BK3} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{0.06^2 + 0.06^2 + 0.06^2} = 0.1 \text{ бар}$$

Порівняємо розраховані абсолютні похибки з допустимими межами кожного ВК:

ВК 1:

$$0.25 \text{ } ^\circ\text{C} < 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ВК 2:

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$6.61^{\circ}\text{C} < 8.5^{\circ}\text{C}$$

БК 3:

$$17.3 \frac{\text{об}}{\text{хв}} < 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

БК 4:

$$0.1 \text{ бар} < 0.2 \text{ бар}$$

2.1.8 Розрахунок надійності вимірювальних каналів

Розрахунок надійності БК частоти обертів ТВТ

Таблиця 2.7 – Параметри надійностей елементів БК

Назва елементу	$T_{\text{ср}}$, год.	$\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год.
Індуктивний датчик обертів XS618B1PAL10EX	110 000	9.09
Дублюючий бар'єр іскрозахисту KFD2-VR-Ex1.19-Y109129	145 000	6.9
Модуль дискретного вводу TM3XHSC202G	50 000	20
ЦП TM251MESC	50 000	20

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов та середнє напрацювання на відмову:

$$\lambda = 9.09 \cdot 10^{-6} + 6.9 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6};$$

$$\lambda = 60 \cdot 10^{-6}, 1/\text{год.}$$

$$\frac{1}{T_{cp}} = \frac{1}{110000} + \frac{1}{145000} + \frac{1}{50000} + \frac{1}{50000};$$

$$T_{cp} = 17861.14 \text{ год.}$$

Задаємося періодом у (1 рік – 8760 год) для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи

$$P_{\delta}(\tau) = e^{-\lambda\tau} \approx 1 - \frac{\tau}{T_{op}} = 1 - \lambda\tau$$

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0.5256$$

Задаємося середнім часом відновлення працездатності $T_B = 2$ год та допустимим часом функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції $T_{дод} = 4$ год для розрахунку ймовірності відновлення працездатності згідно формули:

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-T_{дод}/T_B} \approx \frac{T_{дод}}{T_B} \approx 0.86$$

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи за 8760 годин з урахуванням відновлення відмовляємої функції згідно формули:

$$P_c(\tau) = P_{\delta}(\tau) + [1 - P_{\delta}(\tau)] \times P_B(\tau)$$

$$P_c(\tau) \geq P_{\delta}(\tau)$$

$$P_c(\tau) = 0.5256 + [1 - 0.5256] \cdot 0.86 = 0.923$$

Розрахуємо коефіцієнт готовності та ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваного завдання згідно формулами:

$$K_{гот} = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$P_{оч}(\tau) = K_{гот} P_{\delta}(\tau)$$

$$P_{оч}(\tau) \leq P_{\delta}(\tau)$$

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{гот}} = \frac{17861}{17861 + 2} = 0.999$$

$$P_{\text{оч}}(\tau) = 0.999 \cdot 0.923 = 0.922$$

2.1.9 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК

Первинна обробка сигналів в програмованих логічних контролерах (ПЛК) включає набір функцій, які застосовуються для опрацювання вхідних сигналів з модулів ПЛК перед подальшим використанням в програмному забезпеченні. Основні функції первинної обробки сигналів в ПЛК:

- Перетворення сигналів: Перетворення вхідних сигналів з внутрішнього представлення в ПЛК до фізичних одиниць вимірювання (наприклад, температура, тиск, рівень) Це може включати конвертацію сигналів з аналогового у цифровий формат.
- Логічна обробка: Використання логічних операцій, таких як логічне «І» або логічне «АБО», для обробки вхідних сигналів і отримання необхідних умов або результатів.
- Сигналізація та діагностика: Встановлення алармів, сповіщень або інших сигналів на основі вхідних сигналів для показу стану або спрацювання певних умов. Це може включати сповіщення про помилки, аварійні стани або відмінні від нормальних умов.
- Обробка вибивань: Виявлення вибивань або аномальних значень вхідних сигналів та прийняття відповідних заходів, наприклад, встановлення алармів або автоматичного вимикання обладнання.

2.1.10 Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів САР

Враховуючи точність вимірювань, надійність реалізації інформаційних функцій і необхідність реалізації функцій первинної обробки сигналів в ПЛК,

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна зробити висновок, що вимірювальні канали САР є роботоздатними і відповідають вимогам процесу.

2.2 Інженерний розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР

2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання

В системі були розроблені такі САР:

- САР частоти обертів турбіни високого тиску:
- Одноконтурна САР температури мастила в системі охолодження підшипників
- Одноконтурна САР тиску мастила в системі охолодження

2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР

Розглянемо систему автоматичного регулювання частоти обертів турбіни високого тиску.

Система включає в себе наступні компоненти: індуктивний датчик обертів турбіни, контролер та клапан подачі паливного газу. Індуктивний датчик обертів турбіни відповідає за вимірювання частоти обертів турбіни та передачу цієї інформації до контролера.

Контролер є центральним елементом системи. Він отримує дані від індуктивного датчика обертів та порівнює виміряну частоту з заданою уставкою. Уставка представляє собою задану цільову частоту обертів, яку система повинна підтримувати.

Клапан подачі паливного газу відповідає за регулювання кількості палива, що поступає до камери згорання. Команда від регулятора впливає на роботу клапану, який збільшує або зменшує потік паливного газу до камери згорання.

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

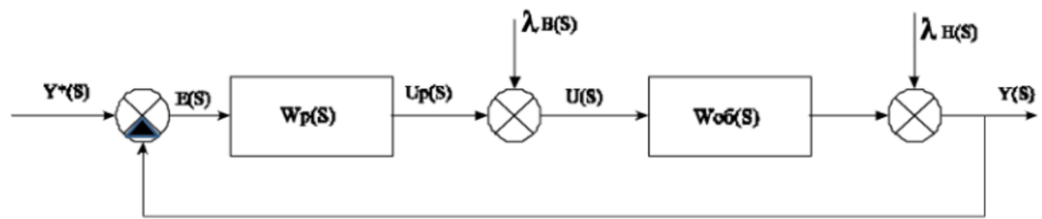


Рисунок 2.13 – Одноконтурна САР частоти обертів ТВТ

Це дозволяє досягати необхідної стабільності та ефективності роботи системи

2.2.3 Схема структурна регульовально-виконавчого каналу САР

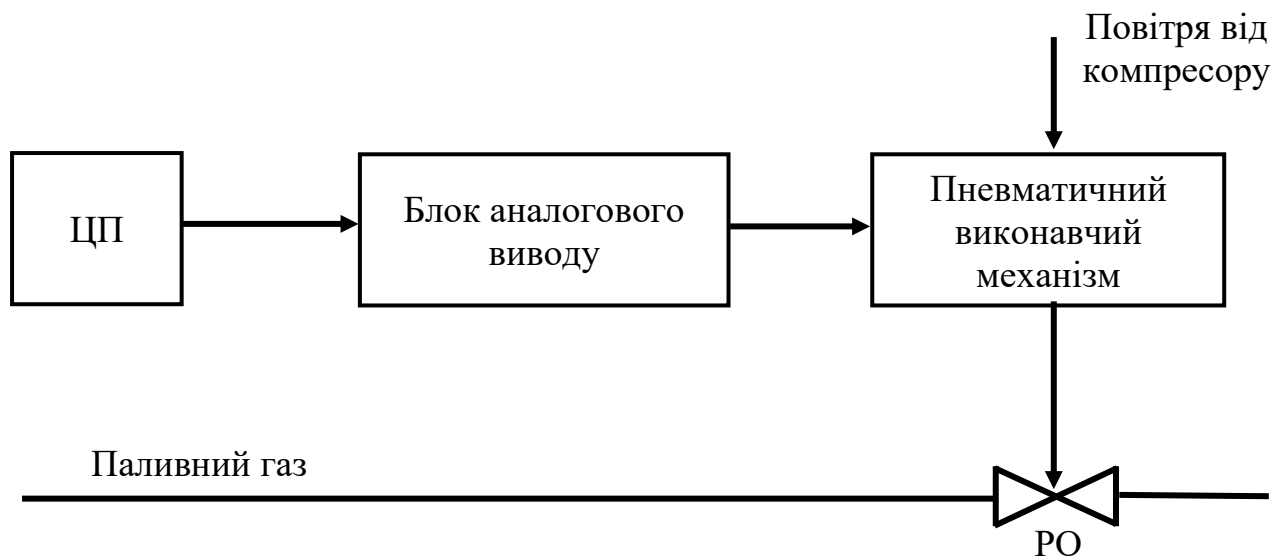


Рисунок 2.14 – Схема структурна регульовально-виконавчого каналу САР частоти обертів ТВТ

2.2.4 Схема структурна програмно-технічних засобів САР

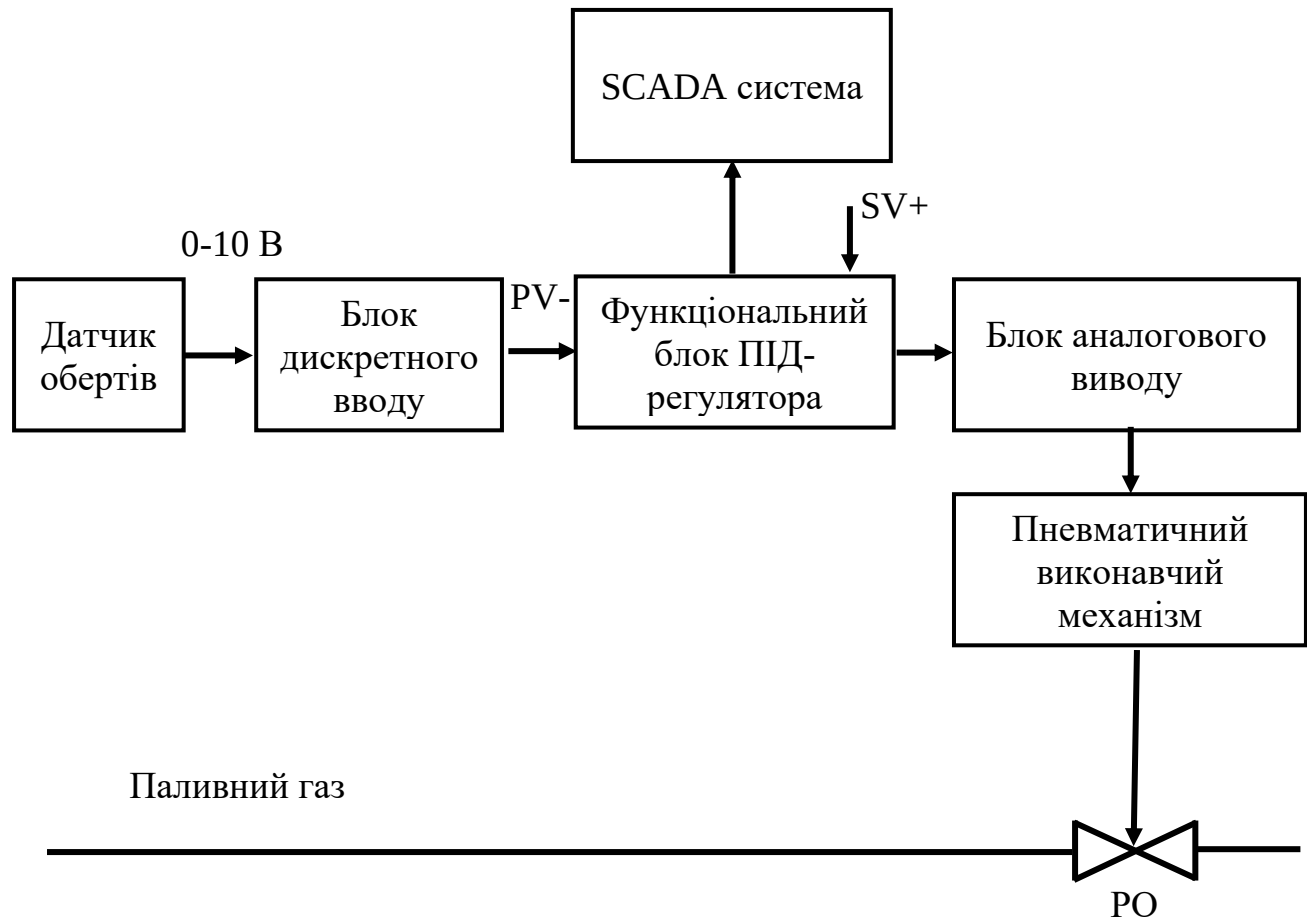


Рисунок 2.15 – Схема структурна програмно-технічних засобів САР частоти обертів ТВТ

2.2.5 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР

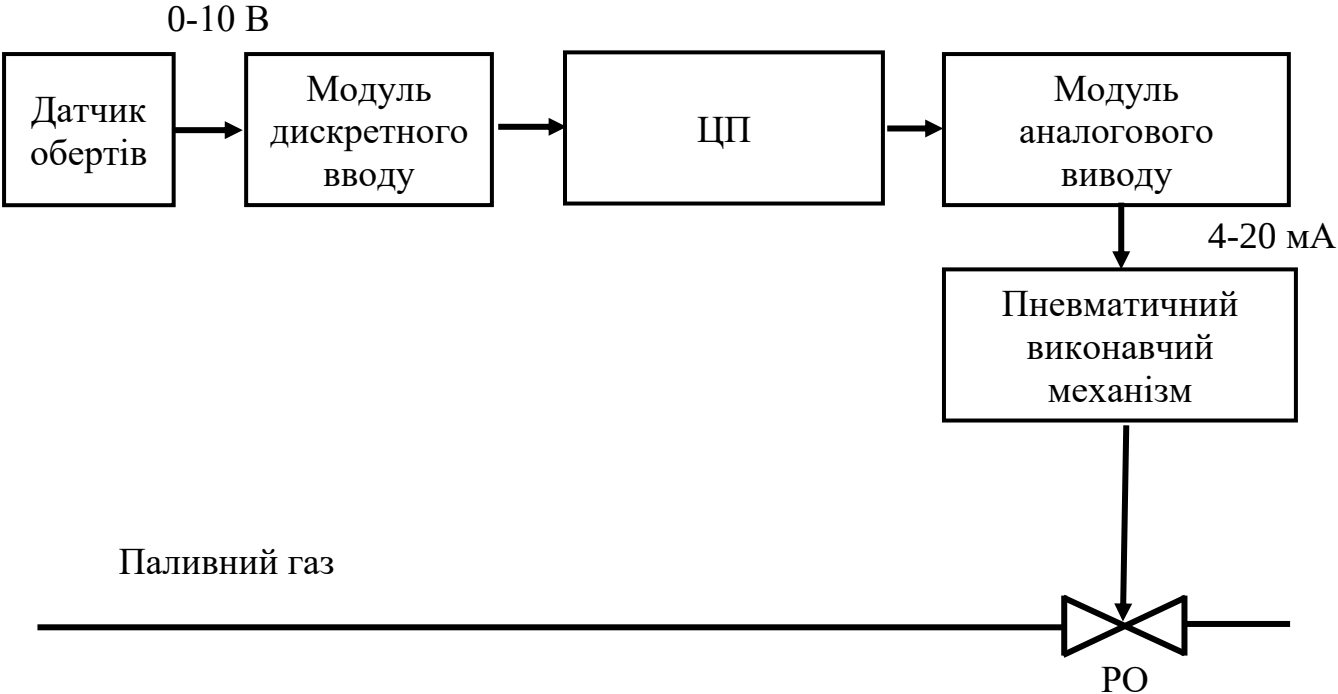


Рисунок 2.16 – Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР частоти обертів ТВТ

2.2.6 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР

Розрахунок надійності управляючої функції частоти обертів ТВТ

Таблиця 2.8 – Параметри надійностей елементів ВК

Назва елементу	$T_{\text{ср}}, \text{год.}$	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год.}$
Індуктивний датчик обертів XS618B1PAL10EX	110 000	9.09
Дублюючий бар'єр іскрозахисту KFD2- VR-Ex1.19-Y109129	145 000	6.9
Модуль дискретного вводу TM3XHSC202G	50 000	20
ЦП TM251MESC	50 000	20
Модуль аналогового виводу	50 000	20
Пневматичний ВМ	125 000	8
ДКМ	66 700 000	0.015

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов та середнє напрацювання на відмову:

$$\lambda = 9.09 \cdot 10^{-6} + 6.9 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6} + 8 \cdot 10^{-6} + 0.015 \cdot 10^{-6};$$

$$\lambda = 84 \cdot 10^{-6}, 1/\text{год.}$$

1/

$$\frac{1}{T_{\text{ср}}} = \frac{1}{110000} + \frac{1}{145000} + \frac{1}{50000} + \frac{1}{50000} + \frac{1}{50000} + \frac{1}{125000} + \frac{1}{6670000};$$

$$T_{cp} = 11904.14 \text{ год.}$$

Задаємося періодом у (1 рік – 8760 год) для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи

$$P_{\delta}(\tau) = e^{-\lambda\tau} \approx 1 - \frac{\tau}{T_{op}} = 1 - \lambda\tau$$

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 84 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0.26$$

Задаємося середнім часом відновлення працездатності $T_B = 2$ год та допустимим часом функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції $T_{дод} = 4$ год для розрахунку ймовірності відновлення працездатності згідно формули:

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-T_{дод}/T_B} \approx \frac{T_{дод}}{T_B} \approx 0.86$$

розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи за 8760 годин з урахуванням відновлення відмовляємої функції згідно формули:

$$P_c(\tau) = P_{\delta}(\tau) + [1 - P_{\delta}(\tau)] \times P_B(\tau)$$

$$P_c(\tau) \geq P_{\delta}(\tau)$$

$$P_c(\tau) = 0.26 + [1 - 0.26] \cdot 0.86 = 0.8964$$

Розрахуємо коефіцієнт готовності та ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваного завдання згідно формулами:

$$K_{гот} = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$P_{оч}(\tau) = K_{гот} P_{\delta}(\tau)$$

$$P_{оч}(\tau) \leq P_{\delta}(\tau)$$

$$K_{гот} = \frac{11904}{11904 + 2} = 0.999$$

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{оч}(\tau) = 0.999 \cdot 0.896 = 0.896$$

2.2.7 Ідентифікація об'єкта управління

Величиною, що регулюється в системі є частота обертів ТВТ. АП ланкою апроксимується даний об'єкт, ці данні було отримано з використанням літературного джерела [1]:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об}}{T_{об}s + 1} \cdot e^{-\tau_{об}s}$$

Задаємо параметри:

$$K_{об} = 70 \frac{\frac{об}{ХВ}}{\%РО}$$

$$T_{об} = 60с$$

$$\tau = 2с$$

Функція передачі досліджуваного об'єкта має наступний вигляд:

$$W = \frac{70}{60p + 1} e^{-0.32p}$$

Використовуючи Matlab Simulink одержимо модель перехідної характеристики:

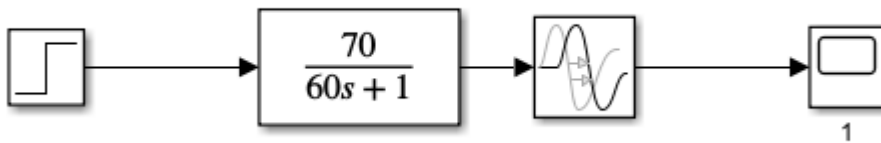


Рисунок 2.17 – Модель перехідного процесу контуру регулювання витрати паливного газу

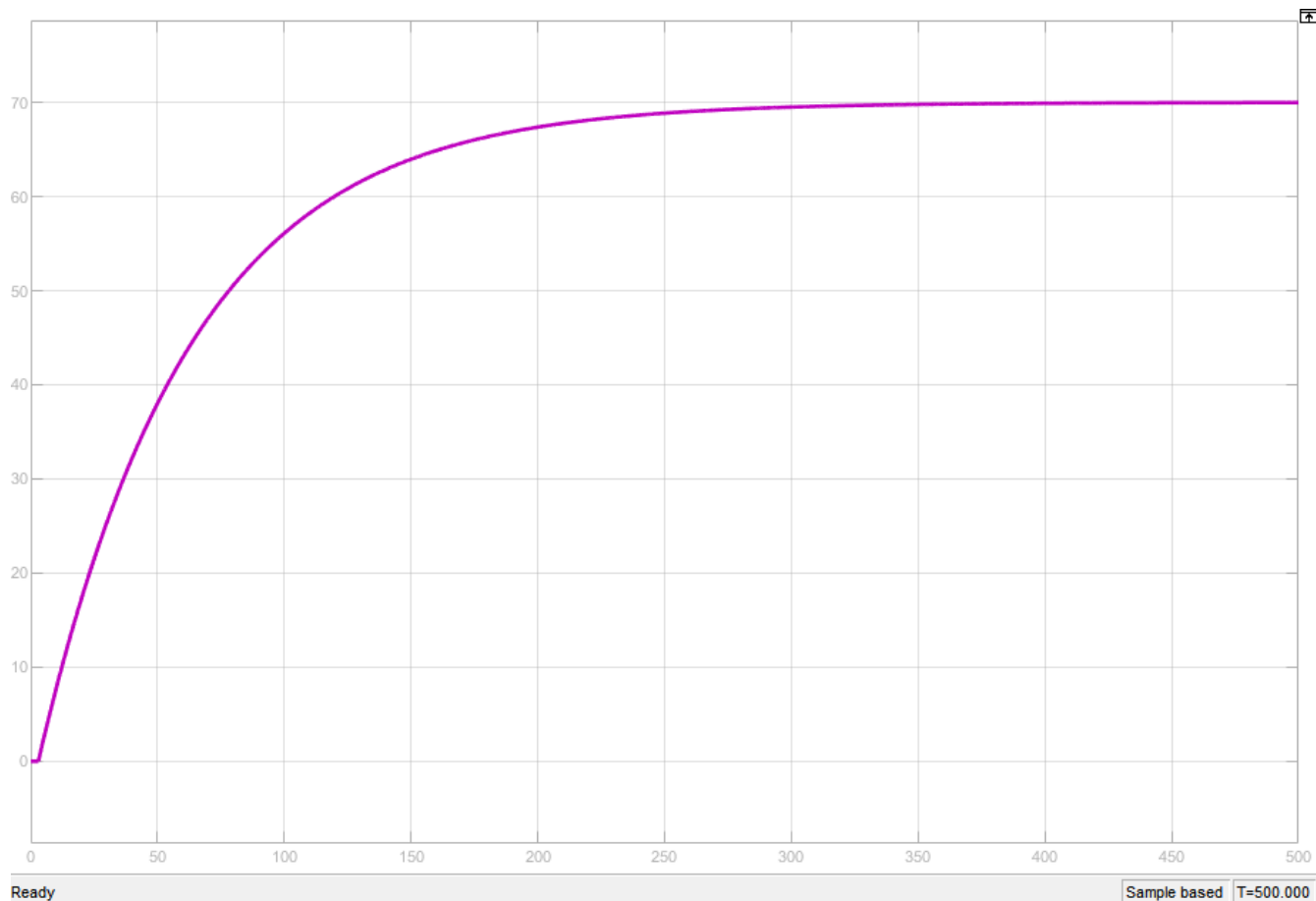


Рисунок 2.18 – Перехідна характеристика

В середовищі Matlab створимо годографи АФХ об'єкту:

```
w=0:0.0001:4;
p=1i*w;
W=(70.*exp(-2*p))./(60*p+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im);
xlabel('Re(w)')
```

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА92436.0012.001.АТХ.П

Лист

51

```
ylabel('Im(w)')
grid on
```

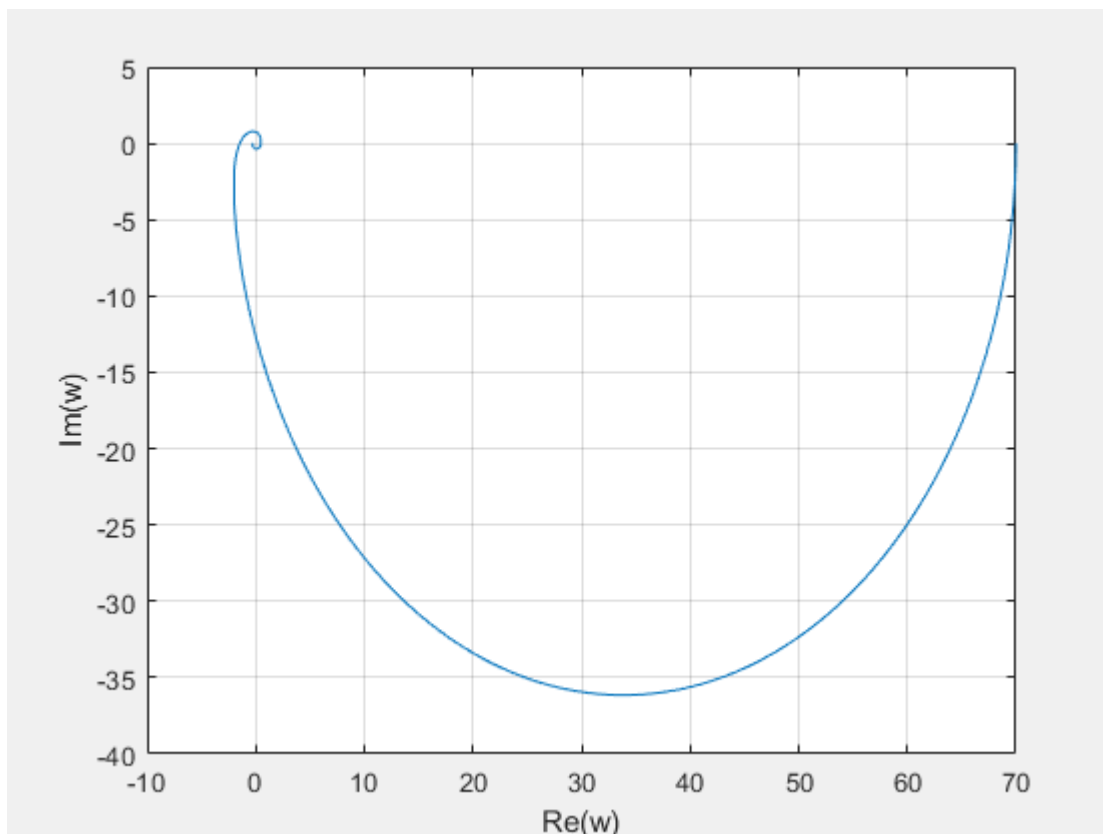


Рисунок 2.19 – АФХ об'єкту керування

2.2.8 Розрахунок регуляторів САР

Для розрахунку налаштувань методом РАФХ використовуємо наступні формули: Застосуємо такі формули для розрахунків налаштувань завдяки методу РАФХ:

$$K_p = -\frac{mQ(m,i\omega)+P(m,i\omega)}{A^2(m,i\omega)};$$

$$K_u = \frac{-\omega(m^2+1)\cdot Q(m,i\omega)}{A^2(m,i\omega)};$$

$$A(m,i\omega) = \sqrt{P^2(m,i\omega) + Q^2(m,i\omega)}.$$

Для виконання розрахунків параметрів налаштування регулятора методом РАФХ вибираємо перехідний процес із $\psi = 0,95$, $m = 0,5$

```
m=0.5;
w=0:0.0001:0.8;
m=0.5;
w=0:0.0001:0.7;
W=(70.*exp(-2*(-m*w+1j*w)))./(60*(-m*w+1j*w)+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
Kp=-(m*Im+Re)./(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
plot(Kp,Ki,'-k');
ylabel('Kp/Tu');
xlabel('Kp');
grid;
```

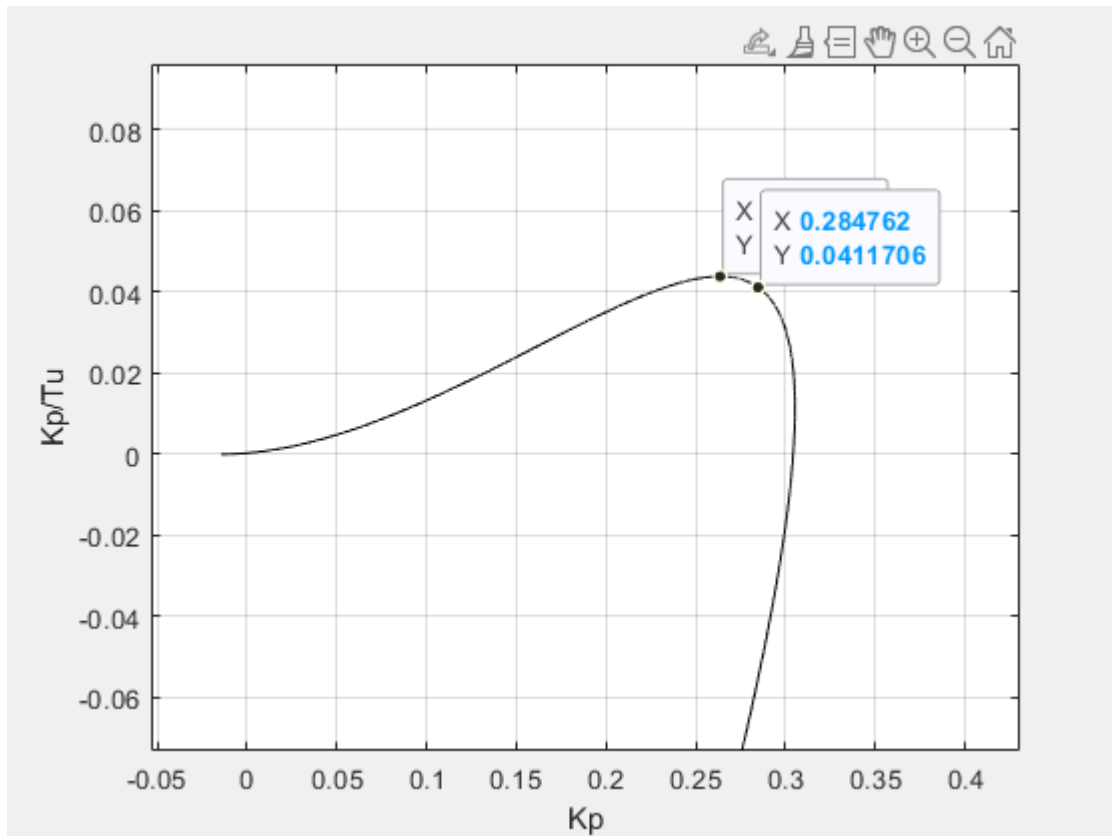


Рисунок 2.20 – Графік залежності K_p від K_i

Знайдемо налаштування для ПІ регулятора, вибравши точку $K_{i1} = 0,95 \min(K_i)$:

$$K_p = 0.2847$$

$$K_i = 0.0411$$

$$K_i = K_p/T_u$$

$$T_u = K_p/K_i = 6.915$$

Отримані налаштування регулятора використаємо та збудуємо РАФХ системи:

```
m=0.5;
w=0.25:0.001:1;
p=1j*w;
Wo=(700.*exp(-2.*p))./(60.*p+1);
Wr=0.2847.*(1+1./(6.915128757.*p));
W=Wo.*Wr;
Re=real(W);
Im=imag(W);
p=w*(1j-m);
W1=(0.2847.*(1+1./(6.915128757.*p))).*(70.*exp(-2.*p))./(60.*p+1);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
plot(Re1,Im1);
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
```

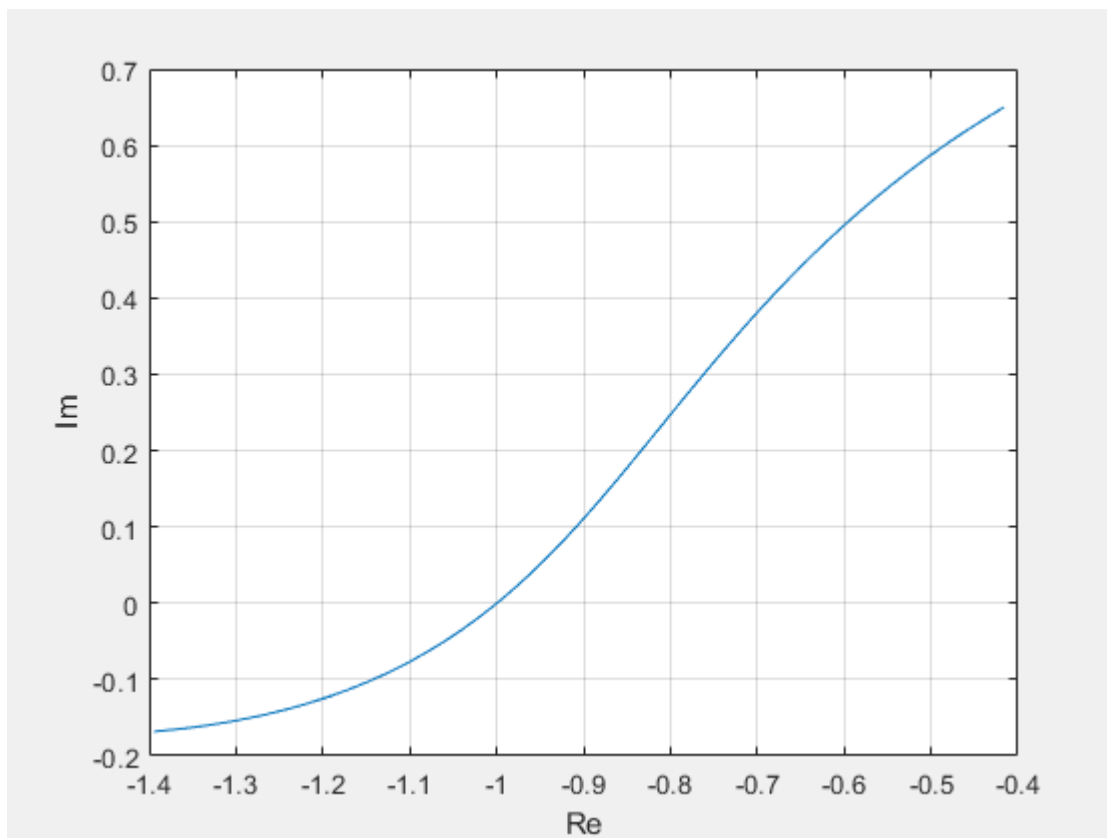


Рисунок 2.21 – годографи РАФХ системи з ПІ-регулятором

Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку $(-1; j0)$. Це означає, що одержана система містить показник коливальності кореневий $m: 0.5$

Побудуємо перехідні характеристики об'єкта з ПІ-регулятором для налаштувань, отриманих методом РАФХ:

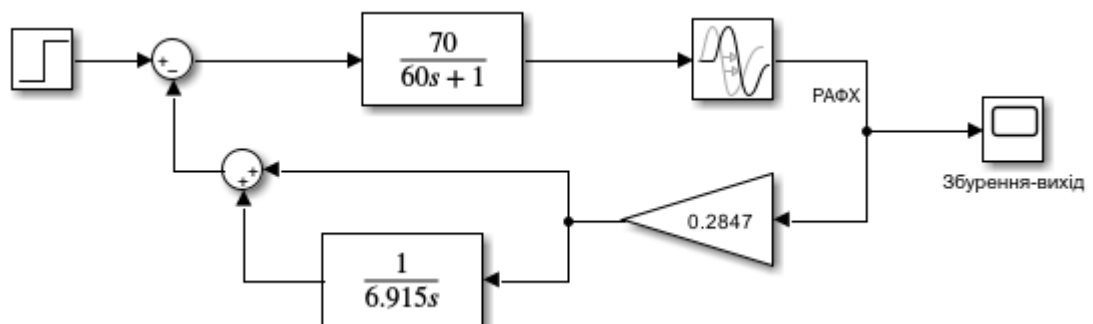


Рисунок 2.22 – Модель контуру по каналу «збурення-вихід»

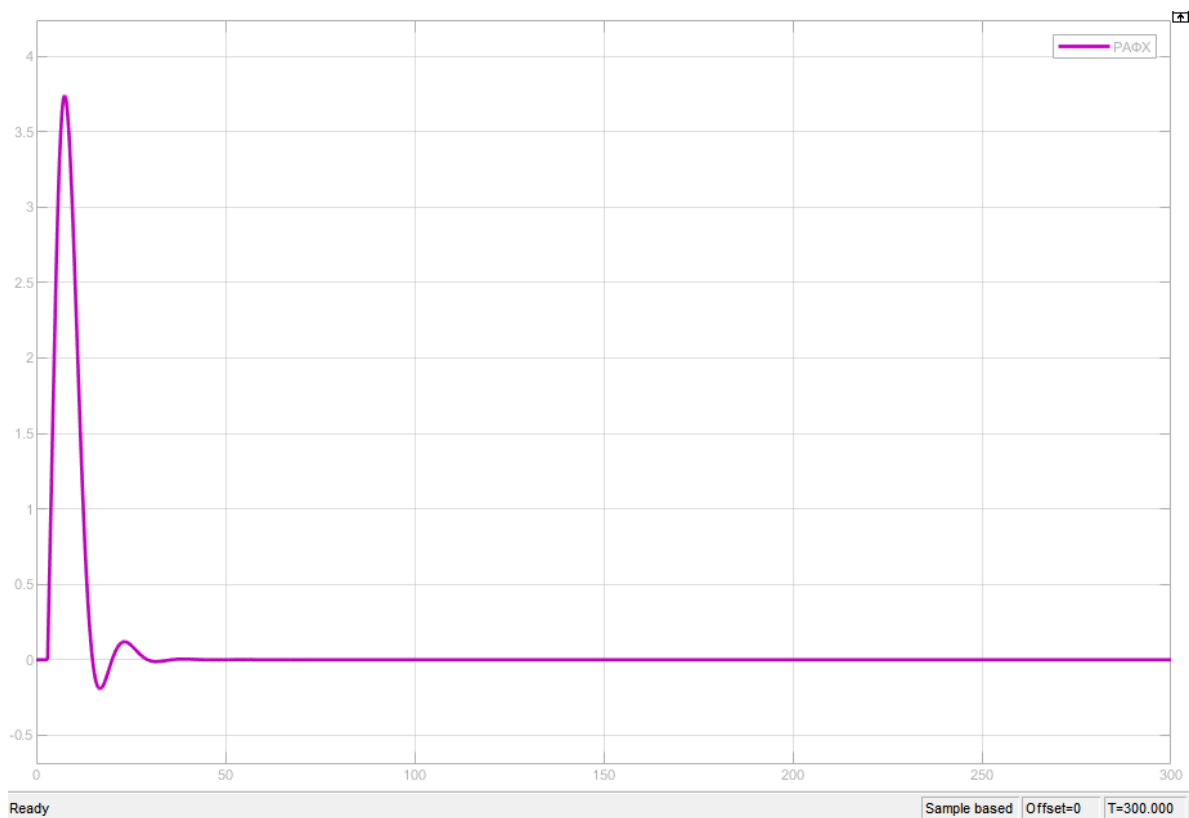


Рисунок 2.23 – Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

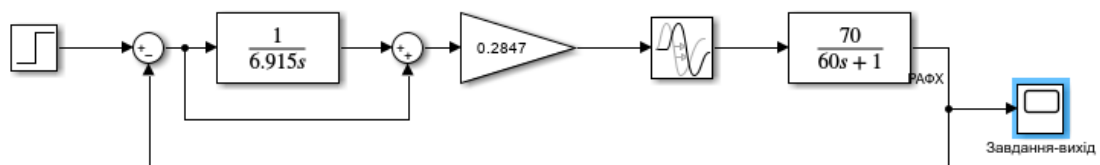


Рисунок 2.24 – Модель контуру по каналу «завдання-вихід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА92436.0012.001.АТХ.П

Лист

56

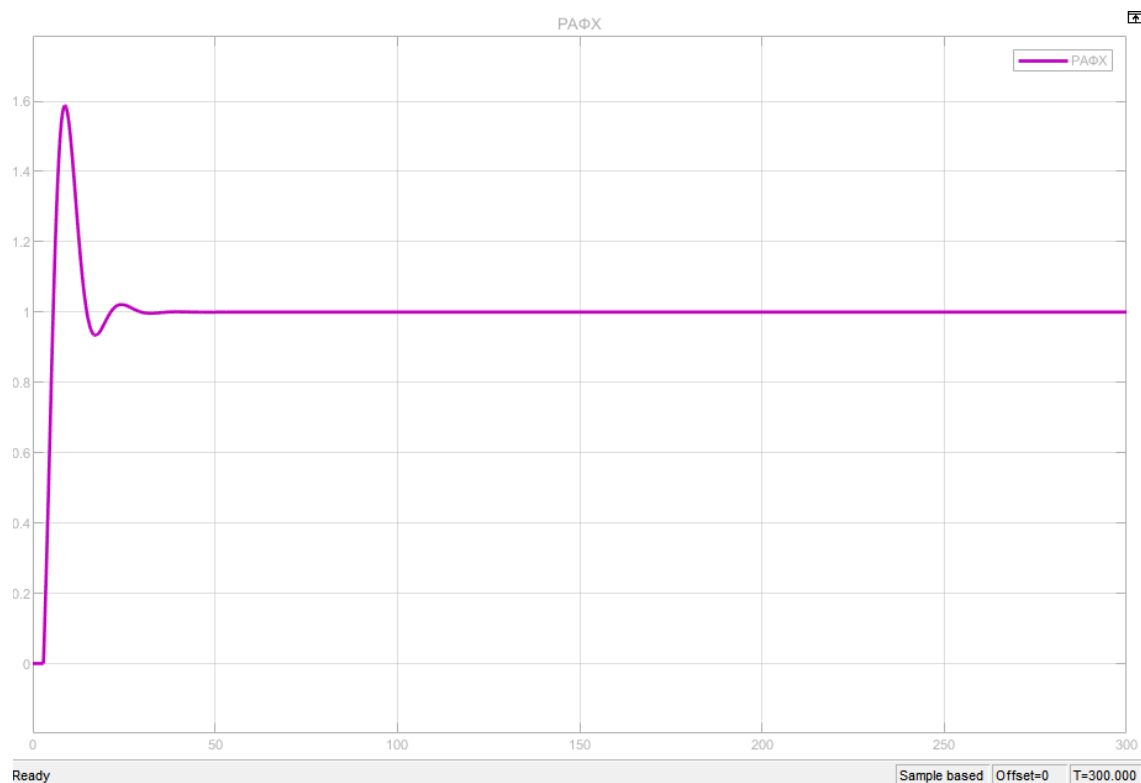


Рисунок 2.25 – Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

Таблиця 2.9 - Прямі показники якості за каналами «завдання-вихід» та «збурення-вихід» одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Завдання-вихід	Збурення-вихід
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$, (об/хв)/%РО	0.587	3.75
Перерегулювання σ , %	58.7	68.55
Ступінь затухання ψ	0.92	0.92
Час перехідного процесу $t_{рег}$, с.	45	32

Розрахунок параметрів регулятора за допомогою експрес-методу:

З використанням літературного джерела [], враховуючи критерії об'єкту, було знайдено математичну формулу для визначення оптимальних параметрів для нашої системи:

Rule	K_c	T_i	Comment
Mann <i>et al.</i> (2001). Model: Method 31 or Method 33; Closed loop response overshoot (step input) < 5%	$\frac{0.51T_m}{K_m\tau_m}$	T_m	$0 < \frac{\tau_m}{T_m} < 2$

Рисунок 2.26 – формула експрес методу для розрахунку налаштувань регулятора

Отримані такі параметри налаштування ПІ-регулятора:

- $K_p = 0.1843$
- $T_u = 60$

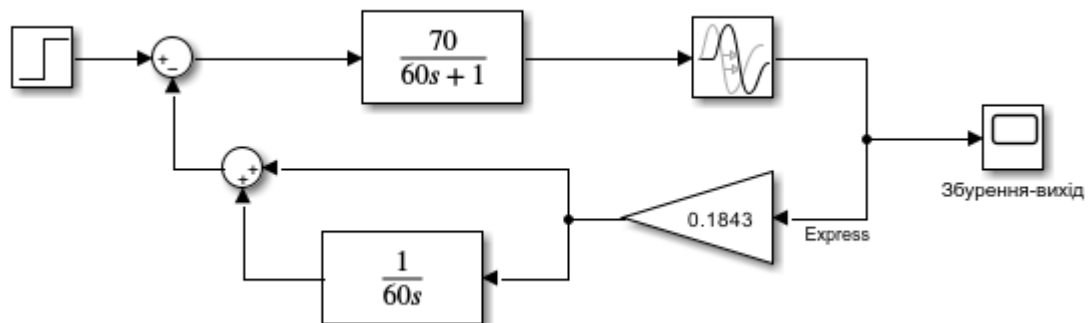


Рисунок 2.27 – Модель контуру по каналу «збурення-вихід»

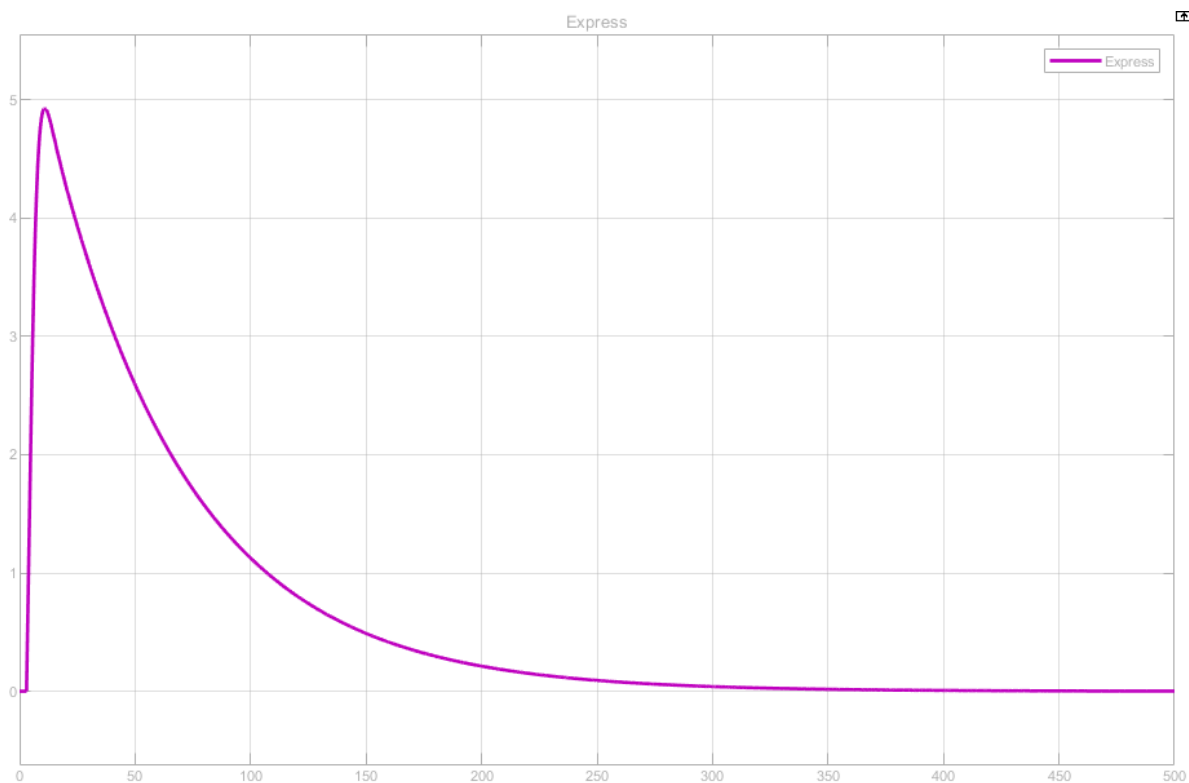


Рисунок 2.28 – Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

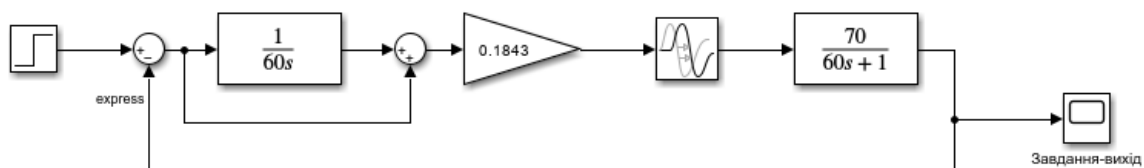


Рисунок 2.29 – Модель контуру по каналу «завдання-вихід»

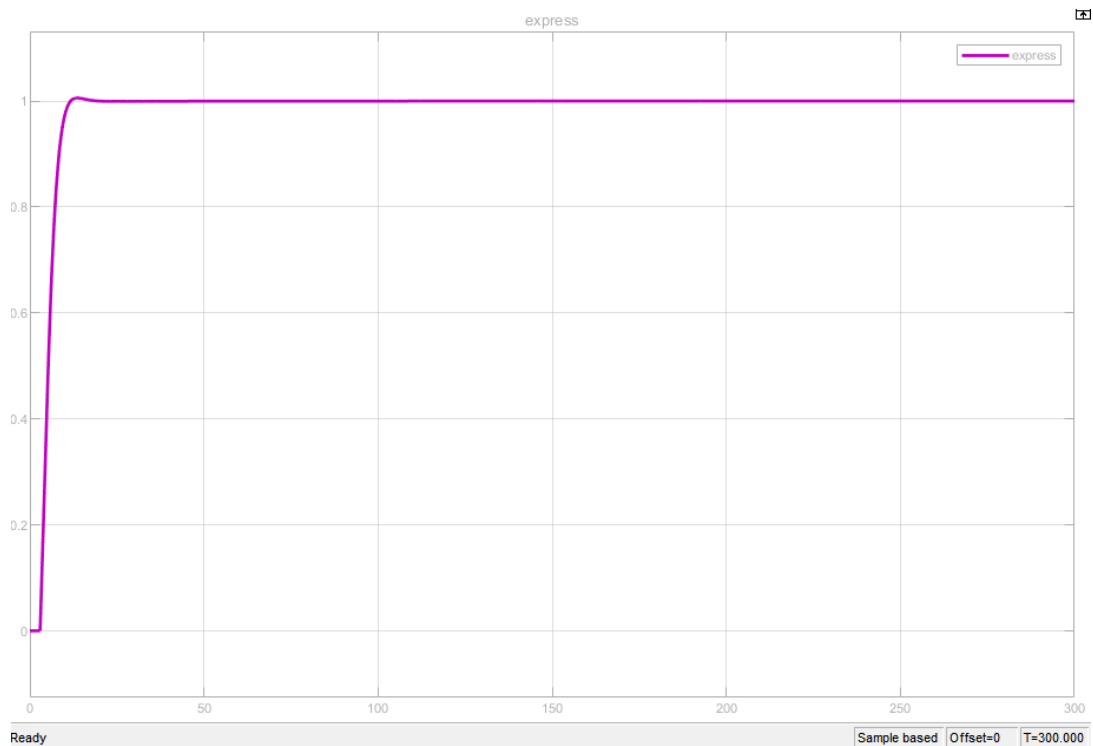


Рисунок 2.30 – Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

Таблиця 2.10 – Прямі показники якості за каналами «завдання-вихід» та «збурення-вихід» одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Завдання-вихід	Збурення-вихід
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$, (об/хв)/%РО	0.005	4.93
Перерегулювання σ , %	0.05	0
Ступінь затухання ψ	1	1
Час перехідного процесу $t_{рег}$, с.	21	339

Порівняння двох методів

Для порівняння перехідних процесів створимо дві моделі і побудуємо графіки, на яких будуть зображені обидва методи за відповідними каналами.

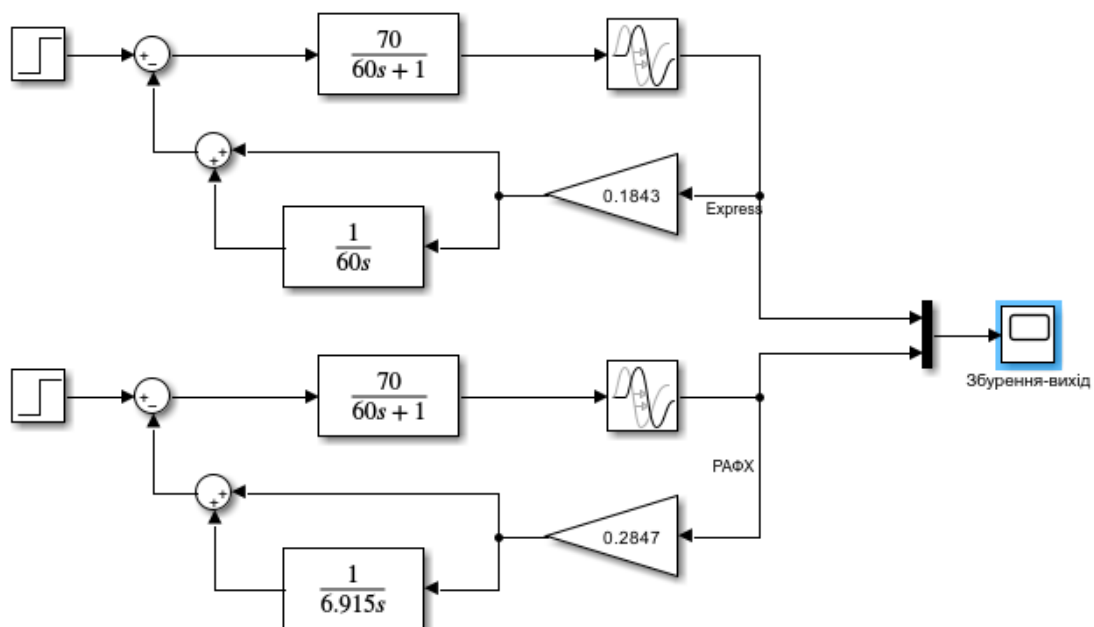


Рисунок 2.31 – Модель контуру по каналу «збурення-вихід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА92436.0012.001.АТХ.П

Лист

61

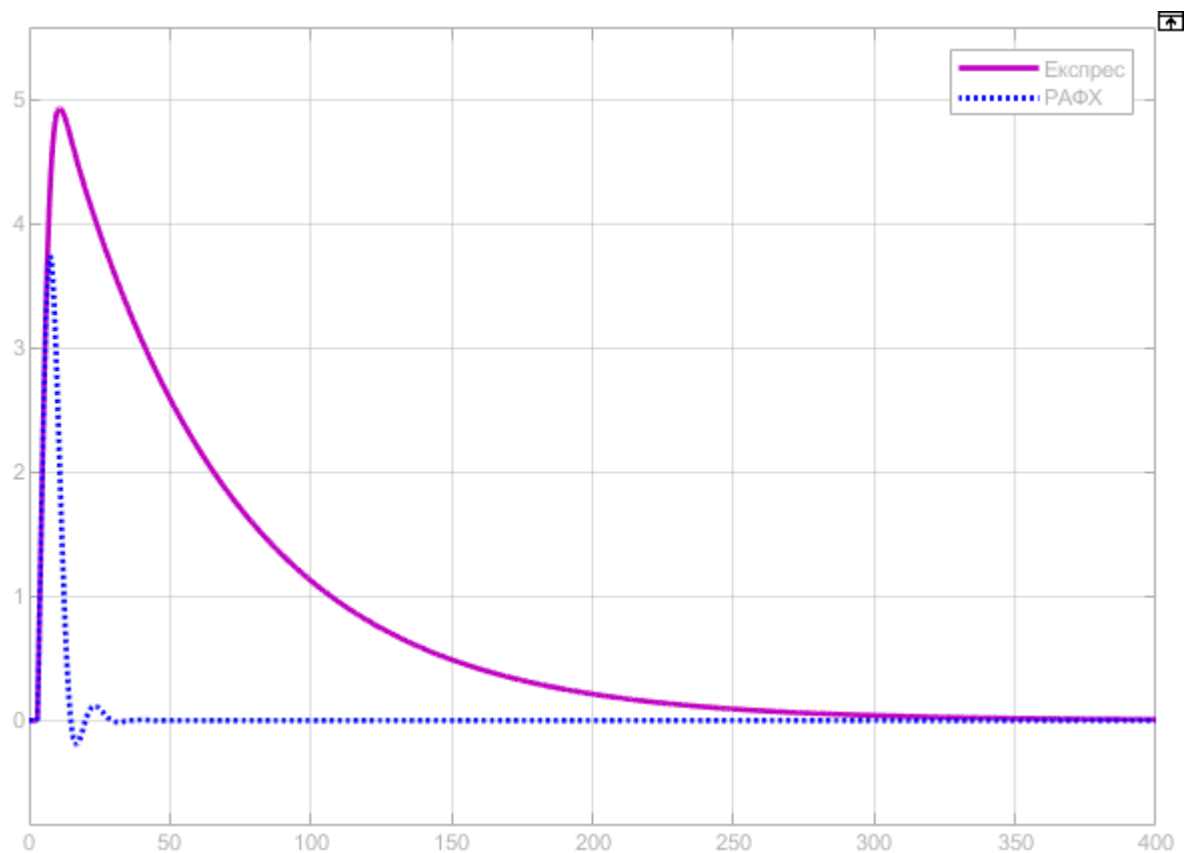


Рисунок 2.32 – Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 2.11 - Прямі показники якості за каналом «збурення-вихід» одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Метод РАФХ	Експрес метод
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$, (об/хв)/%РО	3.75	4.93
Перерегулювання σ , %	68.55	0
Ступінь затухання ψ	0.92	1
Час перехідного процесу $t_{рег}$, с.	32	339

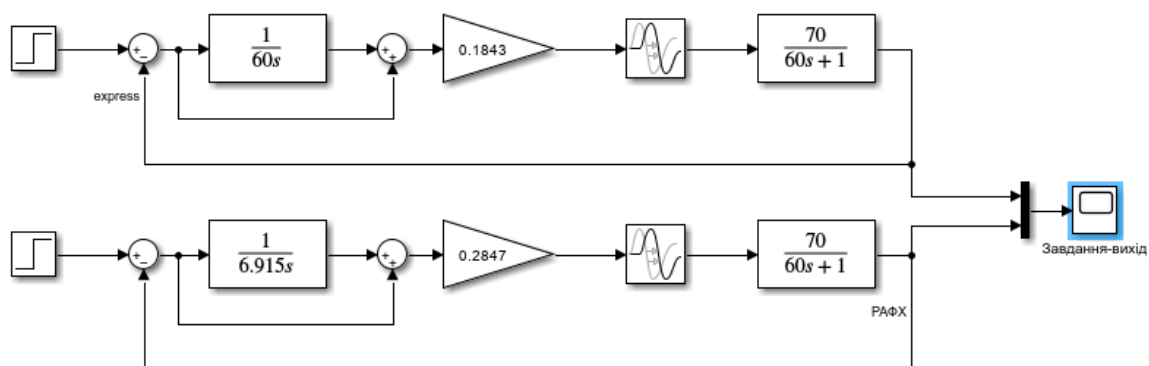


Рисунок 2.33 - Модель контуру по каналу «завдання-вихід»

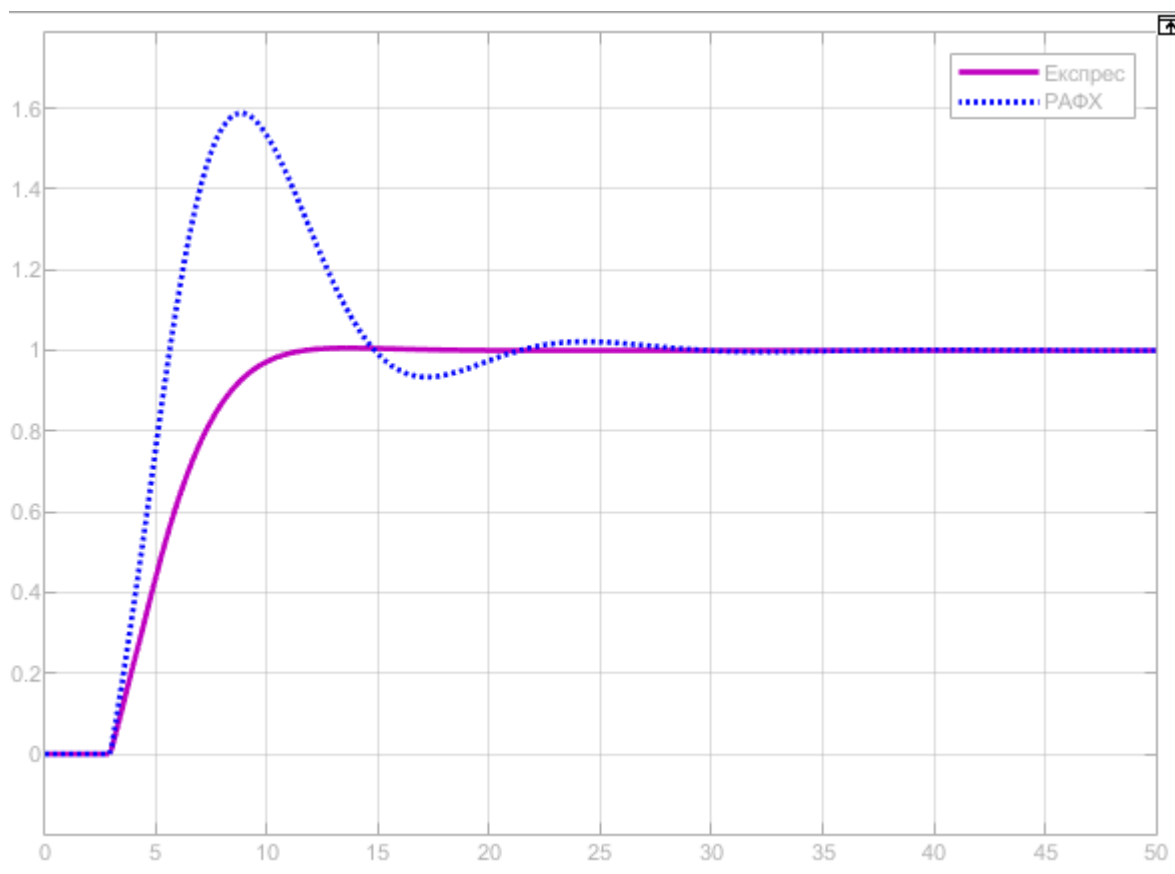


Рисунок 2.34 – Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА92436.0012.001.АТХ.П

Лист

63

Таблиця 2.12 - Прямі показники якості за каналом «завдання-вихід»
одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Метод РАФХ	Експрес метод
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$, (об/хв)/%РО	0.587	0.005
Перерегулювання σ , %	58.7	0.05
Ступінь затухання ψ	0.92	1
Час перехідного процесу $t_{рег}$, с.	45	21

Враховуючи особливості системи, ми встановлюємо параметри регулятора, розраховані експрес методом. Це дозволить уникнути критичного впливу динамічної похибки на роботу системи, а також запобігти можливому пошкодженню системи.

Важливо врахувати, що при використанні параметрів, знайдених методом РАФХ присутня динамічна похибка, яка може негативно вплинути на систему. Тому ми віддаємо перевагу експрес методу налаштування регулятора, щоб уникнути цього недоліку.

В результаті, налаштувань ПІ-регулятора будуть такі:

$$K_p = 0.1843, T_i = 60;$$

2.2.9 Функціональне моделювання САР

Розрахувавши оптимальні налаштування регулятора, потрібно перевірити систему на грубість.

Проваріємо значення K об'єкту в межах 10%

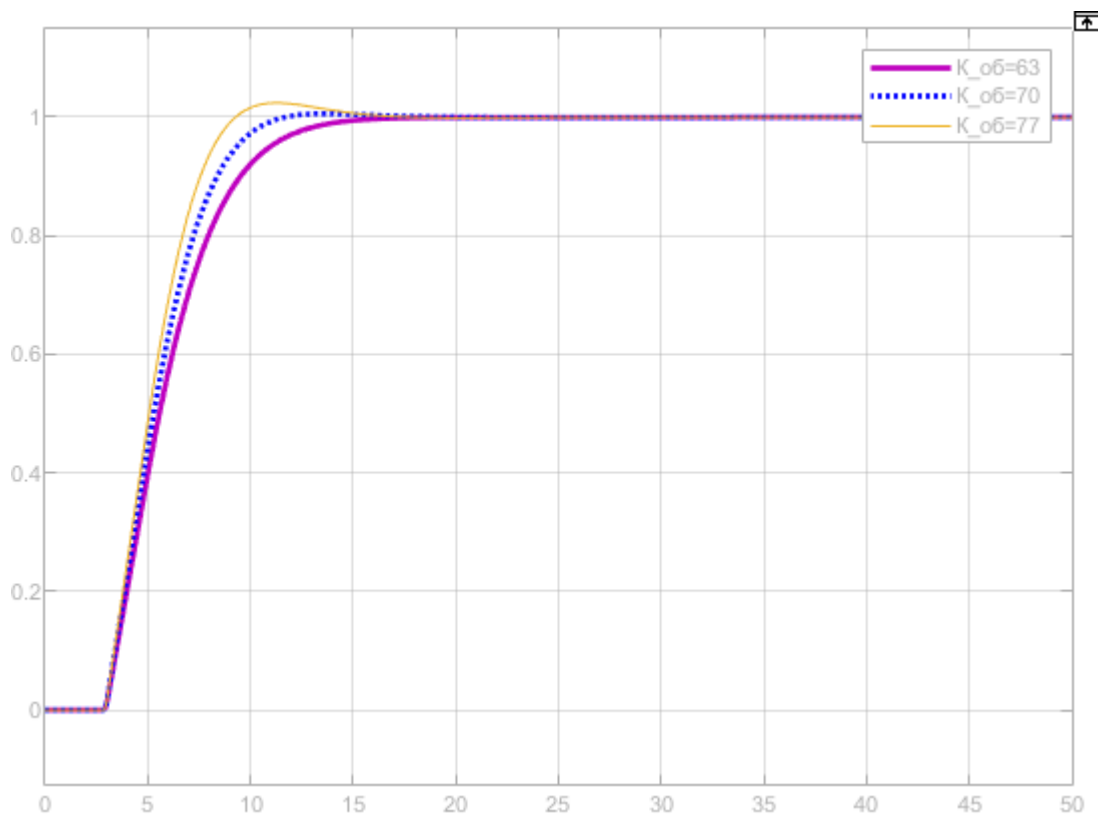


Рисунок 2.35 - Перехідні характеристики по каналу «завдання-вихід» для різних варіацій коефіцієнта підсилення

Таблиця 2.13 – Прямі показники якості за каналом «завдання-вихід» з різними значеннями коефіцієнта підсилення об'єкту

Показник якості	$K_{об} = 63$	$K_{об} = 70$	$K_{об} = 77$
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}, (об/хв)/\%РО$	0	0.005	0.02
Перерегулювання $\sigma, \%$	0	0.05	0.2
Ступінь затухання ψ	1	1	1
Час перехідного процесу $t_{рег}, с.$	20	21	21

Проваріємо значення T об'єкту в межах 10%

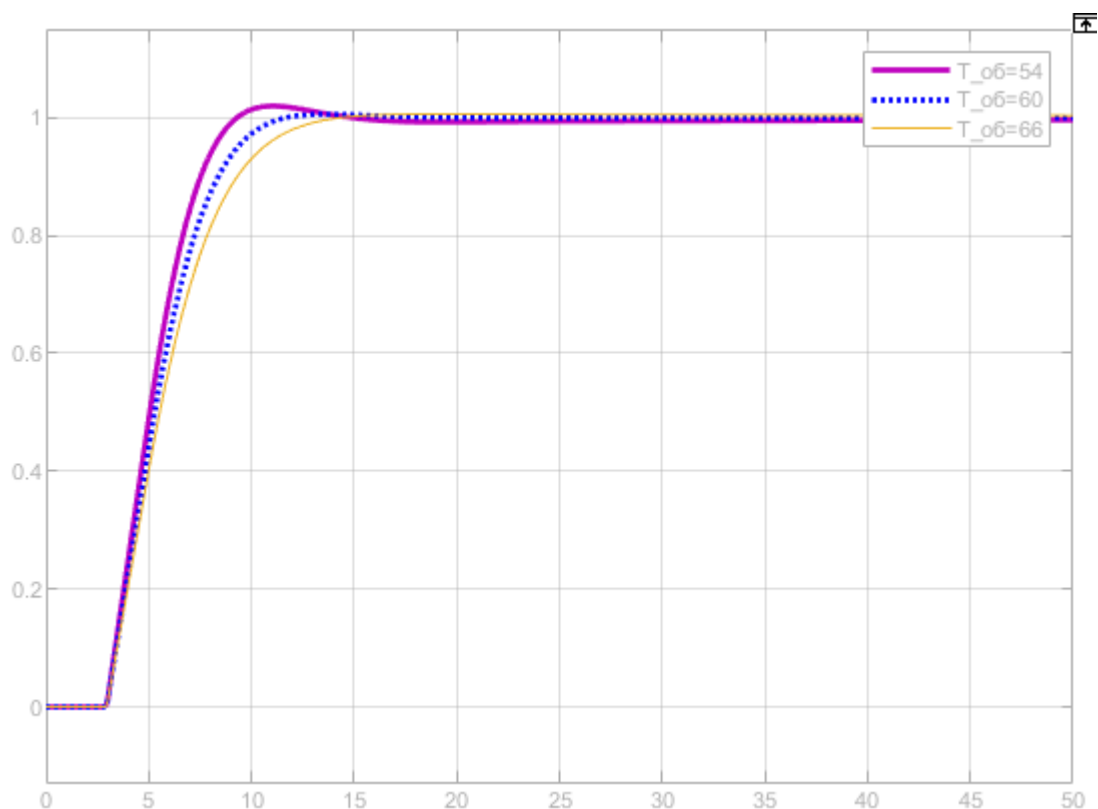


Рисунок 2.36 - Перехідні характеристики по каналу «завдання-вихід» з різними сталими часу

Таблиця 2.14 – Прямі показники якості за каналом «завдання-вихід» з різними значеннями сталих часу об'єкту

Показник якості	$T_{об} = 54$	$T_{об} = 60$	$T_{об} = 66$
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}, (об/хв)/\%PO$	0.02	0.005	0.005
Перерегулювання $\sigma, \%$	0.2	0.05	0.05
Ступінь затухання ψ	1	1	1

Кінець таблиці 2.15

Показник якості	$T_{об} = 54$	$T_{об} = 60$	$T_{об} = 66$
Час перехідного процесу $t_{рег}$, с.	85	21	85

Проваріємо значення t транспортного запізнення об'єкта в межах 15%

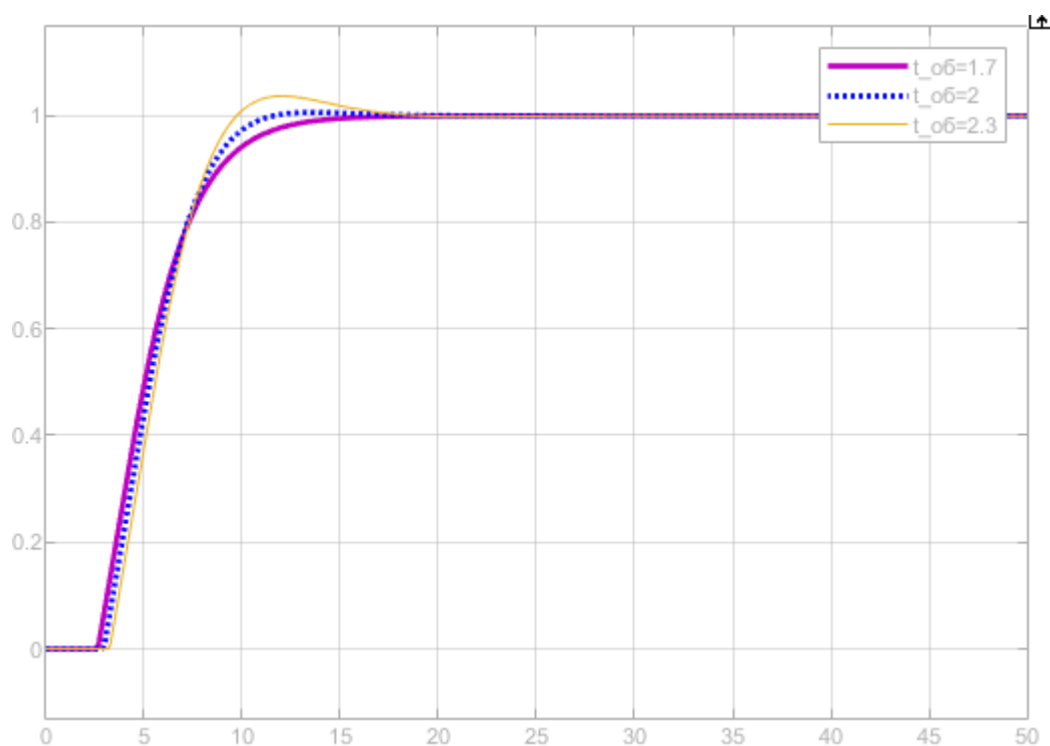


Рисунок 2.37 - Перехідні характеристики по каналу «завдання-вихід» з різними варіаціями часу транспортної затримки

Таблиця 2.16 – Прямі показники якості за каналом «завдання-вихід» з різними значеннями транспортної затримки

Показник якості	$\tau_{об} = 1.7$	$\tau_{об} = 2$	$\tau_{об} = 2.3$
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0	0

Кінець таблиці 2.17

Показник якості	$\tau_{об} = 1.7$	$\tau_{об} = 2$	$\tau_{об} = 2.3$
Динамічна похибка $\Delta_{дин}, (об/хв)/\%PO$	0.036	0.005	0
Перерегулювання $\sigma, \%$	0.35	0.5	0
Ступінь затухання ψ	1	1	1
Час перехідного процесу $t_{рег}, с.$	22	21	26

Далі порахуємо коефіцієнти чутливості по різним показникая якості, за допомогою формули:

$$k_M = \frac{\left| \frac{R - R_{опт}}{R_{опт}} \right|}{\left| \frac{M - M_{опт}}{M_{опт}} \right|}$$

де k_M – відносний коефіцієнт чутливості для параметра;

M – поточний параметр;

$M_{опт}$ – оптимальне значення параметра;

R – поточне значення критерія якості;

$R_{опт}$ – відповідне значення за оптимальними параметрами

Проведемо розрахунки для кожного варійованого параметру та занесемо ці данні в таблиці:

Таблиця 2.18 - Значення відносного коефіцієнта чутливості

Варійований параметр	Зміна параметру		Прямі показники якості
	-10%	+10%	
$K_{об}$	10	30	$\Delta_{дин}$
	10	30	σ
	0.476	0	$t_{рег}$
$T_{об}$	-10%	+10%	
	30	0	$\Delta_{дин}$
	30	0	σ
	30.48	30.48	$t_{рег}$
$\tau_{об}$	-15%	+15%	
	41.33	6.67	$\Delta_{дин}$
	2	6.67	σ
	0.317	1.587	$t_{рег}$

2.2.10 Висновки щодо роботоздатності РВК САР

Проаналізувавши розрахунки та аналіз можна зробити висновок, що найкращим методом для розрахунку ПІ регулятора був експрес метод, він має близьке до нуля перерегулювання по каналу завдання-вихід.

Після аналізу отриманих значень параметрів можна зробити висновок, що варіація усіх трьох параметрів не суттєво впливає на чутливість системи. Це означає, що незважаючи на зміни в цих параметрах, система показує стабільну та незначну реакцію.

Для подальшого аналізу ми розглянули значення відносних коефіцієнтів чутливості. Ці значення дають нам інформацію про те, наскільки система реагує на зміну параметрів об'єкту. При аналізі цих коефіцієнтів було виявлено, що деякі з них перевищують 1. Це свідчить про те, що система демонструє значну реакцію на зміну цих певних параметрів.

Отже, враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що система не є грубою і демонструє певну чутливість до змін параметрів об'єкту. Великі значення деяких коефіцієнтів чутливості свідчать про здатність системи значно впливати на регулювання та керування об'єктом. Тому потрібно проведення періодичної адаптації, яке допоможе забезпечити більш точне й ефективне регулювання системи, а також зменшить ризик негативного впливу зміни параметрів об'єкту на її продуктивність.

РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ

3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ

Опис схеми функціональної автоматизації ТОУ наведений в підрозділі 1.5 ПЗ ДПБ

3.2 Схема структурна ПТК

Опис схеми структурної ПТКЗА був наведений в підрозділі 1.6 ПЗ ДПБ

3.3 Схема принципова електрична АСР

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

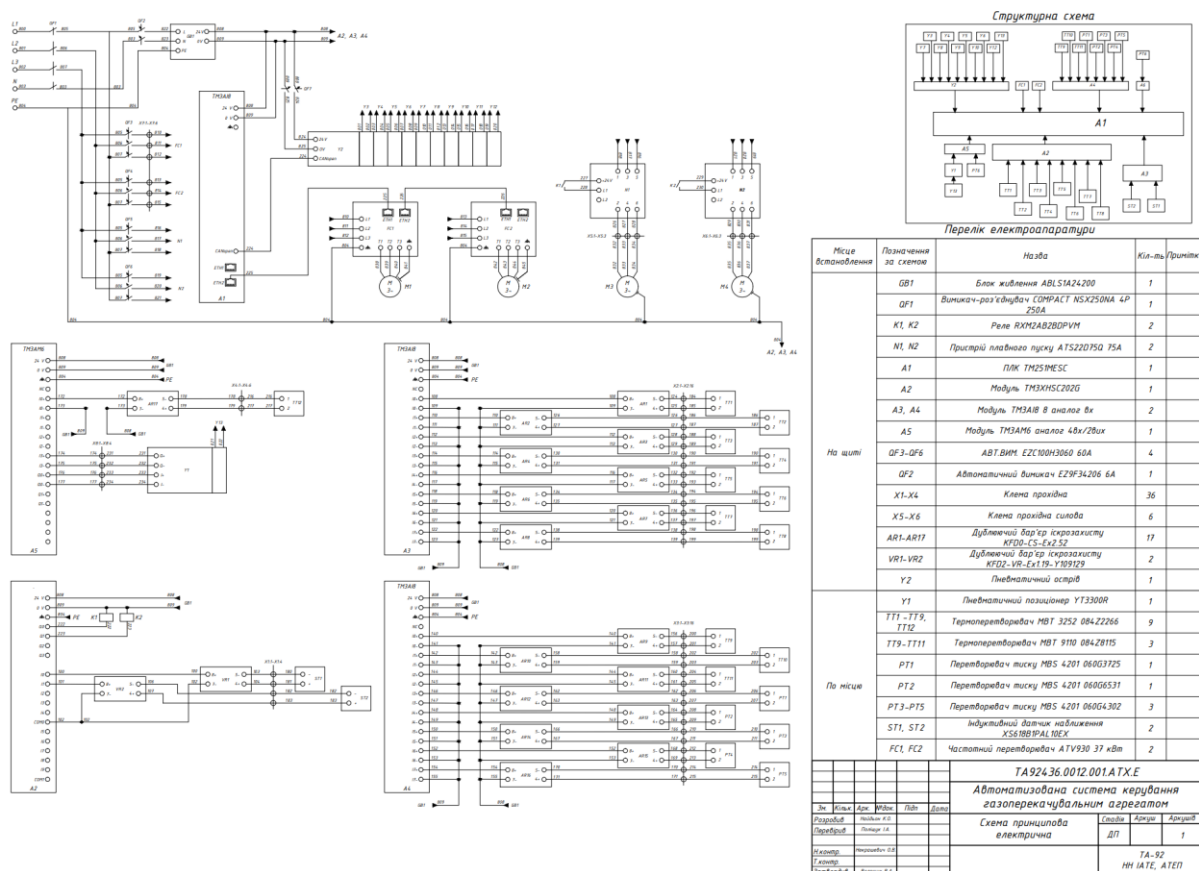


Рисунок 3.1 – Принципова електрична схема

На принциповій електричній схемі показано підключення датчиків, ізолюючих бар'єрів іскрозахисту, виконавчих механізмів, ЦП ПЛК та різних модулів які потрібні для роботи. Дана схема допомагає зрозуміти від яких до яких клем слід підключати різне обладнання до ПЛК та його модулів.

3.4 Креслення загального виду щита

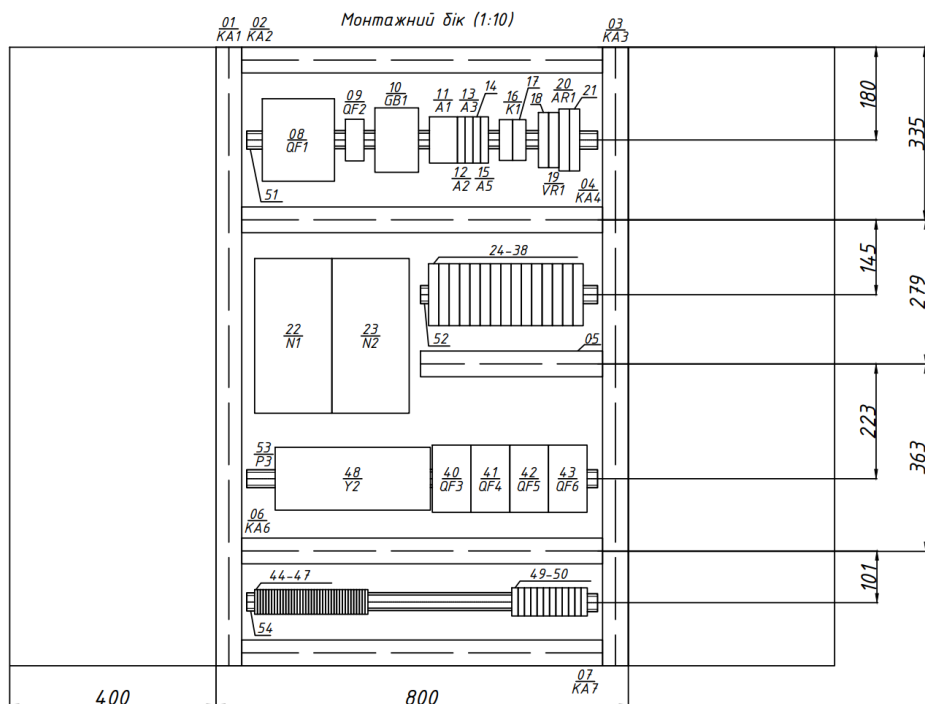


Рисунок 3.2 – Креслення загального виду щита

Для розміщення всього обладнання був обраний підвісний ЩИТ розмірами 800x1200x300.

На самій верхній дін рейці були розміщені такі елементи як: загальний вимикач, автоматичний вимикач БП ПЛК, блок живлення, ПЛК та його модулі, реле для управління плавними пускатями, іскробар'єри.

Нижче були розташовані два пристрої плавного пуску для живлення моторів на повітряних теплообмінниках. Після пускатів на дін рейці - іскробар'єри.

На перед останній дін рейці розташований пневматичний острів та 4 автоматичних вимикачів для моторів.

На останній дін-рейці схеми розташовані клемники, клемники силові

3.5 Схема зовнішніх з'єднань

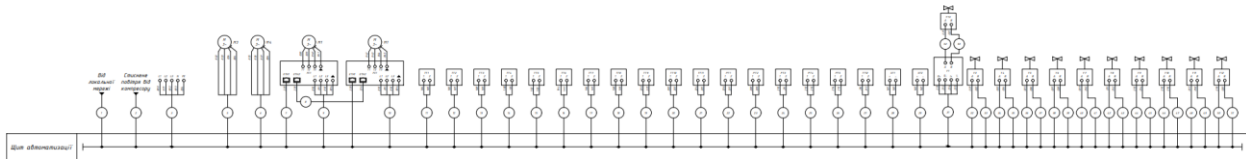
[illegible]

Рисунок 3.3 - Схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок

На схемі зовнішні з'єдна міститься інформація про те, як підключаються елементи, що розташовані за місцем: датчики, частотні перетворювачі, виконавчі механізми. Інформація про їх кількість та типами кабелів вони підключаються.

3.6 Специфікація обладнання

Специфікація містить інформацію про обладнання що була обрана для використання на об'єкті

Список обладнання:

- ❖ Насоси
- ❖ Маслоохолоджувачі
- ❖ Перетворювачі тиску
- ❖ Перетворювачі температури
- ❖ ЦП ПЛК та його модулі
- ❖ Частотні перетворювачі
- ❖ Вимикачі автоматичні
- ❖ Пристрої плавного пуску

З повним списком специфікації можна ознайомитися в документі. Також там будуть вказані основні характеристики цього обладнання.

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Програмування функціональності ПЛК

Було створено функціональний блок в якому відбувається обробка вхідного сигналу АЦП та перетворення його в інженерну величину. Також там реалізована перевірка аварійного стану датчика для подальшої обробки:

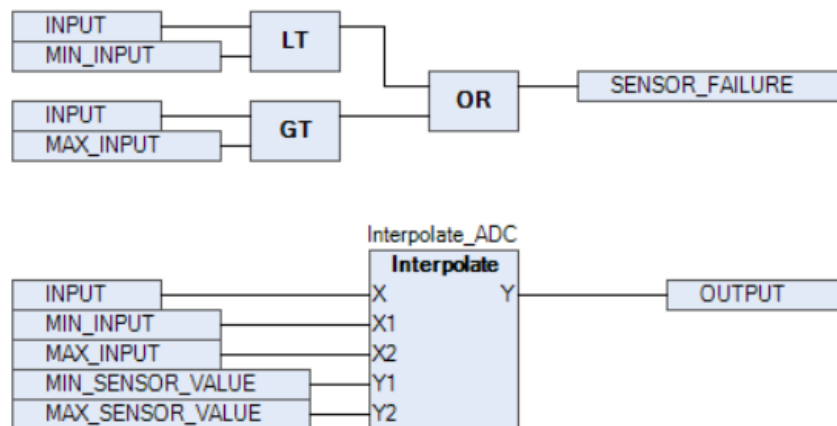


Рисунок 4.1 – Код перетворення сигналу з датчика в інженерну величину

Функціональний блок підготовки та перетворення керуючих дій клапанів на вихід ПЛК:

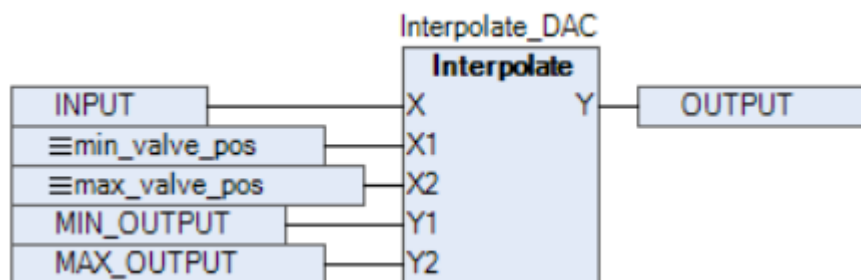


Рисунок 4.2 – Код перетворення керуючого сигналу від регулятора в аналогове значення

Блок перевірки помилки сигналу та перевірки показів датчиків в рамках технологічного процесу:

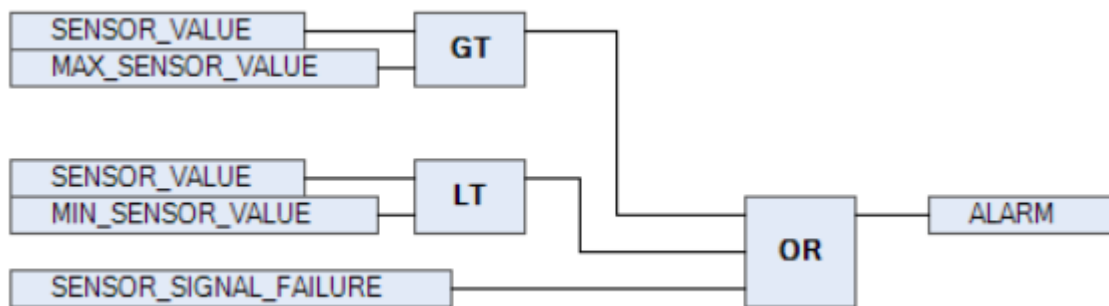
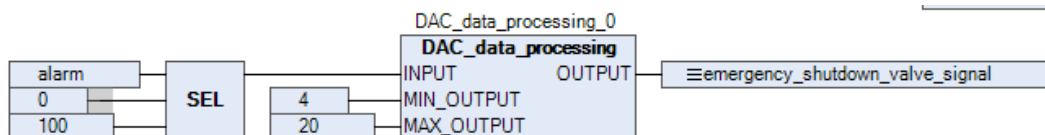


Рисунок 4.3 – Код для перевірки інженерної величини датчика на межі безпечної роботи



Код де відбувається перетворення сигналу з датчика температури камери згорання та подальша перевірка на робочі межі і поряд з цим перевіряється сигнал з датчика обертів на ті самі помилки:

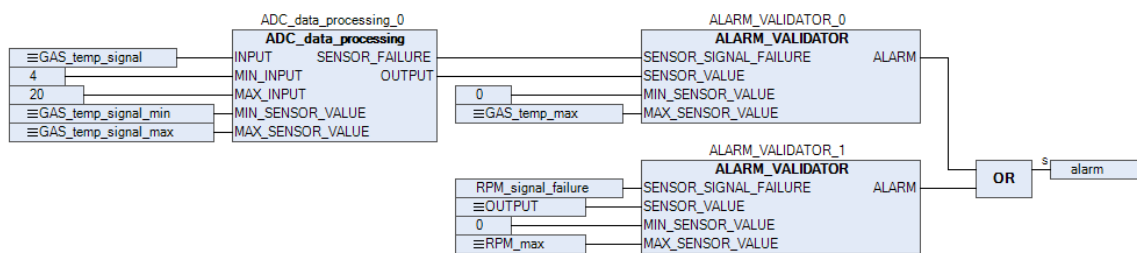


Рисунок 4.4 – Перевірка сигналів від датчиків на наявність аварійного стану

Якщо спрацювала помилка на одному з параметрів то встановлюється факт аварії, вмикається індикатор та закривається аварійний клапан.

Далі перетворений сигнал з датчика обертів (4 - 20 мА в інженерні одиниці) передається на регулятор. Цей регулятор був взятий з бібліотеки Util, в якості налаштування задаємо параметри які були розраховані в пункті 2.2.8. На виході регулятора встановлений цифро-аналоговий перетворювач який переводить потрібне положення клапана в 4 - 20 мА.

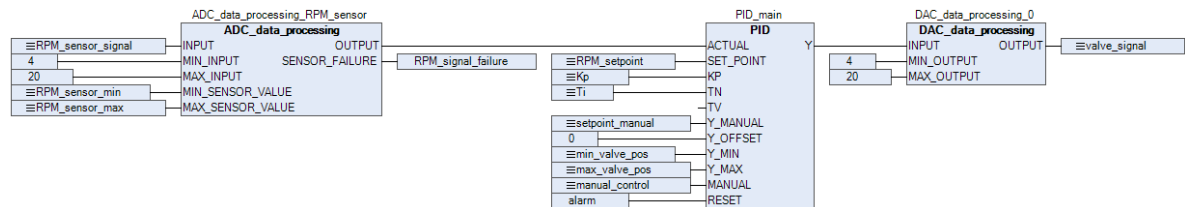


Рисунок 4.5 – Блок коду ПІ з регулятором

4.2 Програмування функціональності SCADA-системи

Для виконання програмування SCADA-системи було обрано програмне забезпечення Webstudio від Indusoft. Це середовище надасть можливість моніторингу та керування процесами в системі.

РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК

5.1 Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОУ

Для здійснення імітаційного моделювання, знадобиться таке ПЗ:

- Matlab для імітації об'єкту
- CODESYS в ролі ПЛК
- OPC-сервер для обміну даними
- IndusoftWebStudio як людино-машинний інтерфейс

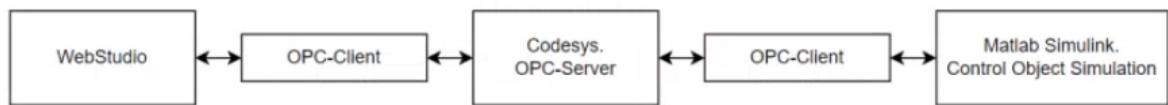


Рисунок 5.1 - Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОУ

5.2 Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink

Далі буде представлено модель у Matlab-Simulink, яка імітує об'єкт керування:

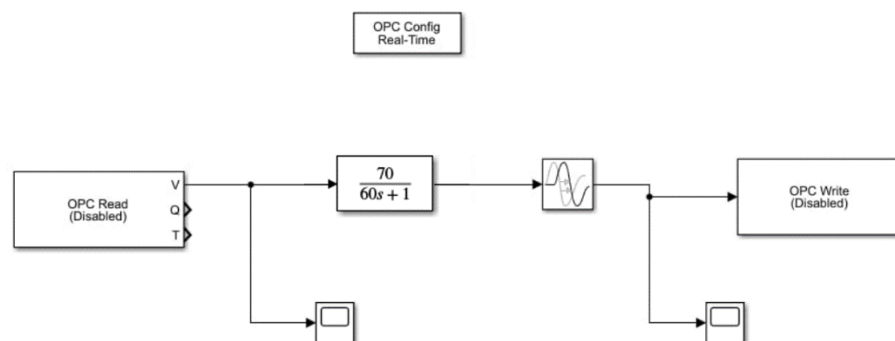


Рисунок 5.2 – Модель імітаційна

Об'єкт складається з аперіодичної ланки першого порядку з транспортним запізненням.

Для зв'язку даного об'єкту з нашим регулятором у CODESYS, нам знадобиться OPC-сервер. Обмін даними відбувається відповідними блоками OPC Read та OPC Write.

5.3 Реалізація контролерної функціональності CAP в софтПЛК CoDeSys

Регулюємо контур за допомогою одноконтуним ПІ регулятором. Регулятор реалізовано в Codesys параметри якого були розраховані в пункті 2.2.8

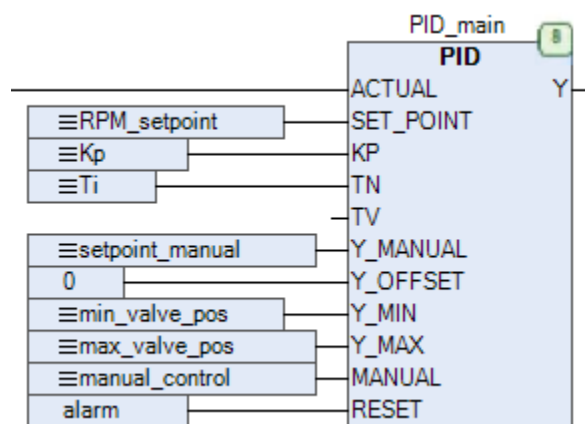


Рисунок 5.3 – Реалізація ПІ-регулятора у Codesys

5.4 Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADAсистемі WebStudio

Для SCADA системи було реалізовані вікна HMI-Standard функціональності. Вікно Menus для навігації та переходу до наявних вікон:

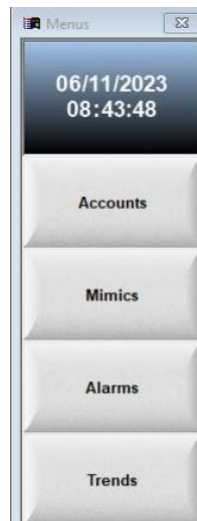


Рисунок 5.4 – Головне вікно *Menus*

Вікно *Mimics* містить мнемосхему контура регулювання, на ньому містяться актуальні значення параметрів системи.

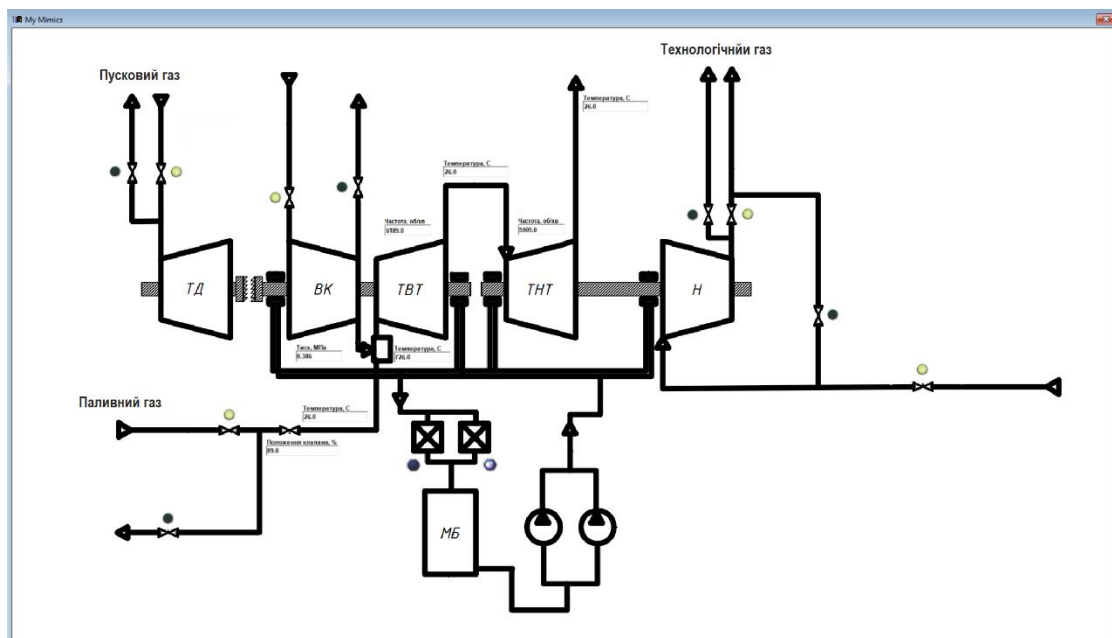


Рисунок 5.5 – Вікно *Mimics*

Вікно *Alarms* в системі відображає повідомлення про аварійні ситуації, а також зберігає історію цих ситуацій, які можуть виникати в системі:

Tag Name	Display ...	Activation Ti...	Message	Ack Time	Event Time	Us
PressureAir	3.000000	06/11/2023 13:56:54		⚠	06/11/2023 3:56:54	Ad
PressureGas	8.000000	06/11/2023 13:56:53		✓	06/11/2023 13:57:28	Ad
Temperatur...	16.000000	06/11/2023 13:56:45		⚠	06/11/2023 3:56:45	Ad
Temperatur...	16.000000	06/11/2023 13:56:34		⚠	06/11/2023 3:56:45	Ad
Temperatur...	16.000000	06/11/2023 13:56:34		⚠	06/11/2023 3:56:45	Ad
PressureAir	3.000000	06/11/2023 13:56:30		⚠	06/11/2023 3:56:54	Ad
Temperatur...	40.000000	06/11/2023 13:48:21		⚠	06/11/2023 3:56:34	Ad
Temperatur...	25.000000	06/11/2023 13:48:15		⚠	06/11/2023 3:56:41	Ad
PressureGas	8.000000	06/11/2023 13:48:05		⚠	06/11/2023 3:56:53	Ad

Рисунок 5.6 – Вікно Alarms

У вікні Trends показано графічне представлення, що показує графіки зміни уставки та зміни частоти обертів об'єкту від часу:

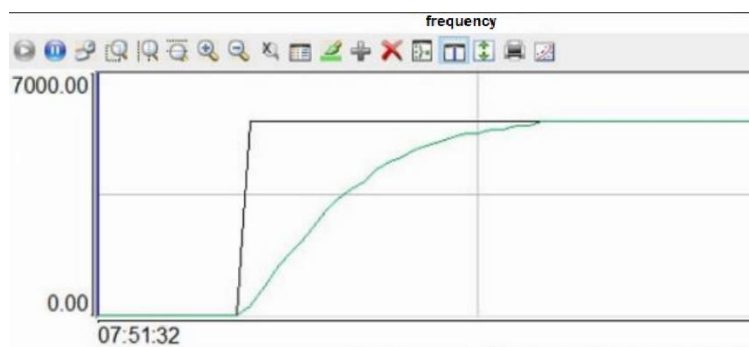


Рисунок 5.7 – Вікно Trends

5.5 Структурне моделювання АТК в програмно-технічному симуляторі

Структурне моделювання АТК в програмно-технічному симуляторі було наведено в розділі 4 ПЗ ДПБ

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – комплексна інтегрована система, основними складовими якої є правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи та засоби, направлені на збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності. Основним завданням охорони праці є захист інтересів всіх працюючих та забезпечення умов праці безпечних для життя й здоров'я робітників.

Тема дипломного проекту – Автоматизована система керування газоперекачувальним агрегатом. Метою даного розділу є аналіз умов праці в приміщенні компресорної станції та розробка комплексу заходів щодо поліпшення цих умов.

В даному розділі ДПБ запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування, а також визначені основні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії, та пожежної безпеки і профілактики.

6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування

Безпека експлуатації АСК ГПА, як і самого ГПА, передбачає, в першу чергу, дотримання існуючих вимог з електробезпеки, включаючи вимоги щодо експлуатації електрообладнання у потенційно вибухонебезпечних середовищах.

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги з електробезпеки та особливості експлуатації ЕУ у потенційно вибухонебезпечних середовищах це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011 та ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівні та види вибухозахисту, групи та температурні класи засобів автоматизації та електротехнічного обладнання ГПА відповідають діючим вимогам НПАОП-40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Для живлення АСК ГПА та технологічного устаткування ГПА використовуються трифазні електромережі як із ізольованою, так і заземленою нейтраллю, з робочою напругою 220/380 В та частотою 50 Гц. Використовуються системи захисного заземлення IT, TT та TN (підсистема TN-C-S).

Система захисного заземлення TN (підсистема TN-C-S) виключає можливість ураження персоналу електричним струмом при пробії на корпус ЕУ однієї з фаз електромережі, що забезпечується завдяки швидкому вимиканню ділянки електромережі, на якій виникло замикання фази на корпус, за рахунок використання пристроїв максимального струмового захисту.

Для виконання діючих вимог з електробезпеки, все технологічне електроустаткування ГПА згідно з ДСТУ ІЕС 61140:2015 має 0І та І класи за електрозахистом, а електрообладнання АСК (блоки контролерів, екранні пристрої, давачі, виконавчі пристрої, блоки живлення тощо) мають відповідно І, ІІ та ІІІ класи.

Всі ЕУ мають затискачі заземлювальні та відповідні знаки заземлення. Значення опору між заземлювальним затискачем та кожною доступною до дотику металевою неструмовідною частиною ЕУ, яка може опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції, не повинно перевищувати 0,1 Ом.

Для захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмовідних частин ЕУ при їх монтажі, обслуговуванні та експлуатації застосовані розподільні щити в металевих шафах в закритому виді, клемні колодки мають бути захищеними спеціальними щитками, електрокабелі мати різнокольорову ізоляцію провідників та відповідне кольорове маркування комутаційних елементів БЩУ, таблички та

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки.

Згідно ДСТУ 7237:2011 для забезпечення захисту від випадкового дотику людини до струмовідних частин ЕУ застосовують такі види захисту:

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

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

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

Передбачена проектом апаратура системи автоматизації та силове електротехнічне устаткування повинні експлуатуватися відповідно до

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

паспортних даних, які визначають номінальні значення струмів і напруг живлення.

Для безпечного обслуговування ГПА компресорного цеху передбачені такі заходи:

- огороження обертальних частин обладнання;
- застосування робочого і аварійного освітлення;
- використання систем захисного заземлення (типи IT, TT та TN) для захисту персоналу від ураження електричним струмом.

Перед початком роботи машиніст технологічних компресорів повинен одягнути відповідні засоби індивідуального захисту. Ознайомитися з станом, схемою і режимом роботи всього обладнання на своїй ділянці шляхом обходу згідно з маршрутною картою; отримати від машиніста, що здає зміну, відомості про стан обладнання, за яким необхідно вести особливо ретельний нагляд для попередження аварій і неполадок, а також про обладнання, що знаходиться в ремонті або резерві;

Основною метою експлуатації ГПА компресорного цеху повинно бути безперебійне забезпечення транспортування природного газу з мінімальними енергозатратами відповідно до проектної продуктивності газопроводу при безаварійній роботі ГПА з максимальною економічністю. У випадках, коли розрахунковий тиск газу на виході КС може бути забезпечений шляхом різних варіантів роботи агрегатів, необхідно вибирати режим з мінімальною кількістю працюючих агрегатів і мінімальними енергозатратами;

Обслуговування ГПА (пуск, зупинка, експлуатація, регламентні роботи) повинне проводитись відповідно до вимог технічних інструкцій заводів-виробників;

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пуск і зупинка ГПА, а також зміна схеми роботи КС повинні погоджуватися з центральною диспетчерською службою підприємства;

Недопустимою є тривала робота ГПА – по непроектних схемах і на ступенях стискання, нижчих від гранично допустимих для даного типу нагнітачів;

Планові пуски, зупинки і зміни схем роботи ГПА повинні проводитись, як правило, у денний час;

Перед пуском газотурбінного агрегату необхідно оглянути все основне і допоміжне обладнання ГТУ з метою перевірки його справності й готовності до пуску. Крім того, необхідно перевірити відсутність сторонніх предметів, інструменту, ганчір'я на майданчиках обслуговування, східцях, переходах. Усі пройоми для монтажу та ремонту повинні бути закриті. У камері всмоктування повітря не повинно бути сторонніх предметів. Двері камери всмоктування повинні бути зачинені на замок. Вхід у камеру під час пуску агрегату категорично заборонений. Перед пуском після монтажу, ремонту або ревізії агрегату слід пересвідчитись у відсутності сторонніх предметів у трубопроводах і камері згорання відповідно до інструкції заводу-виробника по експлуатації ГТУ.

У процесі робочого часу машиніст повинен підтримувати заданий режим роботи агрегатів, утримувати в чистоті і порядку все обладнання і вживати заходів щодо усунення виявлених відхилень у роботі обладнання, агрегату. Пуск ГТУ допустимий тільки при справному стані всього обладнання.

Робота ГТУ на турбодетандері під час грози не допускається.

Пуск агрегату повинен проводитися тільки з розпорядження диспетчера. Початок пуску повинен супроводжуватися подаванням звукового і світлового сигналів. Перед пуском агрегату необхідно перевірити справність системи вентиляції в галереї нагнітачів і в залі ГТУ;

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виявленні будь-яких відхилень від норми в роботі агрегату машиніст повинен діяти відповідно до інструкції по обслуговуванню агрегат;

Якщо на ГТУ, яка знаходиться в роботі, погас факел, то включення запалу при наступному запуску без попередньої продувки газового тракту турбіни забороняється;

У процесі роботи необхідно періодично прослуховувати агрегат. У випадку появи сторонніх шумів у корпусі агрегату, підшипниках чи камері згорання агрегат необхідно негайно зупинити.

Після закінчення роботи машиніст повинен привести в порядок робоче місце, зібрати і скласти в призначене місце інструмент і пристосування. Відходи виробництва, сміття і використані матеріали повинні прибиратись у спеціально відведені місця і металеві ящики;

При виникненні пожежі машиніст повинен викликати пожежну команду та добровільну пожежну дружину повідомити диспетчера і одночасно приступити до ліквідації пожежі;

При виявленні будь-яких неполадок в електромережі викликати електромонтера;

При нещасному випадку надати долікарняну допомогу потерпілому, користуючись медаптечкою, і повідомити про те, що трапилось, керівництво служби (диспетчера), а потерпілого відправити у лікувальний заклад. Зберегти місце події, де стався випадок, незайманим, коли це не загрожує життю і здоров'ю інших працівників і довкіллю.

					ТА 92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 під забезпеченням нормативних параметрів мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що визначається в сумарній дії на організм людини температури, вологості і швидкості руху повітря.

У виробничих приміщеннях операторської та щитової нормовані параметри мікроклімату робочої зони повинні відповідати наступним санітарним нормам:

- температура повітря 18 ± 2 °С;
- відносна вологість повітря – 40-60%;
- швидкість руху повітря – 0,2-0,3 м/с.

Відповідно до інтенсивності виконуваних рухів людиною, що працює фасувальником кондитерських виробів, роботи відносяться до категорії – середньої важкості ІІа.

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для цих умов наведені в таблиці:

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	t, °С	φ, %	V, м/с	t, °С	φ, %	V, м/с
Теплий	21-23	40-60	0.3	18-27	65 при 26°С	0.2-0.4
Холодний	19-21	40-60	0.2	17-23	75	0.3<

Отже, температура у виробничих приміщеннях має допустиме значення, а вологість і швидкість повітря – оптимальне, тому необхідності у розробці додаткових заходів для коригування параметрів мікроклімату немає.

6.2.2 Виробниче освітлення

Штучне освітлення приміщень операторської та щитової здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Зорові умови праці при штучному освітленні характеризуються найменшим об'єктом розпізнавання, розрядом і під розрядом зорових робіт, контрастом об'єкту розпізнавання з фоном, системою освітлення. Нормативними показниками штучного освітлення є: величина освітленості, показники засліпленості або дискомфорту, коефіцієнт пульсації освітленості. Нормовані значення штучного освітлення наведено в ДБН В.2.5-28:2018.

В приміщеннях операторської та щитової повинно бути забезпечене загальне освітлення. Для освітлення необхідно застосовувати газорозрядні лампи з рівномірним розподілом плафонів по стелі приміщення, щоб у будь-якій точці освітленість складала не менше 300 лк. Дана умова виконується.

6.3 Пожежна безпека та профілактика

Пожежна безпека забезпечується: системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту, організаційно-технічними заходами.

У приміщенні операторської та щитової, яке згідно з ДСТУ Б В.1.1- 36:2016 за вибухопожежонебезпекою відноситься до категорії «В», пожежа може виникнути у випадку порушення ізоляції електропроводів й устаткування при короткому замиканні, при порушенні правил пожежної безпеки, при порушенні правил експлуатації електроустановок.

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як засоби захисту від КЗ використовуються автомати максимального струмового захисту. При підвищенні струму вище допустимого значення (5А), відбувається відключення електронної техніки від загальної мережі електроживлення. Кабелі електропроводки захищені негорючою ізоляцією. Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 у приміщенні операторської та щитової передбачена система автоматичної пожежної сигналізації.

Приміщення, де розташовані кабельні комунікації, має II ступінь вогнестійкості з межею вогнестійкості 0,75 ч. (ДБН В.1.1.7-2016).

Згідно вимог ДСТУ 3675-98, із засобів пожежогасіння в приміщенні необхідна наявність одного вогнегасника типу ВВ-8, який використовується для гасіння пожежі, що виникла в електроустановках, що знаходяться під напругою (тривалість випуску заряду близько 15 с, довжина струменя 4 м, дозволяють вести гасіння без відключення установки). Кількість, розміщення та умови зберігання вогнегасників мають відповідати нормативним вимогам.

У приміщенні передбачений вільний доступ до виходу на випадок евакуації.

Для евакуації людей з приміщення операторської та щитової використовується один евакуаційний вихід, розроблено план шляхів евакуації при пожежі, який розташовано на стіні біля дверей виходу.

Мінімальний час евакуації, ширина евакуаційних виходів та проходів, максимальна віддаленість робочих місць від евакуаційних виходів відповідають вимогам ДБН В.1.1- 7:2016.

Система протипожежного захисту відповідає вимогам ДБН В.2.5-56-2014 та НАПБ А.01.001-2014 – Правила пожежної безпеки в Україні.

6.3.1 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення пожежі

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі виявлення ознак пожежі працівник, який їх помітив, повинен:

- негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;
- повідомити про пожежу керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства;
- організувати оповіщення людей про пожежу;
- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;
- вжити заходів щодо ліквідації пожежі з використанням наявних засобів.

Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення пожежі, повинні:

- перевірити, чи викликані підрозділи ДСНС;
- вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та їх рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації пожежі;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації пожежі;
- організувати зустріч підрозділів ДСНС, надати їм допомогу у локалізації та ліквідації пожежі.

Після прибуття на пожежу підрозділів ДСНС повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла пожежа.

6.4 Висновки ОП

					ТА 92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Були розглянуті умови праці в приміщенні компресорної станції, а також розроблено комплекс заходів для поліпшення цих умов. Розглянуто низку нормативних документів, що регулюють вимоги з електробезпеки та безпеки експлуатації електрообладнання у потенційно вибухонебезпечних середовищах. Були враховані вимоги щодо електробезпеки та використання електротехнічного обладнання з відповідними класами захисту.

Операторська та щитова мають відповідне оснащення та умови для працівників згідно з вимогами з гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Нормативи щодо мікроклімату та освітлення виконуються, а також застосовуються заходи для запобігання пожежам та ліквідації їх наслідків.

					ТА 92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Автоматизована система буде доцільною лише тоді, якщо буде виконуватись наступна формула, $T_{ок} \leq T_{ок}^*$

Припустимо що $T_{ок}^* = 5$ років п і після цього вирахуємо суму, яку доведеться отратити при впровадженні автоматизації на цьому об'єкті $\Delta K_{авт}$.

Таблиця 7.1 – Витрати на засоби автоматизації

№	Назва обладнання	Одиниці	Кіл-ть	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
1	Повітряний маслоохолоджувач WHE 2050	шт	2	29 772.77	59,545.54
2	Пристрій плавного пуску ATS22D75Q 75A	шт	2	36 204.65	72,409.3
3	Вимикач-роз'єднувач COMPACT NSX250NA 4P 250A	шт	1	17860.10	17860.10
4	Перетвор.частоти ATV930D37M3 37 кВт	шт	1	139905.75	279811.5
5	Автоматичний вимикач EZ9F34206 6A	шт	1	271.83	271.83
6	Блок живлення ABLS1A24200 24в 20а	шт	1	5051.67	5 051.67
7	АВТ.ВИМ.EASYРАСТ EZC100H3060 60A	шт	4	4240.10	16960.4
8	Модуль ТМ3ХНСС202G експерт, 2 ліч., пружин.	шт	1	14 021.56	14 021.56
9	Модуль ТМ3АІ8 8 аналог вх	шт	2	7369.28	14738.56
10	Модуль ТМ3АМ6 аналог 4вх/2вих	шт	1	8544.59	8 544.59
11	Реле RXM2AB2BDPVM	шт	2	432.94	865.88
12	Індукт. Датчик XS618B1PAL10EX	шт	2	4 503.25	9006.5

Кінець таблиці 7.2

№	Назва обладнання	Одиниці	Кіл-ть	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
13	Перетворювач тиску MBS 4201 060G6531	шт	3	7911	15822
14	Перетворювач тиску MBS 4201 060G4302	шт	3	7989	15978
					503269.61

Наведена таблиця, де було розрахована сума обладнання, вона складає:

$$V_{об} = 503269.61 \text{ грн.}$$

Припустимо, що вартість роботи проектувальників і програмістів обійдеться нам у наступну суму:

$$V_{пр} = 100000 \text{ грн.}$$

На монтажні роботи ми витратимо 15% від всієї вартості обладнання

$$V_{м} = 503269.61 \cdot 0.15 = 75490.44 \text{ грн.}$$

Для розрахунку пуско-налагоджувальних робіт використаємо формулу:

$$V_{пн} = 503269.61 \cdot 0.1 = 50326.96 \text{ грн.}$$

Отримавши ці результати можемо обрахувати значення $\Delta K_{авт}$

$$\Delta K_{авт} = V_{об} + V_{пр} + V_{м} + V_{пн} = 729087.01 \text{ грн.}$$

Наступним етапом знайдемо економію витрат після впровадження АСК за наступною формулою:

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{авт}$$

Задомося значенням $E_k = 3200000 \text{ грн}$

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб розрахувати ці витрати на обслуговування та енергію використовують формулу: $\Delta B_{\text{авт}} = B_e + B_a + B_p + B_z$

$B_e = C_e \cdot T \cdot N = 1,68 \cdot 7500 \cdot 200 = 2520000 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right)$ – вартість електроенергії;

C_e – тариф з НДС, при споживанні вище 100 кВт·год; T – час роботи за рік, год; N – потужність приладів, кВт·год.

Знайдемо витрати на реновацію, ремонт та на зарплату персоналу:

$$B_a = 0.05 \cdot \Delta K_{\text{авт}} = 0,05 \cdot 503269.61 = 25163.48 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right);$$

$$B_p = 0.1 \cdot \Delta K_{\text{авт}} = 0,1 \cdot 503269.61 = 50326.96 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right);$$

$B_z = B_{\text{зп}} \cdot T \cdot n = 16\,000 \cdot 12 \cdot 2 = 384000 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right)$, де $B_{\text{зп}}$ – заробітна плата працівника за місяць, грн; n – кількість працівників, чол; T – час роботи АСР за рік, місяців

$$\begin{aligned} \Delta B_{\text{авт}} &= B_e + B_a + B_p + B_z = 2520000 + 25163.48 + 50326.96 + 384000 \\ &= 2979490.44 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right) \end{aligned}$$

З розрахунків вище випливає, що економія буде складати:

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{\text{авт}} = 3200000 - 2979490.44 = 220509.56 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right)$$

Якщо обрахувати час окупності, то отримаємо наступний результат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K_{\text{авт}}}{\Delta U} = \frac{729087.01}{220509.56} = 3 \text{ роки і 4 місяців.}$$

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як результат $T_{ок} \leq T_{ок}^*$ менше на 1 рік та 6 місяців, тому можна зробити висновок, що впровадження автоматизації є економічно вигідним.

ВИСНОВКИ

За час роботи над дипломним проєктом, отримавши інформації з технічної документації, методичних, наукових джерел та беручи до уваги вже існуючі об'єкти було розібрано принцип роботи, та особливості системи.

Наша система має три контури регулювання: контур регулювання частоти обертів турбіни, контур регулювання температури в маслосистемі, та регулювання тиску в системі охолодження ГТУ.

Було розроблено схему функціональну, принципову електричну, з'єднань і підключень зовнішніх проводок та схему загашльного виду щита.

Підібрано датчики та потрібне обладнання для забезпечення іскробезпеки у вибухонебезпечній зоні.

Було визначено передаточні функції для керування цими контурами. Проведено розрахунки вимірювальних каналів та надійності інформаційних, захисних та керуючих функцій АТК, за результатами яких можна зробити висновок, що спроектована система автоматичної підтримки оптимальних обертів відповідає поставленим вимогам.

В кінці було представлено програмування контролеру та створений людино-машинний інтерфейс. Програмування контролерів відбувалося у середовищі CoDeSys переважно на мові FBD. SCADA в свою чергу була реалізована у середовищі WebStudio. Створений інтерфейс повністю відображає проходження всі процесів системи та дає оператору за потреби впливати на них

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Було розроблено розділ з охорони праці. Створена САР відповідає сім нормам та стандартам охорони праці і покращує ці показники за рахунок створення комфортних та безпечних умов керування технологічним процесом.

Кінцевим розділом дипломної роботи був розрахунок економічної доцільності та техніко-економічного ефекту від впровадження САР. В ході розрахунку було отримано дані про термін окупності він 3 роки та 4 місяці. Таким чином створення САР є дуже вигідним з боку збільшення економічності технологічного процесу.

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектування систем автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для сам. Роботи студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладач: Т.Г. Баган; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 555 кБайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 21 с.
2. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги [Текст] : навч. посібник / Д.В. Зеркалов. - К.: Основа, 2011.
3. Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК теплоенергетичних систем : навчальний довідник / укладач : С.Г. Батюк. Київ : КПІ, 2022.
4. ДБН Д.2.4-17-2000. Електромонтажні роботи. — Київ : Мінрегіон України, 2000 - [14 с.]. - Введений 01.10.2000
5. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовних приладів і засобів автоматизації в схемах.
6. ДСТУ Б А.2.4-3-95 (ГОСТ 21.408-93). Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів
7. Офіційний веб-сайт Укртрансгазу. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://utg.ua/>
8. Руднік А.А. Довідник працівника газотранспортного підприємства/ А.А Руднік, В.В. Розгонюк, В.М. Коломєєв і ін. – Київ: Росток, 2001 – 1091 с.
9. Офіційний веб-сайт «Сумського машинобудівного науково-виробничого об'єднання» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://snpo.ua>
10. Совінський М.В. Аналіз технічного стану газоперекачувальних агрегатів України/ М.В. Совінський, А.С. Соломаха // – Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVII

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міжнар. наук.-практ. Конференції молодих вчених та студентів, Київ,
23 – 26 квітня 2019 р. У 2 т. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во
«Політехніка» 2019. Т.1 С. 265

11.Люта Н.В. Компаративний аналіз ефективності використання
газотурбінного та електричного приводів газоперекачувальних
агрегатів компресорних станцій магістральних газопроводів/ Н.В.
Люта, О.Я. Дубей, І.М. Ісаєва – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ 2013 – С.
30 – 40.

12.Ткачук К.Н. Охорона праці/ К.Н. Ткачук – Рівне: НУВГП 2012 – 443 с

					ТА92436.0012.001.АТХ.П	Лист
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		