

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри КСУ  
\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»  
«Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5»

Здобувача групи СУ-91

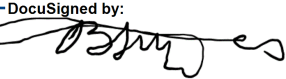
Деркача Олексія Віталійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Олексій ДЕРКАЧ

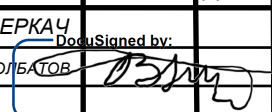
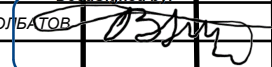
Керівник к.т.н., доцент Володимир ТОЛБАТОВ

DocuSigned by:  
  
5D476F4057AB4FB...

(підпис)

Суми – 2023

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-91 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	67		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A3	СУ-91 6.151.01 ЕЗ	Принципова електрична схема	3		
6	A3	СУ-91 6.151.01 С2	Функціональна схема автоматизації	1		
7	A3	СУ-91 6.151.01 СБ	Збіркове креслення	2		
8	A3	СУ-91 6.151.01	Схема зовнішніх проводок	1		

					<b>СУ-91.6.151.01.ДП</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Олексій ДЕРКАЧ			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Володимир ТОЛБАТОВ			Т		
Реценз.					<b>СумДУ, СУ-91</b>		
Н. Контр.							
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ					
					<b>Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5</b> Відомість проекту		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.


ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту  
Деркач Олексій Віталійович

- Тема проекту: Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5.  
Затверджено наказом ректора університету. № 0236-VI від "14" березня 2023р.
- Термін здавання студентом закінченого проекту "13" червня 2023р.
- Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.
- Зміст пояснювальної записки: опис технологічного об'єкту, робота насосного агрегату та автоматизована система керування агрегатом ПЕ 580-185-5, розробка SCADA.
- Перелік графічних матеріалів: Шафа для системи управління насосним агрегатом ПЕ-580-185-5
- Календарний план проектування

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Розробка ТЗ. Робота з літературою та першоджерелами	15.03.2023 – 18.03.2023
B2	Насосний агрегат як об'єкт керування	18.03.2023 – 05.04.2023
3	Розробка основних схем автоматизації	06.04.2023 – 28.04.2023
4	Вибір давачів. Обґрунтування вибору ПЛК. Розробка SCADA системи	29.04.2023 – 20.05.2023
5	Технічне оформлення проекту	21.05.2023 – 13.06.2023

- Дата видачі завдання "15" березня 2023р.

Керівник проекту:  
к.т.н., доцент

DocuSigned by:  
  
5D476F4057AB4FB...

Володимир ТОЛБАТОВ

Здобувач:  
студент групи СУ-91

Олексій ДЕРКАЧ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи керування насосним агрегатом  
ПЕ 580-185-5

Розробник:  
студент групи СУ-91

Олексій ДЕРКАЧ

Погоджено:  
к.т.н., доцент

DocuSigned by:  
  
5D476F4057AB4FB... Володимир ТОЛБАТОВ

1. *Назва і галузь застосування:* Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5 використовується в нафтовій промисловості, теплоенергетиці.
2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0236-VI від «14» березня 2023 р., інші договори або замовлення
3. *Мета і призначення проєкту:* розробка автоматичної системи керування для оптимізації роботи конкретного насосного агрегату ПЕ 580-185-5.
4. *Джерела розроблення:* конструкторська та технічна документація отримана під час проходження переддипломної практики.
5. *Режими роботи об'єкта:* ручний та автоматичний.
6. *Умови експлуатації насосного агрегату та прикладного обладнання:* Живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; живлення 380 В, живлення промислового комп'ютера – 220В; 50Гц. Промислове середовище. Розрахований на роботу в різних кліматичних умовах, включаючи поміркований, холодний або спекотний клімат
7. *Стадії та етапи проектування:*

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Розробка ТЗ. Робота з літературою та першоджерелами	15.03.2023 – 18.03.2023
2	Насосний агрегат як об'єкт керування	18.03.2023 – 05.04.2023
3	Розробка основних схем автоматизації	06.04.2023 – 28.04.2023
4	Вибір датчиків. Обґрунтування вибору ПЛК. Розробка SCADA системи	29.04.2023 – 20.05.2023
5	Технічне оформлення проєкту	21.05.2023 – 13.06.2023

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5.

Автор: Деркач Олексій Віталійович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Толбатов Володимир Аронович; кандидат технічних наук; доцент.

Робота містить вступ, три розділи та висновки в основному тексті, загальним обсягом 67 сторінок, 29 рисунків, 31 джерел інформації.

Дана дипломна робота присвячена автоматизації насосного агрегату ПЕ 580-185-5, що використовується в невідомій галузі промисловості. Метою роботи є розробка та впровадження автоматичної системи керування для оптимізації роботи даного агрегату.

У роботі проведений огляд літературних джерел і досліджень, що стосуються автоматизації насосних агрегатів та супутніх технологій. Детально проаналізовані особливості конструкції та принципи роботи насосного агрегату ПЕ 580-185-5, а також існуючі методи його керування.

На основі отриманих даних була розроблена архітектура системи автоматичного керування, яка включає в себе сенсорну систему для збору даних про стан агрегату, контролер для обробки цих даних і прийняття рішень, а також актуатори для керування роботою насосного агрегату.

Для реалізації системи були використані сучасні методи і технології автоматизації, такі як програмовані контролери, сенсори тиску, температури та рівня рідини, алгоритми оптимального керування тощо.

Результати експериментальних досліджень показали, що автоматизована система керування значно покращує ефективність та надійність роботи насосного агрегату. Вона забезпечує оптимальну роботу агрегату при різних умовах експлуатації, а також може автоматично виявляти та реагувати на виникнення несправностей.

Ключові слова: система керування, агрегат, насос.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

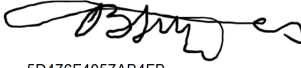
зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5»

Керівник проекту:

к.т.н., доцент

DocuSigned by:  
  
5D476F4057AB4FB...

Володимир ТОЛБАТОВ

Здобувач:

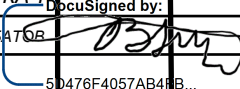
Студент групи СУ-91

Олексій ДЕРКАЧ

Суми – 2023

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТУ.....	6
1.1 Галузі застосування насосних агрегатів.....	6
1.1.1 Робота теплової енергетичної станції.....	10
1.2 Склад і робота насосного агрегату АПЕ 580-185-5.....	13
1.2.1 Живильний насос ПЕ 580-185-5.....	13
1.2.2 Двигун Huysung HSWC 5600.....	15
1.2.3 Гідромурфта Voith Turbo 682 SVNL 33G.....	17
1.2.4 Маслоустановка.....	18
РОЗДІЛ 2 РОБОТА НАСОСНОГО АГРЕГАТУ АПЕ 580-185-5.....	22
2.1 Режими роботи живильного насосу ПЕ 580-185-5.....	22
2.2 Управління роботою НА АПЕ 580-185-5.....	28
2.3 Конттури управління.....	30
2.3.1 Контур управління температурою підшипників двигуна.....	32
2.3.2 Контур управління тиском рідкого мастила в кінці масляної лінії насоса.....	33
2.3.3 Контур управління вібрацією підшипників насоса.....	36
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНИМ АГРЕГАТОМ АПЕ580-185-5.....	39
3.1 Робота автоматизованої системи керування насосним агрегатом АПЕ 580-185-5.....	39
3.2.1 Блоки живлення шафи керування.....	46
Розробка SCADA-системи.....	48
3.2.2 Програмований логічний контролер.....	50
3.2.3 Система вводу-виводу сигналів.....	52
3.2.4 Панель оператора щита керування.....	55
3.3 Щит керування насосним агрегатом АПЕ 580-185-5.....	56
ВИСНОВОК.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТОК А.....	66
Додаток Б – Принципова електрична схема.....	68
Додаток В – Функціональна схема автоматизації.....	71
Додаток Г – Збіркове креслення.....	72
Додаток Д – Схема зовнішніх провідок.....	74

					<b>СУ-91.6.151.01.ПЗ</b>				
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					
Розроб.		Олексій ДЕРКАЧ	DocuSigned by:		Лім.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Володимир ТОЛБАТОВ				2	67		
Реценз.		50476F4057AB48B...			<b>Автоматизація насосного агрегату ПЕ 580-185-5</b> Пояснювальна записка				
Н. Контр.				<b>СумДУ, СУ-91</b>					
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ							



## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СУ – система управління;

САУ – система автоматичного управління;

МК – мікроконтролер;

Д – давач;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЛК – програмований логічний контролер;

СА – схема автоматизації;

КК – контур керування;

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## ВСТУП

Автоматизація виробництва – це процес розвитку машинного виробництва, у якому функції управління і контролю, раніше виконували людиною, передаються приладам і автоматичним пристроям. Автоматизація є актуальною у різних галузях виробництва та народного господарства, у тому числі й системах тепло та водопостачання [1].

Насосна станція - споруда, що включає одну або кілька насосних установок, а також допоміжні системи та обладнання. Насосні станції широко застосовуються у центральній системі опалення житлових будинків та будівель. У цій роботі розглядається насосна станція, що підкачує, що входить до складу МУП "Житлово-комунальний сервіс", яка займається обслуговуванням об'єктів інженерної інфраструктури міста Дніпро. Індивідуальний підприємець Одинцов В.С. у 2018 році проводив модернізацію даної насосної станції, що підкачує, з метою покращення експлуатації обладнання на основі застосування сучасних засобів автоматизації.

Застосування автоматизації процесу управління насосною станцією, що підкачує, є актуальним у зв'язку з тим, що автоматизація дозволяє дотримуватися і регулювати технологічні характеристики системи тепlopостачання, забезпечуючи безпеку роботи, тому для запобігання помилок оператора передбачається створення комп'ютерної моделі, що дозволяє моделювати процес управління.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є створення комп'ютерної динамічної моделі процесу управління насосного агрегату, в рамках існуючої системи автоматизації для поліпшення експлуатації насосів за рахунок моделювання робочих режимів та аварійних ситуацій.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

## РОЗДІЛ 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТУ

### 1.1 Галузі застосування насосних агрегатів

Насосні станції класифікуються за декількома параметрами відповідно до виконуваних функцій та характеру установки. Загальне призначення всіх насосних станцій – це збільшення тиску рідини, що подається до систем споживання.

Залежно від обсягів та цілей експлуатації насосних станцій, їх поділяють на промислові та побутові.

Найважливішою особливістю промислових насосних станцій є можливість перекачування рідини у великому обсязі, у зв'язку з чим відбувається серйозне навантаження на систему. Таке навантаження забезпечує безперебійну роботу насосних станцій, яка також досягається завдяки дублюючому обладнанню, а також застосуванню циркуляційних та вакуумних насосів. Промислові насоси відрізняються великою потужністю, підвищеною продуктивністю та міцністю. Вони застосовуються для водопостачання та тепlopостачання різних будівель, великих об'єктів сільського господарства, в установках пожежогасіння та інших подібних об'єктах.

Побутові насосні станції застосовують у котеджах та заміських будинках, можуть використовуватися для поливу городів, теплиць та садів, водопостачання фермерських господарств. Забезпечення водопостачання відбувається завдяки подачі води з колодязя або свердловини.

За розташуванням насосного обладнання щодо поверхні землі насосні станції поділяються на наземні (з підлогою на рівні або вище поверхні землі), заглиблені (з надземною будовою та підлогою нижче поверхні землі) та на підземні (з перекриттям на рівні або нижче поверхні землі).

За характером керування насосні станції бувають:

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

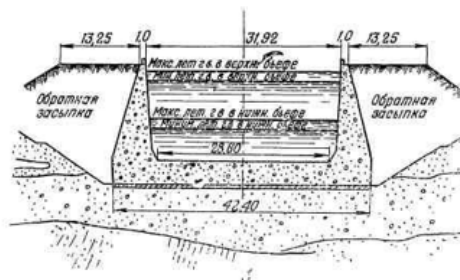
з ручним управлінням - всі або частина операцій з управління агрегатами виробляються обслуговуючим персоналом;

автоматичні - всі операції з включення та вимикання агрегатів проводяться автоматично залежно від рівня води в ємностях, тиску або витрати води у трубопроводах;

напівавтоматичні - насосний агрегат включається або вимикається від одиної команди, заданої експлуатаційним персоналом, а вся подальша робота виконується автоматично;

з дистанційним керуванням - керування насосною станцією проводиться з диспетчерського пункту, значно віддаленого від станції.

У країнах із розвинутою системою каналів часто зустрічаються насосні станції на каналах. Через роботу системи шлюзів на каналі рівень води знижується на верхній частині каналу при кожному проходженні суден через шлюзи (Рисунок 1.1). Крім того, багато шлюзів не герметичні, і вода просочується з верхньої частини каналу в нижню.



а

а – поперечний розріз

Рисунок 1.1 – Схематичний креслення шлюзу

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Переведення суден між двома відрізками водного шляху з різним рівнем води в них здійснюється за допомогою шлюзів. Кожен шлюз має три основні елементи:

Герметична камера, що з'єднує верхню та нижню головні частини каналу та має габарити, достатні для розміщення в ній одного або кількох суден. Положення та габарити камери фіксовані, однак рівень води в ній може змінюватись.

Ворота – металеві щити, розташовані на обох кінцях камери і службовці для впускання та випускання судна та герметизуючі камеру під час шлюзування.

Водопровідний пристрій — пристрій, призначений для заповнення або спустошення камери. Як правило, як пристрій використовується плоский щитовий затвор. У великих шлюзах можуть використовуватися насоси для перекачування.

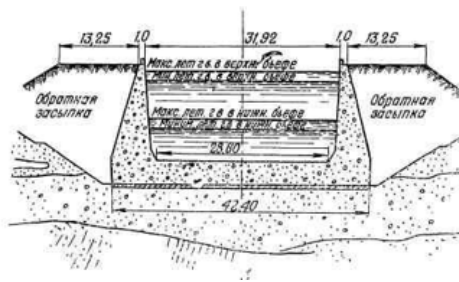
За характером керування насосні станції бувають:

- з ручним управлінням - всі або частина операцій з управління агрегатами виробляються обслуговуючим персоналом;
- автоматичні - всі операції з включення та вимикання агрегатів проводяться автоматично залежно від рівня води в ємностях, тиску або витрати води у трубопроводах;
- напівавтоматичні - насосний агрегат включається або вимикається від одиничної команди, заданої експлуатаційним персоналом, а вся подальша робота виконується автоматично;
- з дистанційним керуванням - керування насосною станцією проводиться з диспетчерського пункту, значно віддаленого від станції.

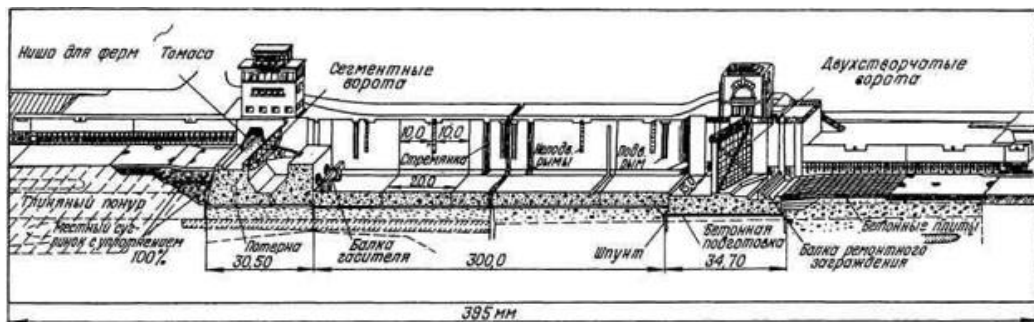
У країнах із розвиненою системою каналів часто зустрічаються насосні станції на каналах. Через роботу системи шлюзів на каналі рівень води знижується на верхній частині каналу при кожному проходженні суден через

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

шлюзи (Рисунок 1.2). Крім того, багато шлюзів не герметичні, і вода просочується з верхньої частини каналу в нижню.



а



б

а – поперечний розріз, б – розріз по осі шлюзу.

Рисунок 1.2– Схематичний креслення шлюзу

Переведення суден між двома відрізками водного шляху з різним рівнем води в них здійснюється за допомогою шлюзів. Кожен шлюз має три основні елементи:

Герметична камера, що з'єднує верхню та нижню головні частини каналу та має габарити, достатні для розміщення в ній одного або кількох суден. Положення та габарити камери фіксовані, однак рівень води в ній може змінюватись.

Ворота – металеві щити, розташовані на обох кінцях камери і службовці для впускання та випускання судна та герметизуючі камеру під час шлюзування.

Водопровідний пристрій — пристрій, призначений для заповнення або спустошення камери. Як правило, як пристрій використовується плоский щитовий затвор. У великих шлюзах можуть використовуватися насоси для

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-91 6.151.00.ПЗ				
					9				

перекачування. Дожимна насосна станція ДНС призначена для прийому газорідинної суміші з кущів видобувних свердловин, відділення та утилізації попутного газу та подальшого транспорту дегазованої сирової нафти. Нафтогазовмісна рідина зі свердловин, за системою нафтозбірних колекторів, надходить на встановлення попереднього відбору газу (УПОГ), де відбувається відбір до 25-30% вільного газу. З УПОГ, а також байпасним трубопроводом, рідина надходить у три нафтогазосепаратори.

Насосні установки в системах пожежогасіння - це сукупність інженерних комунікацій, які здатні забезпечити безпеку для людей, які перебувають у приміщенні в момент можливого займання. Основна мета таких конструкцій - запобігання розповсюдженню вогню, ефективне пожежогасіння та своєчасне видалення диму та вуглекислого газу з приміщення.

#### 1.1.1 Робота теплової енергетичної станції

До переліку стандартного набору оснащення подібних станцій входять насоси, нагнітальні та всмоктувальні колектори, арматура, шафа керування, елементи автоматики, пристрої контролю.

Насоси для станції виготовляють відцентрові, і у звичайній комплектації присутні резервний та основний насоси. Резервний запускається при несправності основного агрегату або за недостатньої його роботи. Запірна арматура призначена для керування тиском та впуску води.

Автоматика дозволяє швидко реагувати на пожежу, відповідно заощаджуючи час. Для цього станції підключаються до мережі високої напруги. Насоси забезпечуються манометрами, що вимірюють тиск води в системі трубопроводів.

Якщо в протипожежній системі немає достатнього об'єму води, цей фактор реагують спеціальні датчики. Сигнал від них передається на насосну станцію, яка починає працювати. Запущений основний насос або дещо

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

доводять тиск до потрібного значення. Сигнал надходить на пульт управління та вмикається автоматика. Іноді потрібне використання резервного устаткування.

Установка пожежогасіння може працювати у двох системах: спринклерній та дренчерній. Необхідний режим роботи визначається в контролері шафи управління станції. Шафа керування передбачає два режими керування: Ручна та Автоматична. Ручний режим керування насосами здійснюється кнопками на лицьовій панелі шафи керування.

Автоматичний режим у спринклерній системі організований наступним чином: пуск/зупинка робочого насоса відбувається за сигналом від реле тиску. Автоматичний режим у дренчерній системі організований наступним чином: пуск/зупинка робочого насоса відбувається за зовнішнім сигналом "Пожежа" або при натисканні кнопки на лицьовій панелі шафи керування. Протягом 15 секунд станція чекає сигналу про відкриття засувки і запускає робочий насос. Далі станція працює як система підвищення тиску. Якщо засувка не відкрита і тиск зростає, то робочий насос вимкнеться за сигналом від реле тиску. Установка працює до натискання СТОП кнопку «Пожежа». Присутній у станції пожежогасіння резервний насос запускається автоматично у разі несправності робочого насоса.

Насосні станції систем водопостачання та каналізації є комплексом споруд та обладнання, що забезпечує водоподачу або водовідведення відповідно до потреб споживача.

Склад споруд, їх конструктивні особливості, тип і число основного та допоміжного обладнання визначаються виходячи з принципів комплексного використання водних ресурсів та охорони природи з урахуванням призначення насосної станції та технологічних вимог, що висуваються до неї.

За своїм призначенням та розташуванням у загальній схемі водопостачання насосні станції поділяються на станції I підйому, II підйому, підкачувальні та циркуляційні.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>11</b>



Насосні станції I підйому забирають воду з джерела водопостачання та подають її на очисні споруди або, якщо не потрібно очищення води, безпосередньо в резервуари, розподільну мережу, водонапірну вежу або інші споруди залежно від прийнятої схеми водопостачання. На промислових підприємствах з процесами, що висувають різні вимоги до якості води, на одній і тій же.

Насосні станції можуть бути встановлені насоси, що подають воду як на очисні споруди, так і безпосередньо на підприємства без очищення.

Насосні станції підйому II служать для подачі очищеної води споживачам, зазвичай з резервуарів чистої води.

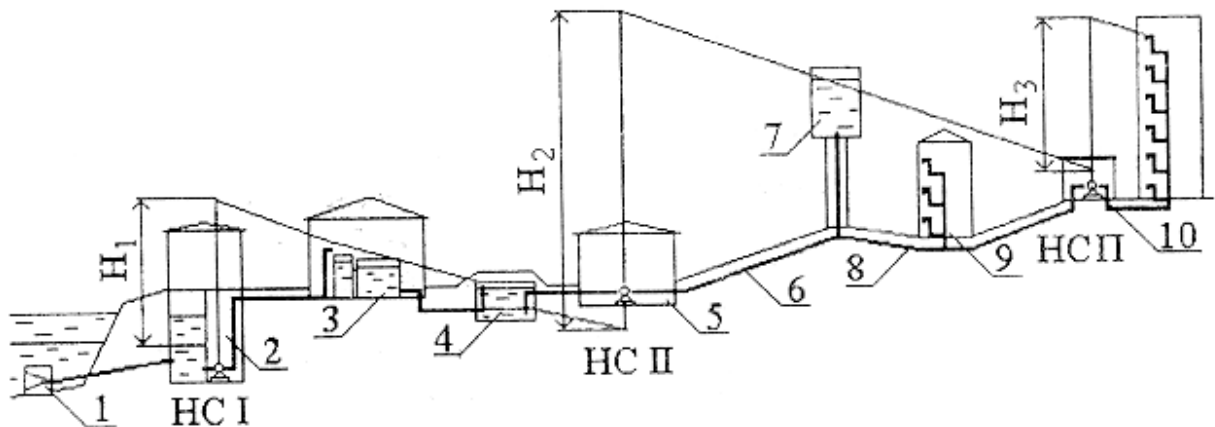


Рисунок 1.3 – Принципова схема насосної станції водопостачання

У деяких випадках насоси I та II підйому можуть бути розміщені на одній станції, що дозволяє зменшити витрати на будівництво та експлуатацію. Однак таке рішення не завжди можливе і залежить від виду вододжерела, наявності та типу очисних споруд, від рельєфу місцевості тощо.

Призначення насосних станцій у схемах каналізації полягає у підйомі стічної води на очисні споруди, якщо рельєф місцевості не дозволяє подавати ці води самопливом. Каналізаційні насосні станції влаштовують також для того, щоб уникнути великого заглиблення самопливного колектора. У цьому випадку стічні води із заглибленого колектора подаються в інший, розташований вище.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Підкачуючу насосну станцію (ПНР) також називають підвищувальною або проміжною насосною станцією. Така станція призначена для перекачування та підвищення тиску чистої води в системі водопостачання. Установка даного обладнання — ПНР — забезпечує вирішення завдань господарсько-побутового та протипожежного водопостачання не лише однієї або кількох будівель промислового, адміністративного чи житлового призначення (у тому числі підвищеної поверховості), а й цілих населених пунктів та підприємств [9].

## 1.2 Склад і робота насосного агрегату АПЕ 580-185-5

Режим роботи станції, що підкачує, може бути цілодобовим. У такому разі її підключають безпосередньо до трубопроводу, і вона запускатиметься щоразу, коли тиск у трубах почне слабшати. У виробничих трубопроводах таку схему використовують найчастіше.

У житлових комплексах напір води падає у певний годинник, коли відбувається максимальне водоспоживання. В такому випадку, режим роботи станції, що підкачує, може бути ступінчастим. Тоді групу насосів підключають до трубопроводу безпосередньо, а через накопичувальний резервуар. Як тільки рівень рідини в ньому падає до певної позначки, датчики поплавця дають команду на запуск і підкачування води.

Відстань від насосної станції до житлових та громадських будівель приймається з урахуванням норм допустимого рівня шуму в житловій забудові.

### 1.2.1 Живильний насос ПЕ 580-185-5

Для підтримки системи водопостачання застосовують насосні станції, що підкачують, розташовані по трасі каналу забирають воду безпосередньо з попередньої ділянки каналу і подають у наступний.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

Завдання насосної станції, що підкачує, - підтримання заданого тиску в трубопроводі, що подає. Автоматичне керування насосів здійснюється за сигналом від датчика тиску, встановленого на трубопроводі, що подає. При збільшенні кількості споживачів води тиск у системі починає знижуватися. Якщо тиск впаде нижче заданого, то ввімкнеться перший насос і підвищить тиск. При подальшому збільшенні споживачів води продуктивності одного насоса стає недостатньо та тиск у системі знижується. При зниженні тиску нижче заданого вмикається другий насос і підвищує тиск. Резервний насос, який є в установці підвищення тиску, запускається автоматично при несправності робочого насоса.

Насосні станції в теплових мережах призначені для збільшення напору, підвищення витрат теплоносія і зміни тиску в трубопроводах теплової мережі. Насосні станції підвищують тиск у трубопроводі, що подає, і знижують у зворотному.

Дніпровська ТЕЦ-4, що раніше звалася Дніпропетровська ТЕЦ, є тепловою електроцентральною, розташованою в Дніпрі. ТЕЦ-4 є філією вітчизняної генеруючої компанії ВАТ «Дніпроелектроцентраль». В даний час Дніпровська ТЕЦ-4 працює в режимі котельні і не виробляє електричну енергію.

ТЕЦ-4 забезпечує теплом промислові підприємства та житлово-комунальний сектор міста Дніпро. Крім того, Дніпропетровська ТЕЦ забезпечує своїх споживачів не лише гарячою, а й холодною водою. Зараз у постійній експлуатації знаходяться 4 водогрійні і 2 парові котельні агрегати сумарною тепловою потужністю 460 Гкал/год, а також 5 електродних котлів потужністю 26 Гкал/год. Основним паливом для казанів служить мазут. Робота насосної станції, що підкачує, здійснюється наступним чином:

- передача гарячої води від ТЕЦ по трубопроводу, що подає, до міста;
- передача води з міста зворотним трубопроводом назад у ТЕЦ;
- забезпечення постійного необхідного тиску у системі насосами;

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

- регулювання температури води в системі шляхом подачі води із зворотного трубопроводу через перемичку на трубопровід.

Для забезпечення надійності теплопостачання міста Дніпро, встановлена насосна станція теплових мереж, що підкачує, розташована перед житловою забудовою, яка забезпечує необхідні гідравлічні режими (напори, що розташовуються) і циркуляцію, а також зменшує надлишковий тиск у системі теплопостачання міста до нормативних (не більше 7 кгс/см<sup>2</sup> на абонентських ввідів).

На даний момент у ПНР діючий температурний режим – 65 - 100°С, тиск у трубопроводі, що подає, на виході з теплогерела P1 = 1 МПа, витрата теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному - 2200/1900 т/год. Найвний перепад на межі розділу забезпечується роботою мережних насосів, встановлених на теплогерелі [5]

### 1.2.2 Двигун Hyusung HSWC 5600

На Дніпровській ПНР встановлено три насоси марки СЦН1250/70-11 з електродвигунами АІР 355 М4УЗ (два робітники, один резервний) з наступними характеристиками кожного з насосів: N = 315 кВт; n = 1500 об/хв; Q = 1250 м<sup>3</sup>/годину; H = 0.68 МПа.

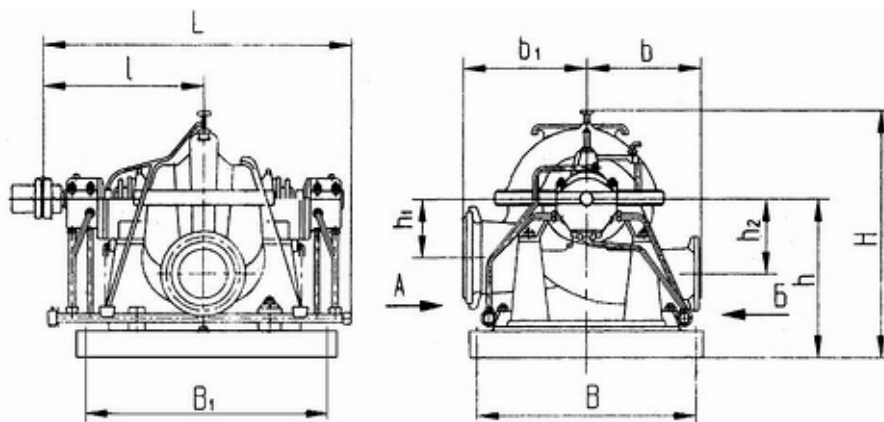


Рисунок 1.4 – Схема насоса СЦН 1250/70-11

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

У приміщенні насосної станції передбачаються: машинний зал, в якому розміщуються насосні агрегати; приміщення розподільчих пристроїв; щитове приміщення; трансформаторні камери; майстерня для дрібного ремонту; приміщення для експлуатаційного персоналу; санітарний вузол. Приміщення розподільних пристроїв, щитове приміщення, трансформаторні камери мають у своєму розпорядженні з одного торця машинного залу.

Важливе значення для підтримки насосної станції безперебійної роботи має резервний насос. Підкачувальні станції практично завжди працюють в автоматичному режимі. Кожен резервний насос відповідає за групу робочих агрегатів. Якщо, при отриманні команди «Пуск», один з них з якоїсь причини не запускається протягом 10 секунд, в роботу включається резервний насос.

Для того щоб станція могла нормально функціонувати, тиск у трубопроводі, що подає, не повинен бути менше 10м3/год. В іншому випадку, у всмоктувальному трубопроводі утворюється вакуум, або може відбутися розгерметизація сполук, з подальшим підсмоктуванням забрудненого повітря.

Окремі насоси з арматурою та вимірювальними приладами, встановленими на їх напірних та всмоктувальних патрубках, повинні відключатися від колекторів засувками. У насосних станціях, що підкачують, на трубопроводах подавальної та зворотної мережевої води встановлені регулятор тиску і зворотний клапан. Зворотні клапани, а також регулюючі клапани та інші пристрої, де відбуваються втрати тиску, встановлюють на напірних трубопроводах насосів.

На трубопроводах подавальної та зворотної мережної води на вході та виході з насосної станції встановлені відключаюча арматура (засувки). На ділянці теплової мережі Сосновобірської ПНР встановлені трубопроводи зовнішнім діаметром 529 мм та довжиною 133 м (у двотрубному обчисленні). Трубопровід прокладений у підземних залізобетонних лотках та ізольований мінералізом та азбестоцементною штукатуркою.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

### 1.2.3 Гідромуфта Voith Turbo 682 SVNЛ 33G

Модернізація призначена для створення автоматизованого керування процесами водопостачання, для надання обслуговуючому персоналу у зручному для нього вигляді необхідної інформації про перебіг технологічного процесу, а також передачі необхідної інформації на диспетчерський пункт замовника.

Метою модернізації обладнання ПНР є покращення всього комплексу експлуатаційних показників об'єкта управління, підвищення рівня безпеки та безпеки технологічного процесу, підвищення ефективності та зручності роботи обслуговуючого персоналу.

Передумовами для досягнення поставленої мети має служити управління електродвигунами насосних агрегатів (НА) з використанням перетворювачів частоти, побудова системи управління на основі серійно випускаються засобів цифрової техніки з елементною базою високого ступеня інтеграції, використання розвинених уніфікованих мережевих засобів передачі інформації, покупних та розроблюваних універсальних засобів створення програмного та інформаційного забезпечення системи.

Раніше на Дніпровській насосній станцією використовувався ручний тип керування обладнанням, у зв'язку з цим стало актуальним проектування автоматичного режиму керування обладнанням ПНР. Згідно з договором з індивідуальним підприємцем Одинцовим В'ячеславом Сергійовичем у 2018 році на ПНР було проведено модернізацію в результаті якої для управління насосами передбачено 2 режими - Ручний та Автоматичний. Після модернізації усі насоси станції отримали можливість керування в автоматичному режимі. Проектом було передбачено максимальну сумісність та однотипність обладнання, що дозволило скоротити експлуатаційні витрати.

Також на ПНЗ проведено монтаж автоматизованої системи управління насосними агрегатами із застосуванням частотного регулювання, що дозволяє:

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

- стабілізувати експлуатаційні показники технологічного обладнання та режимних параметрів технологічного процесу;
- забезпечити оперативний контроль, що скорочує час, необхідний вжиття заходів із безперебійної роботі устаткування;
- зменшити час простою насосної станції, що підкачує, за рахунок своєчасного реагування на вхідні події (в т.ч. оповіщення про неполадки);
- знизити витрати на терміновий ремонт обладнання за рахунок своєчасного сповіщення про необхідність ремонту або заміни обладнання (видання автоматичних попереджень про необхідність планового ремонту тощо);
- зменшити витрати на електроенергію за рахунок застосування частотного регулювання насосними агрегатами;
- покращити технологічний процес за рахунок аналізу використання накопиченої технологічної інформації;
- запровадити розвинені засоби діагностики скорочення часу на ремонтні роботи;
- запобігти аварійним ситуаціям.

#### 1.2.4 Маслоустановка

Для отримання достовірної якісної та кількісної інформації про параметри технологічного процесу необхідно вибрати відповідний метод та засоби вимірювання.

Вибір методу вимірювання та первинного перетворювача визначається конкретними умовами вимірювання (вимірюваним середовищем, її параметрами, особливостями технологічного процесу тощо) та вимогами, що пред'являються до точності вимірювання та функцій, що виконуються засобами вимірювання [2].

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>18</b>

Основними критеріями вибору засобів автоматизації є:

- діапазон вимірюваної величини;
- клас точності;
- умови експлуатації.

Відповідно до діапазону вимірювання та ступеня агресивності середовища вибирається тип датчика.

У виборі перетворювачів необхідно враховувати вид сигналу, що надходить із виходу датчика. До кожного виду сигналу існує певний вид перетворювача, розрахований працювати з цим сигналом.

Модуль введення аналоговий MB110-224.8A (Рисунок 1.5) був обраний для вимірювання аналогових сигналів, перетворення вимірюваних параметрів значення фізичної величини і подальшої передачі цього значення по мережі RS-485.



Рисунок 1.5 – MB110-224.8A Модуль введення аналоговий

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19



Первинні перетворювачі (датчики) призначені для контролю фізичних параметрів об'єкта (температури, тиску, витрати тощо) та перетворення їх на електричні сигнали, оптимальні з точки зору подальшої їх обробки.

Сигнал з датчика, що вимірює фізичний параметр об'єкта (температуру, тиск тощо), надходить у прилад в результаті послідовного опитування датчиків приладу. Отриманий сигнал перетворюється за даними НСХ на цифрові значення. У процесі обробки сигналів здійснюється їх фільтрація від перешкод і корекція показань відповідно до заданих параметрів.

Опитування датчиків та обробка їх сигналів вимірювальним пристроєм здійснюється послідовно за замкненим циклом.

Сигнали датчиків надходять на вхід вимірювального пристрою, де відбувається обчислення поточних значень контрольованих фізичних параметрів та перетворення їх у цифровий вигляд [23].

Для організації автоматичних систем контролю-регулювання обрано програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК160-24.А-М (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – ПЛК160-24.А-М ОВЕН Програмований логічний контролер

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

ПЛК160-24.А-М ОВЕН моноблочний контролер з дискретними та аналоговими входами/виходами на борту для автоматизації середніх систем [22]. Оптимальні для побудови систем автоматизації середнього рівня та розподілених систем управління.

Відмінні риси контролера ПЛК 160-24.А-М ОВЕН

- Потужні обчислювальні ресурси та великий обсяг пам'яті.
- Наявність дискретних та аналогових входів/виходів на борту контролера.
- Наявність послідовних портів (RS-232, RS-485) на борту контролера.
- Наявність порту Ethernet для включення локальні або глобальних мереж верхнього рівня.
- Підтримка протоколів обміну Modbus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCON.
- Можливість роботи безпосередньо з портами контролера, що дозволяє підключати зовнішні пристрої із нестандартними протоколами.
- Контролер має вбудований годинник, що дозволяє створювати системи управління з урахуванням реального часу.
- Вбудований акумулятор, що дозволяє організувати ряд додаткових сервісних функцій: можливість короткочасного переривання живлення, переведення вихідних елементів у безпечний стан.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>21</b>

## РОЗДІЛ 2 РОБОТА НАСОСНОГО АГРЕГАТУ АПЕ 580-185-5

### 2.1 Режими роботи живильного насосу ПЕ 580-185-5

Панель оператора з сенсорним екраном являє собою пристрій класу «людино-машинний інтерфейс», призначений для завантаження керуючої програми (проекту) функціонування ПЛК або ін. Дозволяє відображати на екрані стан керованого об'єкта в режимі реального часу, з використанням графічних піктограм (індикатори, графіки, лінійки, умовні позначення обладнання тощо), а також відображення сенсорних елементів, за допомогою яких оператор здійснює безпосереднє управління функціонуванням об'єкта.

Панель оператора обладнана процесором AT91SAM9G35-CU з обсягом пам'яті, містить обсяг Flash-пам'яті 128 Мб та 128 Мб оперативної пам'яті. 4 DIP-перемикач. Рекомендується джерело живлення з напругою в діапазоні 23-27 В [1].

Для вимірювання тиску води в трубопроводах був взятий датчик тиску ОВЕН ПД100-ДИ1-311-1 (Рисунок 2.1), який є перетворювачем надлишкового тиску з керамічною вимірювальною мембраною, сенсором на основі технології тензодатчик-на-кераміці (ТНК) і кабельним введенням стандарту EN175301-803 (DIN43650 A).

Основний принцип перетворення тиску на ОВЕН ПД100 – тензометричний. Чутливим елементом є «міст Уїтстона» з тензорезисторів, напилених на мембрану з різного матеріалу. Під дією вимірюваного тиску мембрана деформується, тензорезистори змінюють величину свого опору, перетворювач, що нормує, перетворює розбалансування «моста» у вихідний сигнал із заданою похибкою.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22



Рисунок 2.1 – Датчик тиску

Дана модель характеризується найбільш бюджетною ціною та стійкістю до агресивних середовищ.

Перетворювачі даної моделі призначені для систем регулювання та управління на об'єктах житлово-комунального господарства: прямих та зворотних трубопроводах мережної води систем ГВП/ХВС, теплотічильниках, станціях підкачування води тощо, де не потрібна висока точність вимірювань [15].

Схема підключення датчика тиску представлена рисунку 2.2.

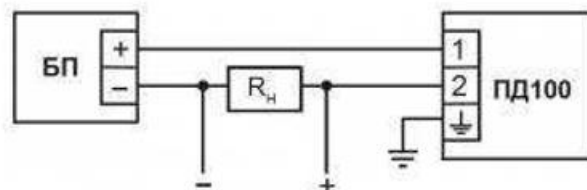


Рисунок 2.2 – Схема підключення датчика тиску Основні характеристики перетворювача тиску:

- вимірювання надлишкового тиску нейтральних до кераміки AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та нержавіючої сталі AISI 304S середовищ (гази, пара, вода, слабоагресивні рідини);
- перетворення тиску уніфікований сигнал постійного струму 4...20 мА;
- верхня межа вимірюваного тиску – від 0,1 до 10,0 МПа;

- перевантажувальна здатність – не менше 200%;
- основна наведена похибка – 1,0%.

Для вимірювання температури води було взято датчик ОВЕН ДТС035-РТ100.В3.200 (рисунок 2.3) призначений для безперервних температурних вимірювань твердих, рідких та газоподібних середовищ, неагресивних до захисної арматури та матеріалу чутливого елемента (ЧЕ) датчика. Термоопір з комутаційною головкою дозволяють вимірювати температуру до  $180 \pm 0,60$  °С (ДТЗ з мідним ЧЕ). Підключення до вимірювальної лінії провадиться мідним кабелем. Датчики перетворюють зміну температури на зміну електричного опору постійному струму. Вхідна напруга до 10 ст.



Рисунок 2.3 – Датчик температури

Датчики складаються з кількох ЧЕ, з'єднаних з комутаційною головкою або кабельним виведенням та поміщених у захисну арматуру. Принцип роботи датчика заснований на властивості ЧЕ змінювати електричний опір пропорційно до зміни температури навколишнього середовища [16].

Як реле тиску був вибраний Danfoss KPI35 (Рисунок 2.4) і призначений для управління включенням/вимкненням насоса при досягненні водопровідної мережі встановленого тиску.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Рисунок 2.4 – Реле тиску

КРІ 35 – електромеханічне реле тиску із змінним диференціалом призначене для регулювання низького тиску (діапазон налаштування - 0,2-8 МПа) у рідких та газоподібних середовищах, а також для сигналізації в різних промислових установках. Реле тиску забезпечені однополюсним перемикачем SPDT, які замикають або розмикають електричний ланцюг при зміні тиску в системі порівняно із заданим. Приєднується до теплового пункту за допомогою імпульсної трубки у верхній частині трубопроводу. Реле розраховано працювати серед з температурою від -40 °З до 100 °З тиском до 18 МПа [17].

Для керування електродвигунами насосних установок обрано перетворювач частоти Danfoss VLT FC202P315 (Рисунок 2.5) потужністю 315 кВт і забезпечує найбільш високий рівень продуктивності для двигунів змінного струму, що використовуються у водопостачанні та водовідведенні. Цей частотний перетворювач відрізняється широким діапазоном потужних стандартизованих функцій.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25



Рисунок 2.5 – Перетворювач частоти

Через значні добові коливання навантаження в установках водопостачання або очищення стічних вод, економічно доцільно використовувати управління двигуном для устаткування насосів, що обертається. Електродвигун насоса в цьому випадку живлять від частотного перетворювача, що задає таку швидкість обертання насоса, коли тиск в магістралі стабілізується. Вхідна напруга 380...480, вихідна частота 0...590 Гц [18].

Для контролю електроприводів засувки було обрано перетворювач частоти Danfos VLT Micro Drive – це універсальний привід, що управляє двигунами змінного струму потужністю до 22 кВт (Рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Перетворювач частоти

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Перетворювач частоти Danfos VLT Micro Drive Danfos VLT Micro Drive використовується в системах, де потрібно підтримка на заданому рівні деякого технологічного параметра. Цей параметр вимірюється відповідним датчиком, вихідний сигнал якого подається на вхід перетворювача. Перетворювач частоти має п'ять програмованих цифрових входів, логіку PNP/NPN, імпульсний вхід 20 – 5000 Гц, один аналоговий вхід 0 – 10 або 0 – 20 мА, один аналоговий вхід 0 – 20 мА, Вхід термістора (аналоговий або цифровий), один аналоговий вихід, одне реле, ~240, 2 А, можливість передачі даних по мережі RS-485 [19].

Для контролю руху води було обрано засувку з електроприводом ПЕМ Б5У (Рисунок 2.7) потужністю 1,1 кВт. Засувки призначені для дистанційного та місцевого управління запірною трубопровідною арматурою, що встановлюється у закритих приміщеннях та на відкритих майданчиках під навісом.

ПЕМ Б5У виготовляються до роботи в короткочасному режимі роботи при максимальному навантаженні тривалістю трохи більше 5% повного ходу вихідного валу.

Засувка встановлюється безпосередньо на трубопровідній арматурі або на конструкціях, що підкачують, з будь-яким розташуванням приводу в просторі, що визначається положенням трубопровідної арматури.



Рисунок 2.7 – Засувка з електроприводом

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27



Приводи встановлюються безпосередньо на трубопровідній арматурі або на проміжних конструкціях з будь-яким розташуванням приводу в просторі, що визначається положенням трубопровідної арматури. За допомогою приводу можна керувати відкриттям та закриттям засувки з дистанційного пульта, а також автоматично відключати двигун при досягненні заданого положення або при досягненні пристрою крайніх положень («Відкрито», «Закрито»).

Електричне живлення електродвигуна приводів здійснюється трифазним струмом напругою 380 частотою 50 Гц [2].

## 2.2 Управління роботою НА АПЕ 580-185-5

Перелік параметрів визначається технічною необхідністю контролювати чи регулювати певні величини, що так чи інакше впливають на технологічний процес, представлений у таблицях 2.1, 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1 - Параметри контролю

№	Назва	Значення
1	Тиск води на вході трубопроводу, що подає	До 1.6 МПа
2	Тиск води на виході трубопроводу, що подає	До 1.6 МПа
3	Тиск води на вході зворотного трубопроводу	До 1.6 МПа
4	Тиск води на виході зворотного трубопроводу	До 1.6 МПа
5	Температура води на вході трубопроводу, що подає	0-180 °С
6	Температура води на виході трубопроводу, що подає	0-180 °С
7	Температура води на вході зворотним насосами	0-180 °С
8	Температура води на виході зворотного трубопроводу	0-180 °С

Таблиця 2.2 – Параметри регулювання

№	Назва	Призначення
1	Стан електродвигуна Насосу	Підтримка тиску в системі теплопостачання
2	Стан засувки на подаючий Трубопроводі	Подача води з ТЕЦ трубопроводу, що подає
3	Стан засувки на зворотному Трубопроводі	Подача води до ТЕЦ по зворотному трубопроводу
4	Стан засувки на Перемичці	Подача води із зворотного трубопроводу в подаючий

Таблиця 2.3 - Параметри сигналізації

№	Назва	Значення
1	Тиск на вході подає Трубопроводу	менше 0.5 МПа або більше 1.2 МПа
2	Тиск на виході подає Трубопроводу	менше 0.5 МПа або більше 1.2 МПа
3	Тиск на вході зворотного трубопроводу	менше 0.4 МПа або більше 1.2 МПа
4	Тиск на виході зворотного трубопроводу	менше 0.4 МПа або більше 1.2 МПа
5	Температура на виході трубопроводу, що подає	менше 65°C або більше 100°C
6	Температура на вході трубопроводу, що подає	менше 65°C або більше 100°C
6	Температура на вході зворотного трубопроводу	менше 40°C або більше 100°C

Вибрані контрольовані параметри мають найбільший вплив на технологічний процес і повинні контролюватись технічними засобами автоматизації в обов'язковому порядку.

### 2.3 Контури управління

Вибір режиму роботи (ручного або автоматичного) здійснюється оператором насосної станції з посади оператора. Вибір режиму керування засувками здійснюється перемикачем. Для пуску або зупинки системи в автоматичному режимі або виведення СУ з аварійної ситуації використовуються кнопки "Пуск" або "Стоп". Постійно в роботі можуть бути один або два насоси, третій насос є резервним (профілактичний огляд, плановий ремонт). Резервний насос вибирають положенням перемикача на панелі керування оператора. Після вибору резервного насоса в автоматичному режимі закривається засувка, що знаходиться в напірній частині водопроводу цього насоса, дві інші засувки відкриті.

Опис алгоритму управління насосами насосною станицею, що підкачує, показано в Додатку А.

При надходженні з датчика сигналу на виході трубопроводу, що подає про те, що тиск менше норми  $P_{min} < P_{тек} < P - X$ , система управління перевіряє кількість працюючих насосів. Якщо працює один насос, робиться перевірка роботи перетворювача частоти (ПЧ) на максимальній частоті. Якщо ні, то дається команда збільшення його частоти, інакше відбувається перемикачання насоса, працюючого від ПЧ, до мережі, а ПЧ підключається інший насос (до цього не працював).

Якщо надійшов сигнал тиск більше норми  $P + X < P_{тек} < P_{max}$ , система керування перевіряє кількість працюючих насосів. Якщо працюють два насоси, робиться перевірка роботи ПЧ на мінімальній частоті. Якщо ні, то дається команда зменшення його частоти, інакше відбувається відключення

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

насоса, працюючого від ПЧ, а до ПЧ підключається насос, працюючий від мережі.

Якщо тиск у насосній станції більший за максимально допустиме значення  $P_{тек} > P_{max}$  або менше мінімального  $P_{тек} < P_{min}$ , то система управління встановлює прапор «Аварія» і припиняє роботу. Ручний режим є аварійним і необхідний тільки для роботи, коли неможливий автоматичний режим роботи системи управління.

Опис алгоритму управління засувками насосною станицею, що підкачує, показано в Додатку А.

Температура на виході з насосної станції знаходиться в заданих межах  $T - Y < T_{тек} < T + Y$  (де  $Y$  - допустимий діапазон зміни температури).

У випадку, коли температура стає більшою за норму  $T - Y \leq T_{тек} \leq T_{max}$ , система управління перевіряє, чи відкрита засувка на перемичці і чи закриті засувки на трубопроводі, що подає і зворотному, в іншому випадку, відбувається відкриття засувок на трубопроводі, що подає і зворотному, а на перемичці закривається. Якщо попередня умова виконується, то перевіряється, чи повністю перемичка відкрита, якщо вона відкрита на 100%, то засувки залишаються в тому ж положенні, що й доки температура не стабілізується, в іншому випадку подається команда на відкриття засувок.

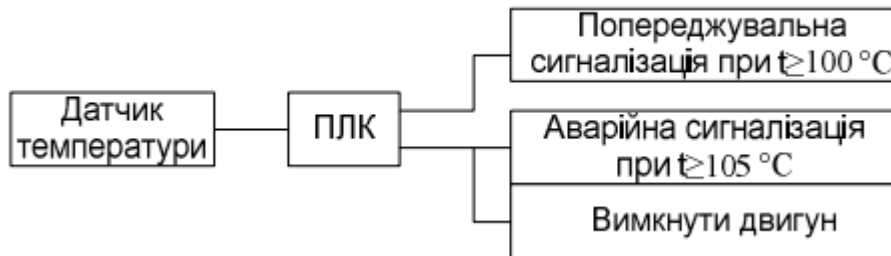
Якщо температура менша за норму  $T_{min} \leq T_{тек} \leq T + Y$ , система керування перевіряє чи закрита засувка на перемичці і чи відкриті засувки на трубопроводі, що подає і зворотному. Якщо ні, то відбувається закриття засувок на трубопроводі, що подає і зворотному, а на перемичці відкривається, якщо так, то перевіряється чи повністю вона закрита. За умови, що засувка закрита повністю, система управління залишає засувки в тому ж положенні поки температура не стабілізується, якщо перемичка не закрита, то подається команда на закриття засувок на перемичці, і на відкриття засувок на трубопроводах, що подає і зворотному.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Якщо температура менша за мінімальну або більшу за максимальну, то встановлюється прапор «Аварія» і система переходить в аварійний режим роботи після чого проводиться закриття всіх засувки і зупинка двигунів.

### 2.3.1 Контур управління температурою підшипників двигуна

При розробці комп'ютерних математичних моделей використовують спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє спростити та автоматизувати розробку моделі.



Малюнок 2.8 – контур управління температурою підшипників двигуна.

Це досягається використанням принципу візуального програмування, відповідно до якого користувач на екрані з бібліотеки стандартних блоків створює модель пристрою та здійснює розрахунки. При цьому, на відміну від класичних способів моделювання, користувачеві немає необхідності докладно вивчати мову програмування та чисельні методи математики, а досить загальних знань, які потрібні під час роботи на комп'ютері і, природно, знань тієї предметної області, в якій він працює.

Існує безліч прикладного програмного забезпечення, яке дозволяє реалізувати принцип візуального програмування при розробці комп'ютерних математичних моделей:

- Simulink;
- ПК MBTU;
- SimInTech.

Для моделювання обрана програма SimInTech у зв'язку з тим, що вона має більш потужні можливості та є безкоштовною.

SimInTech є універсальною системою автоматизації розрахунків для моделювання явищ і процесів різної природи в складних технічних системах. Об'єктом моделювання в SimInTech може бути будь-яка система, пристрій або фізичний процес, математична модель динаміка яких описується системою диференціально-алгебраїчних рівнянь та може бути реалізована методами структурного моделювання.

SimInTech реалізує принцип модельно-орієнтованого проектування, що дозволяє поєднати проектування технологічних систем із створенням їх комплексних моделей динаміки. Спочатку комплексна модель динаміки може бути спрощеною, що забезпечує перевірку базових принципів роботи об'єкта, що моделюється, та його системи управління. У міру проектування окремі частини моделі можна уточнювати та доповнювати для максимально докладної відповідності реальному [12].

### 2.3.2 Контур управління тиском рідкого мастила в кінці масляної лінії насоса

На моделі розташовуються: мнемосхема панелі оператора, панель управління та панель приладів контролю,

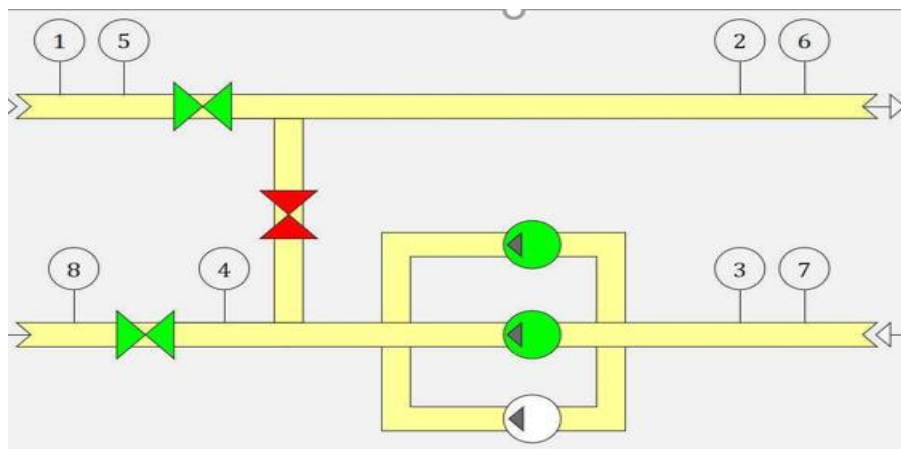


Рисунок 2.9 – Мнемосхема панелі оператора

На рисунку 2.9 проілюстровано засувки, трубопроводи та насоси. Умовні позначення датчиків на панелі оператора:

- 1 – датчик тиску води на вході трубопроводу, що подає; 2 – датчик тиску води на виході трубопроводу, що подає; 3 – датчик тиску води на вході зворотного трубопроводу;
- 4 – датчик тиску води на виході зворотного трубопроводу;
- 5 – датчик температури води на вході трубопроводу, що подає;
- 6 – датчик температури води на виході трубопроводу, що подає;
- 7 – датчик температури води на вході зворотного трубопроводу;
- 8 – датчик температури води на виході зворотного трубопроводу.

Для керування ПЧ насоса використовується окреме вікно, яке можна викликати, двічі клацнувши зображення насоса на панелі оператора.

На панелі керування показаної на рисунку 2.9 кнопка Автоматичний режим служить для переходу з ручного режиму керування системою автоматично і назад. Кнопка відключення аварійного стану призначена для виведення системи з аварійного стану після її усунення в ручному режимі і продовження її роботи в колишньому режимі. Червоний колір індикатора поруч із назвою засувки означає, що засувка закрыта. Індикація зеленого свідчить про те, що засувка відкрита, а жовтий колір вказує на те, що засувка знаходиться в проміжному стані. Смуга індикації засувки показує відсотковий стан засувки. Команда пуск та вимк дозволяють регулювати положення засувки, за умови, що система знаходиться в ручному режимі керування.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34



Малюнок 2.10 - Контур управління тиском рідкого мастила в кінці масляної лінії насоса

У таблиці 2.4 представлений повний перелік сигналів, які у проєкті SimInTech.

Таблиця 2.4 – Список сигналів

Ім'я у проєкті	Призначення	Тип даних
Z(1-3)_xq01	Положення засувки	Речове
Z(1-3)_xb01	Стан засувки Відкрито	Двійковий
Z(1-3)_yb02	Команда закриття засувки	Двійковий
D(1-4)_iq01	Значення параметра тиску з датчика	Речове
T(1-4)_iq01	Значення параметра температури з датчика	Речове
N(1-3)_xq01	Тиск на виході насоса	Речове
N(1-3)_xu01	Команда Пуск насосу	Двійковий
N(1-3)_xu02	Команда Стоп насоса	Двійковий
N(1-3)_yu01	Встановлена частота ПЧ насосу	Речове
N(1-3)_nz	Стан засувки на насосі	Речове
Alarm_x	Прапор аварійної ситуації	Двійковий
Alarm_y	Зняття аварійної ситуації	Двійковий
Tokr_x	Температура навколишнього середовища	Речове

Панель приладів відображає показання контрольно-вимірювальних приладів, а також індикатори «Аварійна ситуація» та «Автоматичний режим управління ПНР».



### 2.3.3 Контур управління вібрацією підшипників насоса

Нижче представлені тимчасові графіки зміни тиску та температури води в трубопроводі, що подає (Рисунок 2.11, 2.12) з моменту відкриття засувки на вході з ТЕЦ.

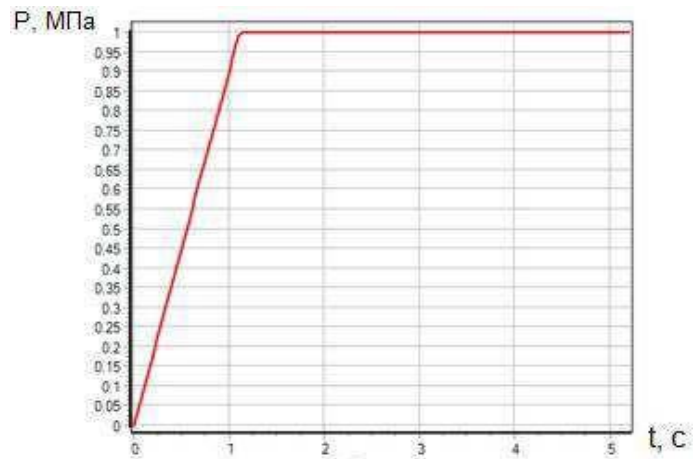


Рисунок 2.11 – Тимчасовий графік тиску на трубопроводі, що подає, P2

T, °C

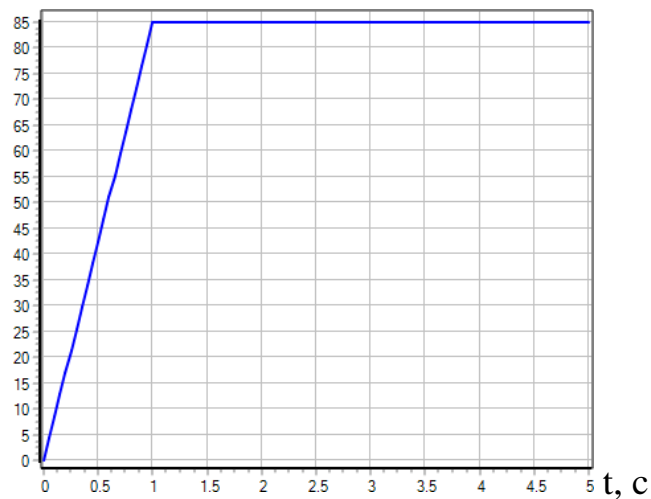


Рисунок 2.12 – Тимчасовий графік температури на трубопроводі, що подає, T2

Система керування насосами дозволяє підтримувати потрібний тиск у системі. Тимчасовий графік зміни тиску води після включення насоса представлений рисунку 2.13.

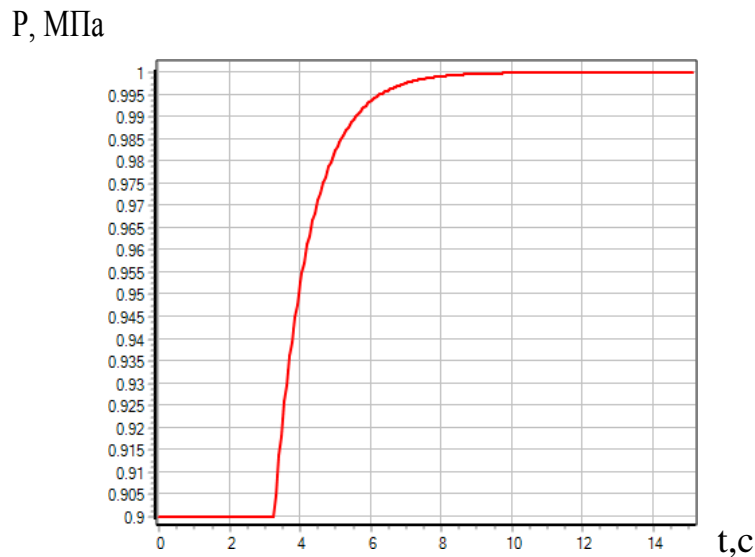


Рисунок 2.13 – Тимчасовий графік тиску в трубопроводі, що подає, P2

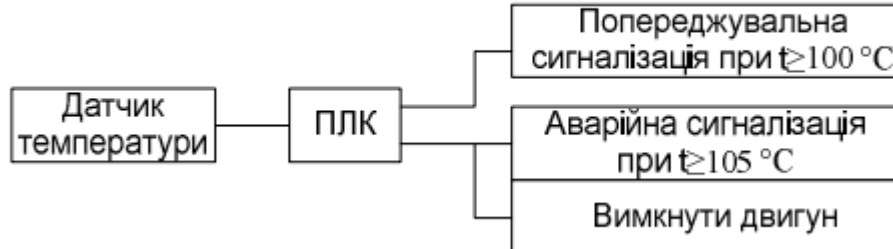


Рисунок 2.14 - Контур управління вібрацією підшипників насоса

Алгоритм управління дозволять регулювати положення засувки для забезпечення в трубопроводі, що подає необхідної температури. На рисунку 2.15 представлений тимчасовий графік зміни температури теплоносія в трубопроводі, що подає, після відкриття засувки на перемичці.

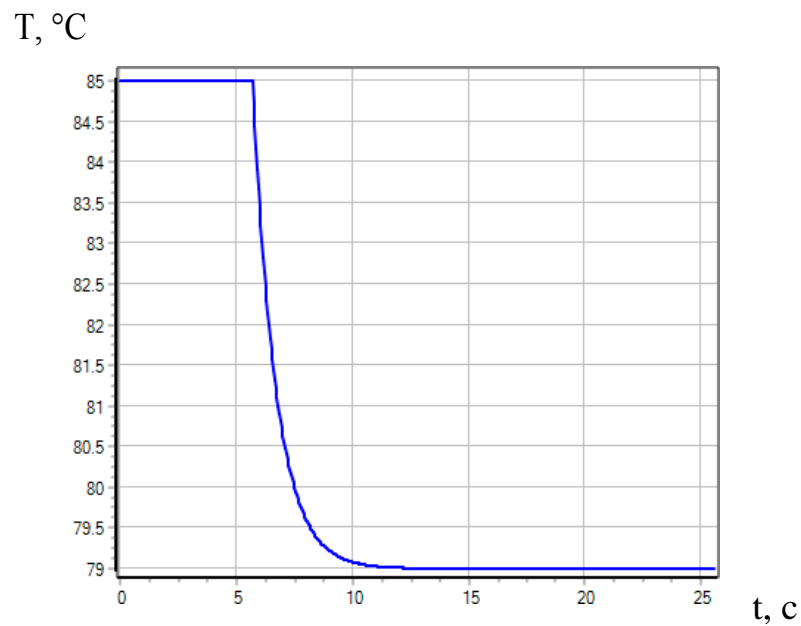


Рисунок 3.15 – Тимчасовий графік температури теплоносія в трубопроводі, що подає,  $T_2$

Для забезпечення споживачів необхідним теплом на виході трубопроводу, що подає, повинен підтримуватися тиск 1 МПа і температура 65 – 100 °С.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

## РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНИМ АГРЕГАТОМ АПЕ580-185-5

### 3.1 Робота автоматизованої системи керування насосним агрегатом АПЕ 580-185-5

Значення тиску вході зворотного трубопроводу знизилося з 0.8 МПа до 0.7 МПа. Завдяки підсистемі «Алгоритм управління» тиск води в трубопроводі, що подає, було змінено до 1.07 МПа і був збережений необхідний температурний режим у системі тепlopостачання.

У реальних виробничих умовах у робочому режимі параметри тиску та температури води вказані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технологічні параметри ПНР у різних режимах роботи

Параметри	Робочий режим	Аварійний режим
Температура на вході подає трубопроводу, °С	65 - 100	менше 65 або більше 100
Температура на виході подає трубопроводу, °С	65 - 100	менше 65 або більше 100
Температура на вході зворотного трубопроводу, °С	65 - 100	менше 40 або більше 100
Тиск на вході подає трубопроводу, МПа	1	менше 0.5 чи більше 1.2
Тиск на виході подає трубопроводу, МПа	1	менше 0.5 чи більше 1.2
Тиск на вході зворотного трубопроводу, МПа	0.8	менше 0.4 чи більше 1.2

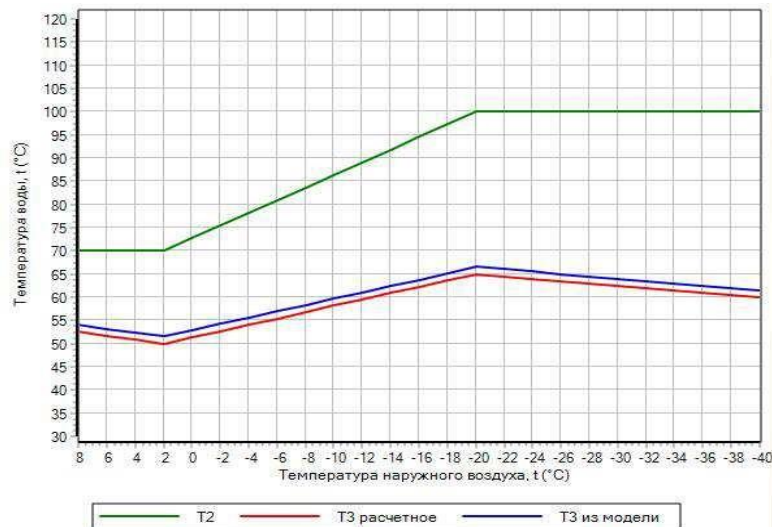
З побудованої моделі проведемо верифікацію чисельних значень розрахункових параметрів, що у допустимих межах, які забезпечують працездатність ПНР. Результати чисельного експерименту з визначення впливу зміни тиску в трубопроводі, що подає, на тиск у зворотному трубопроводі при температурі на виході подавального трубопроводу 85 °С показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Численні експерименти при робочому режимі

Тиск на виході трубопроводу, що подає $P_2$ , МПа	Тиск на вході зворотного трубопроводу $P_3$ , МПа
1.2	1.02
1	0.82
0.95	0.77
0.85	0.67
0.7	0.52
0.6	0.42

Розрахункові значення відповідають встановленої залежності між тиском на виході подаючого та вході зворотного трубопроводів.

Результати чисельного експерименту щодо визначення впливу зміни температури зовнішнього повітря і на виході трубопроводу, що подає, на температуру у зворотному трубопроводі представлені у вигляді графіка, показаного на рисунку таблиці 3.1.



$T_2, T_3$  – температура мережевої в подаючому та зворотному трубопроводах, °C.

Рисунок 3.1 – Графік залежності температури води від зовнішньої температури

Розрахункові значення обчислені за формулою (3.1) відповідають значенням, отриманим з моделі, в межах допустимої похибки.

Таблиця 3.3 - Численні експерименти при робочому режимі

Температура на виході трубопроводу $T_2$ , °C	Температура на вході зворотного трубопроводу $T_3$ , °C	Температура зовнішнього повітря $T_{нар}$ , °C
75	50,54	0
85	60,57	0
95	70,6	0
75	48,7	-10
85	58,6	-10

95	68,7	-10
75	40,2	-20
85	50,1	-20
95	60,15	-20

Чисельні експерименти відповідають встановленим залежностям перепадів температури і тиску на виході трубопроводу, що подає і вході зворотного трубопроводів, отриманим при теплогідравлічному розрахунку, що підтверджує точність роботи моделі.

### 3.2 Апаратний склад системи керування насосним агрегатом АПЕ 580-185-5

Об'єктом управління є трубопровід. Оператор задає витрати, який необхідно підтримувати у трубопроводі. Це значення подається ПЛК, де відбувається порівняння його зі значенням поточного витрати, отриманого з датчика. Потім відбувається формування вихідного сигналу. Цей сигнал подається на частотний перетворювач для завдання необхідної швидкості двигуна.

Розглянемо передатні функції ланок, які входять у цю модель. Перетворювач частоти формує частоту для асинхронного двигуна, тому його передатна функція визначатиметься коефіцієнтом перетворення:

$$W_{пч} = \frac{f}{I} = \frac{50 \text{ Гц}}{16 \text{ мА}} = 3.125 \quad (1)$$

де  $W_{пч}$  – передатна функція перетворювача частоти;

$f$  - Вихідна частота перетворювача частоти, Гц;

$I$  - вихідний струмовий сигнал контролера, мА.

Передаточну функцію асинхронного двигуна опишемо аперіодичною ланкою першого порядку:

$$W_{дв} = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \cdot s + 1} \quad (2)$$

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

де  $W_{дв}$ - Передатна функція двигуна;

$k_{дв}$  - коефіцієнт передачі двигуна, об / сек Гц;

$T_{дв}$  - постійна часу двигуна, с;

$s$  - оператор Лапласа.

Коефіцієнт передачі двигуна визначається як відношення кутової швидкості  $\omega_{дв}$  до частоти перетворювача  $f$ :

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f} = \frac{1500 \text{ об/хв}}{50 \text{ Гц}} = 30 \quad (3)$$

Постійну часу двигуна приймемо рівною  $T_{дв}$  20 с і отримаємо передатну функцію двигуна:

$$= \frac{30}{20 \cdot s + 1} \quad (4)$$

Насос являє собою аперіодичну ланку, яка перетворює швидкість обертання валу в енергію, що повідомляється рідини, що перекачується:

$$W_H = \frac{k_H}{T_H \cdot s + 1} \quad (5)$$

де  $W_H$  – передавальна функція насоса;

$k_H$  - коефіцієнт передачі насоса, м<sup>3</sup> · с / год · про.;

$T_H$  - постійна часу насоса, с.

Коефіцієнт передачі насоса визначається як відношення продуктивності (об'єм рідини, що перекачується в одиницю часу)  $Q$  до швидкості двигуна:

$$k_H = \frac{Q}{\omega_{дв}} = \frac{360}{1500} = 0,24 \quad (6)$$

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43



Постійну часу насоса приймемо рівною  $T_n$  дорівнює 18 с і отримуємо передатну функцію:

$$W_H = \frac{0,24}{18 \cdot s + 1} \quad (7)$$

Передатна функція трубопроводу описується аперіодичною ланкою першого порядку:

$$W_{TP} = \frac{k_{TP}}{T_{TP} \cdot s + 1} \quad (8)$$

де  $W_{TP}$  – передавальна функція трубопроводу;

$k_{TP}$  - коефіцієнт передачі трубопроводу, МПа · годину/м<sup>3</sup>;

$T_{TP}$  - постійна часу трубопроводу, с. Коефіцієнт визначаються за формулою (9):

$$k_{TP} = \frac{Q}{P_{TP}} = \frac{360}{0.8} = 450 \quad (9)$$

де  $P_{TP}$  - тиск у трубопроводі, МПа.

Постійна часу трубопроводу визначається за формулами (10-12):

$$T_{TP} = \frac{L}{v} \quad (10)$$

$$v = \frac{Q}{S} \quad (11)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (12)$$

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

де  $L$  – довжина ділянки трубопроводу між точкою вимірювання та точкою регулювання;

$v$  - швидкість потоку, м<sup>3</sup>/с;

$S$  – площа перерізу труби, м;

$d$  – діаметр труби, мм.

Характеристики трубопроводу наведено у таблиці 12.

Таблиця 3.4 - Характеристики трубопроводу

Характеристика	Значення
Діаметр труби, d	0,2 м
Об'ємна витрата, Q	0,067 м <sup>3</sup> /с
Довжина ділянки, L	50 м

Зробимо необхідні розрахунки:

$$S = \frac{3.14 \cdot 0.04}{4} = 0,0314 \text{ м}^2 \quad (13)$$

$$v = \frac{0,067}{0.0314} = 2.1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (14)$$

$$T_{TP} = \frac{50}{2.13} = 23.43 \text{ с} \quad (15)$$

Отримуємо передатну функцію трубопроводу:

$$W_{TP} = \frac{450}{23.43 \cdot s + 1} \quad (16)$$

Датчик витрати перетворює значення витрати на струмовий сигнал.

Передатна функція датчика виглядатиме:

$$W_{ДР} = \frac{I}{Q} = \frac{16 \text{ мА}}{360 \text{ м}^3/\text{год}} = 0.0444 \quad (17)$$

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

### 3.2.1 Блоки живлення шафи керування

Налаштування регулятора проводилося за допомогою методу Циглера-Нікольса та за допомогою ручного налаштування. Відключили інтегральну та диференціальну складові регулятора та збільшили пропорційну складову доти, доки система не вийшла на коливальний режим з постійною амплітудою (рисунок 3.2), при цьому відключили ланку обмеження [28].



Рисунок 3.2 – Перехідний процес із постійною амплітудою

Система вийшла цей режим при коефіцієнті посилення рівному 0,55. Період коливань дорівнює 70 секунд.

Розрахуємо параметри регулятора [28]:

$$k_{\text{п}} = 0,6 \quad K^* = 0,33; \quad (18)$$

$$k_{\text{и}} = 1,2 \quad K^*/T^* = 0,01; \quad (19)$$

$$k_{\text{д}} = 0,075 \quad K^* \cdot T^* = 2,89; \quad (20)$$

де:  $k_{\text{п}}$  – пропорційний коефіцієнт;

$k_{\text{и}}$  – інтегральний коефіцієнт;

$k_{\text{д}}$  - диференціальний коефіцієнт;

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$K^*$  - Коефіцієнт посилення при коливальному режимі;

$T^*$  – період коливання при коливальному режимі.

Підставивши коефіцієнти, отримуємо перехідний процес (рисунок 3.3). Час перехідного процесу дорівнює 189 секунд, перерегулювання дорівнює 60%. Таким чином, цей метод недостатньо хороший для налаштування.

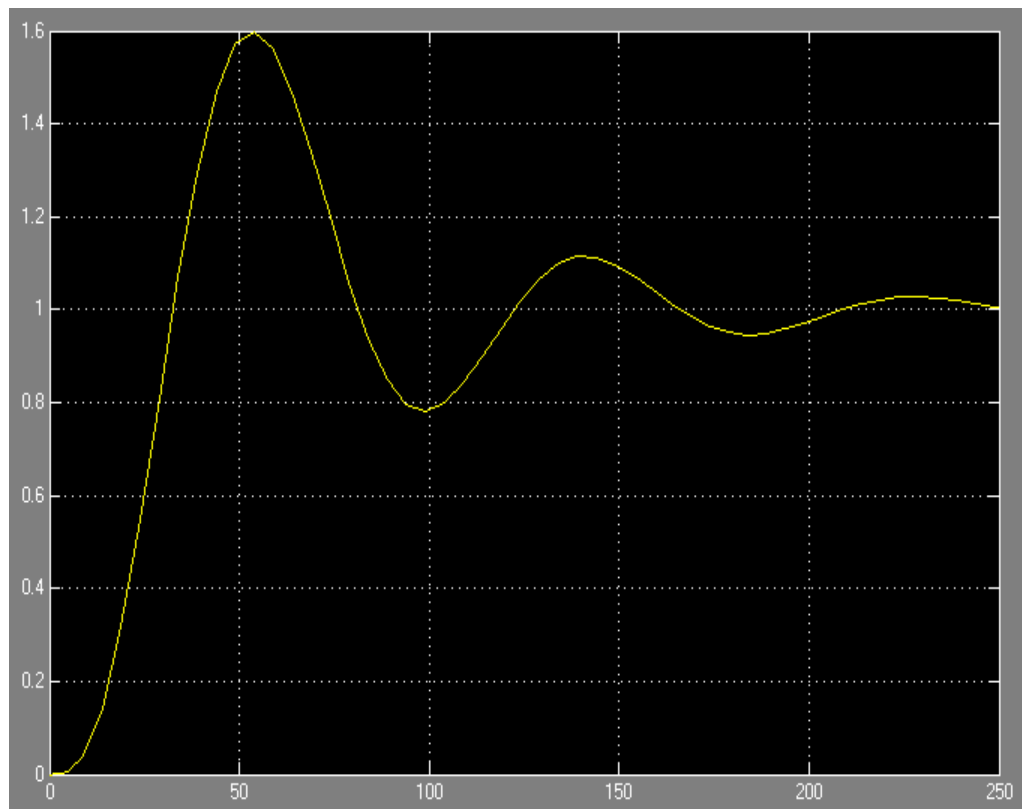


Рисунок 3.3 – Перехідний процес за методом Циглера-Нікольса

Проведемо припасування коефіцієнтів вручну, виходячи з отриманих методом Циглера-Нікольса. За зміни  $k_p$  якість перехідного процесу не поліпшувалося, а зменшення інтегрального коефіцієнта значно покращило перехідний процес. При зменшенні до 0,003 і збільшенні до 5,3 отримали найкращий перехідний процес без перерегулювання і з часом перехідного процесу 43 секунди (рисунок 3.4).

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

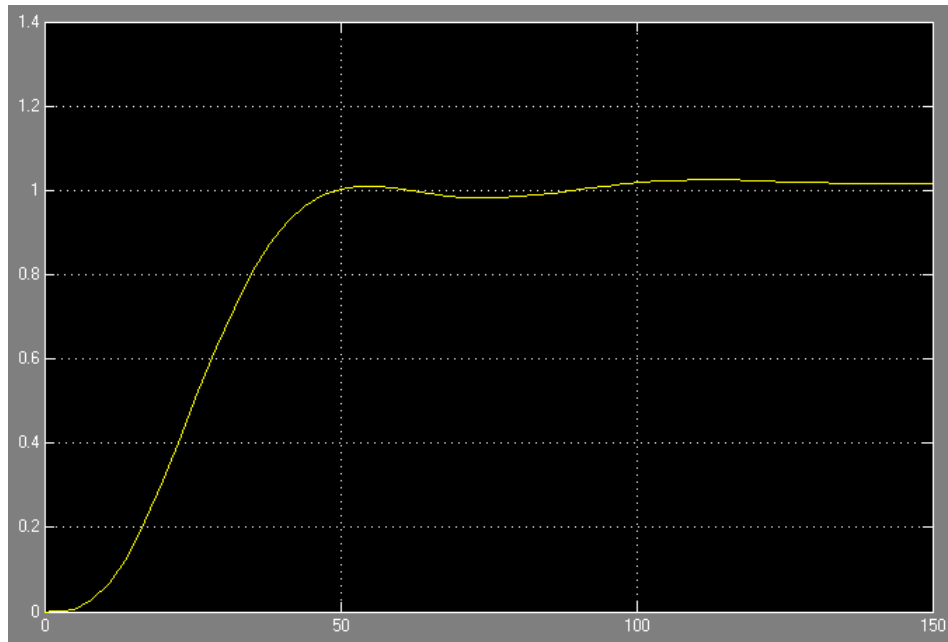


Рисунок 3.4 – Перехідний процес з ручного налаштування регулятора

Порівняння показників якості представлено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнти регулятора та порівняння показників якості при різних методах налаштування регулятора

Параметри	Метод Циглера-Нікольса	Ручне підстроювання
$k_p$	0,33	0,33
$k_i$	0,01	0,003
$k_d$	2,89	5,3
$t_{рег}, з$	189	43
$\sigma, \%$	60	0

З таблиці видно, що найкращим способом є ручне налаштування. Введення регулятора та налаштування коефіцієнтів за методом Циглера – Нікольса значно зменшило час перехідного процесу, але з'явилося перерегулювання. Ручною настройкою вдалося позбавитися перерегулювання і при цьому знизити час перехідного процесу в чотири рази.

Розробка SCADA-системи

Процес розробки SCADA-систем включає наступні операції:

- розробка графічного інтерфейсу (графіки, спливаючі вікна, мнемосхеми, таблиці, елементи введення команд оператором та інше);
- процес налагодження алгоритмів роботи системи промислової автоматизації АСУ ТП У більшості SCADA-систем налагодження можна виконати двома варіантами – в режимі емуляції обладнання або при підключеному обладнанні;
- твір налаштування систем промислової комунікації (модемів, промислових мереж та комунікаційних контролерів);
- процес створення баз даних із подальшим підключенням до них SCADA-системи.

SCADA-система повинна виконувати такі завдання:

- здійснення взаємодії суператором (подання візуальної інформації; трансляція системі команд оператора);
- надання допомоги оператору у процесі вироблення необхідного рішення (виконання функцій експертної системи);
- автоматичне сигналізування об аварійних випадках критичні ситуації;
- виведення на пульт оператора інформації про стан процесу;
- ведення журналу подій;
- пошук та вилучення архівної інформації, та надання її оператору у зручному для нього варіанті;
- створення звітів (графіки зміни операторів, таблиці температур, перелік необхідних дій оператора у певній ситуації та інше);
- облік напрацювання технологічного устаткування.

Відповідно до вищеописаних завдань була розроблена мнемосхема управління насосним агрегатом.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

На цій схемі показано:

- насосний агрегат, із показаннями датчиків КВП;
- СБТУ, із показаннями датчиків КВП;
- засувки, з позначення кольору.

### 3.2.2 Програмований логічний контролер

Даний аналіз проводиться за допомогою оціночної карти для порівняння конкурентних технічних рішень, наведеної в таблиці 3.6. Як конкурент для проєктованої автоматизованої системи управління (АСУ) насосним агрегатом розглядається існуюча система управління насосним агрегатом (конкурент).

Таблиця 3.6 – Оцінювальна карта

Критерії оцінки	Вага критерію	Бали		Конкурентоздатність	
		Бф	Бк1	Доф	Додо
1	2	3	4	5	6
<b>Технічні критерії оцінки ресурсоефективності</b>					
Підвищення продуктивності насосного агрегату	0,1	5	4	0,5	0,4
Зручність в експлуатації	0,06	4	4	0,24	0,24
Перешкодостійкість	0,06	4	4	0,24	0,24
Енергозбереження	0,05	4	5	0,2	0,25

## Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
Надійність	0,1	5	4	0,5	0,4
Безпека	0,1	4	4	0,4	0,4
Простота управління процесом	0,07	4	4	0,28	0,28
<b>Економічні критерії оцінки ресурсоефективності</b>					
Конкурентоспроможність	0,07	4	3	0,28	0,21
Рівень проникнення ринку	0,04	2	4	0,08	0,16
Ціна	0,1	3	3	0,3	0,3
Передбачуваний термін експлуатації	0,2	5	4	1,0	0,8
Термін виходу ринку	0,05	4	5	0,2	0,25
<b>Разом</b>	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>4,22</b>	<b>3,93</b>

Існуюча система управління представлена АТ «Транснефть-Західний Сибір» (конкурент). Компанія має багатопрофільну структуру бізнесу: розробка та виробництво обладнання, автоматизація та контроль технологічних процесів, будівництво будівель та споруд.

Система управління даної компанії вже представлена на ринку, отже, має високий рівень і хороші умови проникнення ринку.

Недоліком системи є використання старого обладнання, що позначається на загальному підвищенні продуктивності.

Аналіз конкурентних технічних рішень визначається за такою формулою:

$$K = \sum Vi \cdot Bi, \quad (22)$$



де  $K$  - конкурентоспроможність наукової розробки;

$V_i$  - вага показника;

$B_i$  - бал  $i$ -го показника.

Спираючись на отримані результати, можна виділити такі конкурентні переваги розробки АСУ насосним агрегатом: підвищення продуктивності насосного агрегату, підвищення надійності, конкурентоспроможність, тривалий термін експлуатації. Проектування системи буде спрямоване на досягнення наведених вище переваг.

### 3.2.3 Система вводу-виводу сигналів

Насос - пристрій для примусового переміщення рідини від перерізу з меншим значенням напору (в лінії всмоктування насоса) до перерізу з великим значенням напору (у лінії нагнітання).

Відцентрові насоси – основний вид нагнітального обладнання для перекачування нафтопродукту. Відцентрові насоси (рисунок 1) є найпоширенішими насосами у світі, завдяки своїй конструкції та стабільній роботі [3].

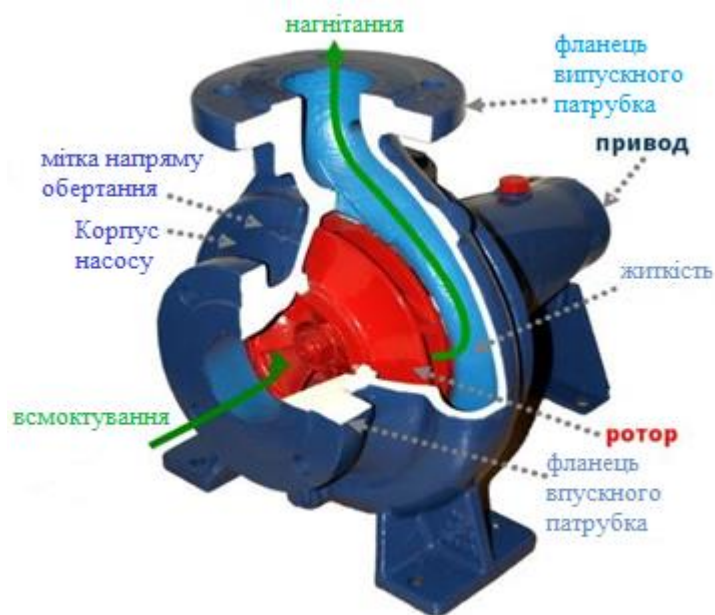


Рисунок 3.5 - Відцентровий насос у розрізі

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Основним елементом відцентрового насоса є робоче колесо (імпелер), розташоване всередині спірального корпусу (равлик), яке має лопаті, спрямовані у зворотний бік щодо обертання самого колеса. Імпелер встановлюється на вал, який з'єднаний із приводом насоса. При старті роботи агрегату робоче колесо починає обертатися, і рідина через патрубок, що всмоктує, надходить уздовж осі обертання колеса [3].

Під дією відцентрової сили рідина переміщається по каналах між лопатями в радіальному напрямку (від центру імпелера до його периферії) в спіральну камеру корпусу насоса, а потім і в патрубок нагнітальний насоса. На периферії робочого колеса розташована зона підвищеного тиску. У центрі тиск знижено, що забезпечує постійне надходження рідини в насос [3].

У дипломному проекті ми розглянемо подачу мазуту через насосний агрегат 3-АНГК-38.400/75.76УТТЗ.Ф.160-У2 (рисунок 2) на естакаду залізничного наливу.



Рисунок 3.6 - Насосний агрегат серії 3-АНГК

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

Технологічний процес, який представлений на рисунку 3, має на увазі під собою подачу мазуту до насосного агрегату, а потім на залізничній естакаді.

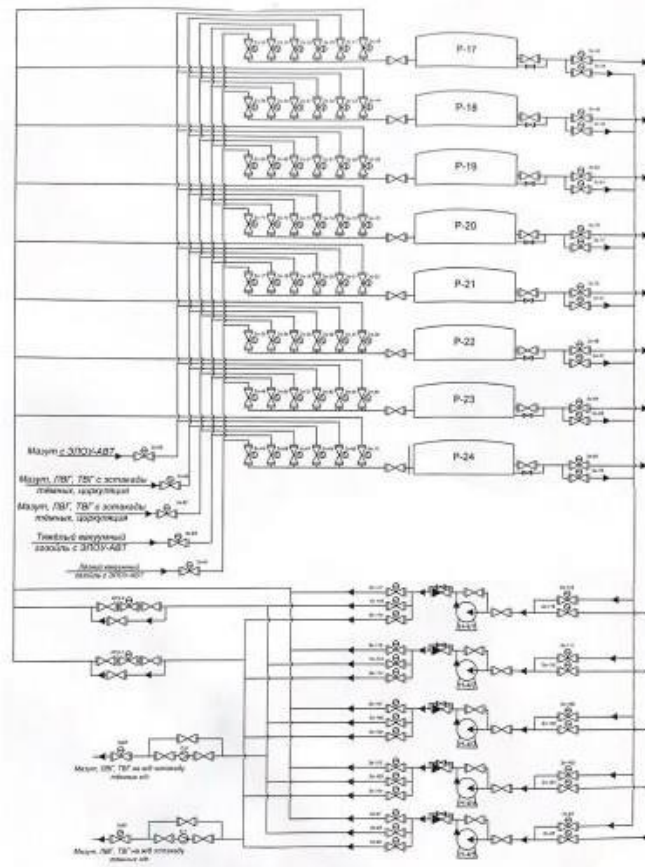


Рисунок 3.7 – Принципова схема технологічного процесу

Для того щоб почати налив залізничних цистерн мазутом, необхідно зібрати схема перекачування мазуту з резервуара через насос на залізничній естакаді. Мазут із резервуара для зберігання нафтопродукту трубопроводом, лінії МТ-1,2, надходить на лінію всмоктування насосного агрегату (Н 4-1,2,3). Після запуску насосного агрегату, мазут надходить у нагнітальний трубопровід, якою відправляється на залізничну естакаду.

Подача мазуту на залізничну естакаду здійснюється трьома насосними агрегатами, розташованими в загальному укритті насосної. Для збільшення напору на виході насоси з'єднують послідовно, щоб при одній і тій подачі напори, створювані насосами, підсумовувалися і налив відбувався швидше.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Обв'язка насосів забезпечує безперервну роботу при виході в резерв будь-якого з агрегатів. На всмоктуванні та нагнітанні кожного насоса встановлена засувка, а паралельно насосу – зворотний клапан.

Для підтримки робочої температури двигуна та зменшення тертя підшипників передбачена система мастила. Для охолодження торцевого ущільнення передбачено СБТУ. Охолодна рідина подається з бочка до торцевого ущільнення. Від ущільнення по зливному трубопроводу рідина, що охолоджує, зливається в бочок, де відбувається охолодження.

### 3.2.4 Панель оператора щита керування

Об'єктом керування є насосний агрегат. Управління технологічним процесом зводиться до підтримки необхідної витрати мазуту у трубопроводі. Централізоване керування реалізується запуском електродвигуна. Управління на польовому рівні полягає у контролі заповнення трубопроводу та регулюванні витрати на виході насосного агрегату.

Нижній рівень (польовий) складається з первинних датчиків (вимірювальних перетворювачів), що здійснює збір інформації про параметри технологічного процесу, і виконавчих пристроїв, які реалізує регулюючу та керуючу дію. Виконавчим пристроєм електропривод насосного агрегату.

Середній рівень (контролерний) складається з ПЛК, який здійснює:

- виконання команд верхнього рівня;
- обмін інформацією із верхнім рівнем;
- збір первинну обробку інформації про стан обладнання та параметри технологічного процесу;
- автоматичне регулювання.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

Верхній рівень (інформаційно-обчислювальний) складається з комп'ютера, який з'єднаний з ПЛК мережею Ethernet, як середовище, що передає, використовується мідна кручена пара.

### 3.3 Щит керування насосним агрегатом АПЕ 580-185-5

Функціональна схема автоматизації (ФСА) показує основні технічні рішення, які приймаються під час проектування систем автоматизації технологічного процесу.

ФСА є технічним документом, що визначає функціонально-блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління та регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта управління приладами та засобами автоматизації.

Усі елементи систем управління показуються як умовних зображень і поєднуються у єдину систему лініями функціонального зв'язку. Обладнання на схемі показується як умовних зображень [4].

### 3.4 Програмне забезпечення автоматизованої системи керування

Схема інформаційних потоків, яка наведена у додатку, представлена трьома рівнями збору та зберігання інформації:

- нижній рівень (збір та обробка);
- середній рівень (поточне зберігання);
- верхній рівень (архівне зберігання).

Розглянемо кожен із рівнів докладніше. На нижньому рівні відбувається збір даних з датчиків, як правило, збираються аналогові та дискретні сигнали, а також дані про обчислення та перетворення.

Середній рівень є маршрутизатором інформаційних потоків від систем автоматики та телемеханіки до екранних форм АРМ. На цьому рівні ПЛК формує пакетні дані та відправляє їх на верхній рівень до SCADA-систем.

Верхній рівень є базою даних АСУ ТП. Інформація на

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

даному рівні відображається у вигляді екранних форм або мнемосхем, які бачить оператор на своєму моніторі. На формі виводяться різні інформаційні та керуючі елементи, а також звіти.

Для того щоб ідентифікувати елементи для контролю та керування використовуються ідентифікатори (шифри). Структура ідентифікатора має вигляд: AAA\_BBBB\_CCC.

AAA – параметр, 3 символи, може приймати такі значення:

- PRS – тиск;
- TMP – температура;
- LVL – рівень;
- PRD – перепад тиску;
- VLT – напруга;
- CUR – струм;
- VIB – вібрація;
- FLW - Витрата.

BBBB – код технологічного апарату, максимум 4 символи, може приймати такі значення:

- FTR1 – фільтр мазуту;
- DCL1 – лінія всмоктування;
- PMP1 – насос;
- ELM1 - електродвигун;
- MTR1 - привід насоса;
- DCL2 – лінія нагнітання;
- TNK1 - СБТУ.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

ССС – уточнення, 3 символ може приймати наступні значення:

- PET – мазут;
- OIL – охолодна рідина;

Кодування тегів показано у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Кодування тегів

Кодування	Розшифровка
PRD _ FTR1 _ PET	Перепад тиску на фільтрі
FLW _ DCL1 _ PET	Витрата мазуту на вході
VLT _ CHP1 _ SUP	Напруга фазна двигуна
VIB_PMP1_PET	Вібрація насосу
VIB_ELM1_SUP	Вібрація електродвигуна
CUR _ CHP1 _ SUP	Струм фазовий двигун
TMP _ DCL1 _ PET	Температура мазуту
PRS _ PMP1 _ PET	Тиск на вході насоса
PRS _ PMP1 _ PET	Тиск на виході насоса
FLW _ DCL2 _ PET	Витрата нафти на виході
TMP _ PMP1 _ OIL	Температура підшипників насосу
TMP _ MTR1 _ OIL	Температура підшипників електроприводу
TMP _ TNK1 _ OIL	Температура охолоджуючої рідини у СБТУ
LVL _ TNK1 _ OIL	Рівень охолоджуючої рідини у СБТУ

Верхній рівень представлений базою даних КІС та базою даних АСУ ТП. Інформація для фахівців структурується наборами екранних форм АРМ. На моніторі АРМ оператора відображаються різні інформаційні та керуючі елементи. На АРМ диспетчера автоматично формуються різні види звітів, усі звіти формуються у форматі XML. Генерація звітів виконується за такими розкладами:

- кожна парна/непарна година (двогодинний звіт);

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>58</b>

- кожна добу (двогодинний звіт о 24.00 кожної доби);
- кожен місяць;
- на вимогу оператора (оперативний звіт). Звіти формуються за заданими шаблонами:
  - зведення за поточним станом обладнання;
  - зведення поточних вимірів.

Історична підсистема АС зберігає інформацію про зміни технологічних параметрів для сигналів із заздалегідь визначеною детальністю. Збереження даних у базі даних відбувається за допомогою модуля історії Simplight History. Дані, що зберігаються більше трьох місяців, проріджуються для забезпечення необхідної дискретності.

Зробимо вибір контролера з таких видів: FDC 280, SIEMENS S7-300 CPU 314, DVP-SX2 (таблиця 3.8) [5–7].

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики

Критерії вибору	FDC 280	SIEMENS S7-300 CPU 314	DVP-SX2
Напруга харчування	24 В	24 В	24 В
Дискретні входи	16 штук	16 штук	8 штук
Дискретні виходи	12 штук	16 штук	6 штук
Аналогові входи	8 штук	-	4 штук



Аналогові виходи	4 штук	-	2 штук
Інтерфейси	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-485	RS- 232, RS-485
Діапазон температур	(мінус 40 – 55) °C	(0 – 60) °C	(0 – 55) °C

Контролер DVP-SX2 має недостатню кількість входів, тому необхідно використовувати модулі розширення входів. Також контролер може працювати тільки за позитивної температури, як і SIEMENS S7-300 CPU 314, до того ж контролер фірми SIEMENS має високу вартість і не містить аналогових входів і виходів.

Таким чином, використовуватимемо контролер FDC 280 (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Контролер FDC 280

Фірма Foxboro займається розробкою контролерів систем автоматизації, контрольно-вимірювальних приладів, програмних засобів. Продукція компанії використовують у різних галузях промисловості, зокрема й нафтохімічної [5].

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

В ході технологічного процесу та діагностики електроавтоматики у відповідності з ТЗ перевага надається інтелектуальним датчикам з уніфікованим струмовим сигналом (4-20) мА та обміном даними відповідно до специфікації HART, при цьому підбір необхідно вести для агресивних середовищ, з вибухозахищеним корпусом і іскро. Для завдання вимірювання тиску проведемо порівняльний аналіз наступних датчиків: ДМ5007Ех, Метран-150ТА, та зарубіжним Rosemount 3051С. Параметри датчиків зведено до таблиці 3.9 [8 – 10].

Таблиця 3.9 – Огляд датчиків тиску

Критерій вибору	ДМ5007Ех	Метран-150ТА	Rosemount 3051С
Вимірюване середовище	Газ, рідина, пар	Газ, рідина, пара	Газ, рідина, пара
Діапазон вимірювань	(0 – 16) МПа	(0 – 16) МПа	(0 - 27,58) МПа
Межа допустима похибки	± 0,25%;	± 0,075%;	± 0,065%
Вихідний сигнал	(4 – 20) ма	(4 – 20) ма	(4 – 20) ма
Вибухозахисність	+	+	+
Температура довкілля	(мінус 55 – 70) °С	(мінус 55 – 80) °С	(мінус 57 – 85) °С
Середній термін служби	8 років	12 років	15 років
Напруга живлення	(17 – 42)	(12 – 42)	(10,5 – 55)

Для вимірювання тиску було обрано датчик фірми Rosemount 3051С, оскільки має малу відносну похибку, забезпечує безвідмовність роботи у жорстких кліматичних умовах та при механічних впливах. Датчик має великий термін служби. Також, можливість живлення у широкому діапазоні напруг [10].

## ВИСНОВОК

В результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи було модернізовано систему автоматизованого управління насосного агрегату подачі нафтопродукту на залізничну естакаду. Було розроблено технічне завдання, структурну схему та функціональні схеми за ДСТУ автоматизації насосного агрегату, що дозволяють визначити склад необхідного обладнання та кількість каналів передачі даних та сигналів. Для автоматизації нафтоперекачувальної станції були обрані різні датчики, які мають уніфікований вихідний аналоговий сигнал (4-20) мА.

У роботі була розроблена схема зовнішніх проводок, що дозволяє зрозуміти систему передачі сигналів від польових пристроїв на щит КВП і АРМ оператора. Для управління технологічним обладнанням були розроблені алгоритми пуску/зупинки процесу та управління збором даних. Розробили математичну модель системи та розрахували параметри налаштування регулятора за методом Циглера-Нікольса з наступним ручним підстроюванням параметрів. Провели аналіз системи при впливі, що обурює.

Розроблена система автоматизованого управління насосного агрегату виконана відповідно до вимог Держстандарту та вимог, зазначених у технічному завданні. Система повністю задовольняє якість і може застосовуватися для регулювання та стабілізації тиску.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блоки живлення Phoenix Contact. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/produkcija/ystochnyk-pytanyua-step-ps1ac24dc075-2868635>
3. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Чернявський М.В. та ін. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – Кн. 1: Від вогню та води до електрики. – К.: Вид-во НАН України. – 2012. – 264 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://energetika.in.ua>
4. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Чернявський М.В. та ін. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – Кн. 3: Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики. – Вид-во НАН України. – 2013. – 400 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://energetika.in.ua>
5. Гідромурфта Voith Turbo 682 SVN 33G - 2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://voith.com/rus-ru/reguliruemie\\_turbomufti.pdf](https://voith.com/rus-ru/reguliruemie_turbomufti.pdf)
7. Датчик п'єзоелектричний ДПЕ23МВП. Керівництво з експлуатації. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vibrobit.ru/datchiki-i-izmeritelnyepreobrazovateli/datchiki-pezoelektricheskie/item/26-dpe23mvp.html>
9. Модулі вводу-виводу сигналів від General Electric. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.crevis.ru/product/>
10. Модулі гальванічної розв'язки [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/produkcija/razdelytelnye-usylytely-mini-mcr-sl-i-i-sp2864723>
11. 1. Звіт з оцінки впливу на довкілля : «Продовження розробки кар'єру з метою видобування корисної копалини на Микитівському родовищі гранітів у Вознесенському районі Миколаївської області» реєстраційний номер 2019413267 справи про оцінку впливу на довкілля планової діяльності : Миколаїв 2019. С.7-33
12. Малиновський А.К. Автоматизований електропривод машин і шахт и рудників: Підручник. [Текст]: Недра, 2020. – 277 с.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

13. Горбатов П.А. Гірничі машини для підземного видобування вугілля: Навч.посіб. для вузів. Горбатов П.А., Петрушкін Г.В., Лисенко М.М., Павленко С.В., Косарев В.В.; Під заг.ред. П.А. Горбатова. 2-ге вид.перероб. і доп. [Текст] - Донецьк: Норд Комп'ютер, 2016. - 669с
14. Ключев В.І. Електропривод та автоматизація загальнопромислових установок. Ключев В.І., Терехов В.М. [Текст] Підручник для вузів: Київ, 2020 – 260с.
15. Анчарова Т. В. Довідник по енергозабезпеченню промислових підприємств, 2020, 624с.
16. Москаленко В.В. Електричний привід .[Текст] - 2019.-430с.
17. Башарин А.В. Приклади розрахунків. Голубев Ф.Н., Кепперман В.Г. [Текст] Энергия, 2019. – 440 с.
18. Семенченко А.К. Теоретичні основи аналізу і синтезу гірничих машин і процесу їх відновлення, як динамічних систем. В.М.Кравченко, О.Є.Шабаєв. [Текст] Донецьк: РВА ДонНТУ, 2018. – 302с
19. Бойко Н.Г. Динамика насосних станцій. -[Текст] Донецьк: РВА ДонНТУ, 2012. - 206 с.
20. Чермалих В.М. Системы электропривода и автоматики руднічних стаціонарних машин и установок. Родькин Д.І, Каневський В.В. [Текст]; Недра, 2019 – 398с.
21. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода. Навчальний посібник. Закладний О.М., Праховник А. В., Соловей О. І., [Текст] – К: Кондор.- 2005. – 408с.
22. Алієв І.І. Електротехнічний довідник. – 4-е изд., испр. [Текст] - 2001. – 384 с.
23. Чермалих О.В. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів Розрахунок та комп'ютерне моделювання систем автоматизованого електропривода. Чермалих О.В., Тишевич Б.Л., Данілін О.В. [Текст] Політехніка.- 2004-60с.
24. Данілін О.В. Моделювання електромеханічних процесів і систем. Чермалих В.М., Розен В.П. [Текст] Навч. Посіб./– К.: НТУУ «КПІ» 2007, 52 с.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

25. Сумская насосная техника. Насос ПЕ 580-185-5. [Электронный ресурс]. – 2018. Режим доступа до ресурсу: <https://sumnt.com/production/nasosy-tipa-pe/pe-580-185-5>
26. Блок В.М. Посібник к курсовому и дипломному проектуванню для електроенергетичних спеціальностей. Обушев Г.К., Паперно Л.Б. [Текст], 2020. 383 с.
27. В.А. Елісєєва, Довідник по автоматизованому електроприводу .А.В. Шинявського, 2020. – 616 с.
28. Elleriis J. Development of a Hot Water District Energy Scheme in the Copenhagen Region The Metropolitan Copenhagen Heating Transmission Company, 2002.
29. Helsinki Energy. Annual report 2001. – Helsinki: Helsinki Energy, 2002.
30. Advice on Developing an Energy Efficiency Strategy. – Brussel: Energy Charter Secretariat, 2001. – 36 p
31. Michael W. Volk. Pump Characteristics and Applications. – Washington, USA, 2014.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

## ДОДАТОК А

input P, Ptek, Pmin, Pmax, X, Alarm, Avt\_Rez;

output N1p, N2p, N1p;

if (Avt\_Rez = 1) then begin

PX=p+x;

XP=p-x;

N1p = 0;

N2p = 0;

N3p = 0;

if (Alarm = 0) then begin

if (N1\_xu01 = 1) and (N2\_xu01 = 1) and (N3\_xu02 = 0) then  
begin

if (Ptek <= XP) and (Ptek >= PX) then N1p = 0; N2p = 0;

if (Ptek < XP) and (Ptek > Pmin) then N1p = 1;

if (N1\_xp01 > 99.999) and (Ptek < XP) then N2p = 1;

if (Ptek > PX) and (Ptek < Pmax) then N1p = -1;

if (N1\_xp01 > 0.001) and (Ptek > XP) then N2p = -1;

end;

if (N1\_xu01 = 1) and (N2\_xu02 = 0) and (N3\_xu01 = 1) then  
begin

if (Ptek <= XP) and (Ptek >= PX) then N1p = 0; N2p = 0;

if (Ptek < XP) and (Ptek > Pmin) then N1p = 1

end;

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

```

if (N1_xu02 = 0) and (N2_xu01 = 1) and (N3_xu01 = 1) then
begin
if (Ptek <= XP) and (Ptek >= PX) then N2p = 0; N2p = 0;
if (Ptek < XP) and (Ptek > Pmin) then N2p = 1;
if (N2_xp01 > 99.999) and (Ptek < XP) then N3p = 1;
if (Ptek > PX) and (Ptek < Pmax) then N2p = -1;
if (N2_xp01 > 0.001) and (Ptek > XP) then N3p = -1;
end;

```

```

if (Alarm = 1) then beginN1p = 0;
N2p = 0;
N3p = 0;
if (N1_xu01 = 1) then N1_xu03 = 1;
N1_xu01 = 0; if (N2_xu01 = 1) then
N2_xu03 = 1; N2_xu01 = 0; if (N3_xu01 =
1) then N3_xu03 = 1; N3_xu01 = 0; end;
end;

```

```

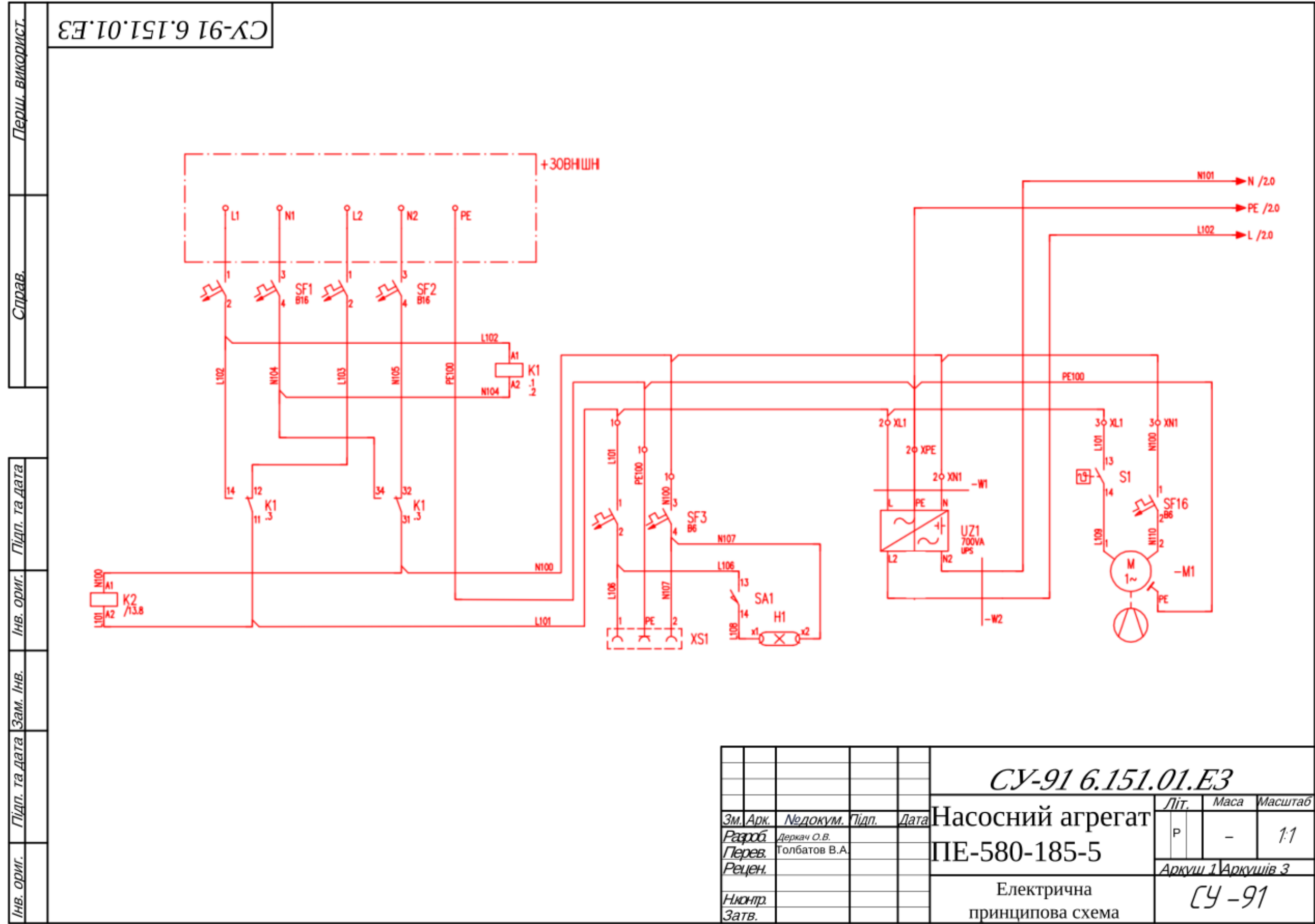
if (Alarm = 1) then beginN1p = 0;
N2p = 0;
N3p = 0;
if (N1_xu01 = 1) then N1_xu03 = 1;
N1_xu01 = 0; if (N2_xu01 = 1) then
N2_xu03 = 1; N2_xu01 = 0; if (N3_xu01 =
1) then N3_xu03 = 1; N3_xu01 = 0;
end;

```

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>67</b>



Додаток Б – Принципова електрична схема



Перш. використ.	
Справ.	
Підп. та Дата	
Інв. ориг.	
Зам. Інв.	
Підп. та дата	
Інв. ориг.	

				<b>СУ-91 6.151.01.ЕЗ</b>			
Зм. Арк.	Недокум.	Підп.	Дата	Насосний агрегат ПЕ-580-185-5	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Держач О.В.				Р	-	1:1
Перев.	Голбатов В.А.			Аркуш 1 Аркушів 3			
Рецен.				Електрична принципова схема			
Нюнтр.				<b>СУ-91</b>			
Затв.							

СУ-91 6.151.01.E3

Перш. використ.

Справ.

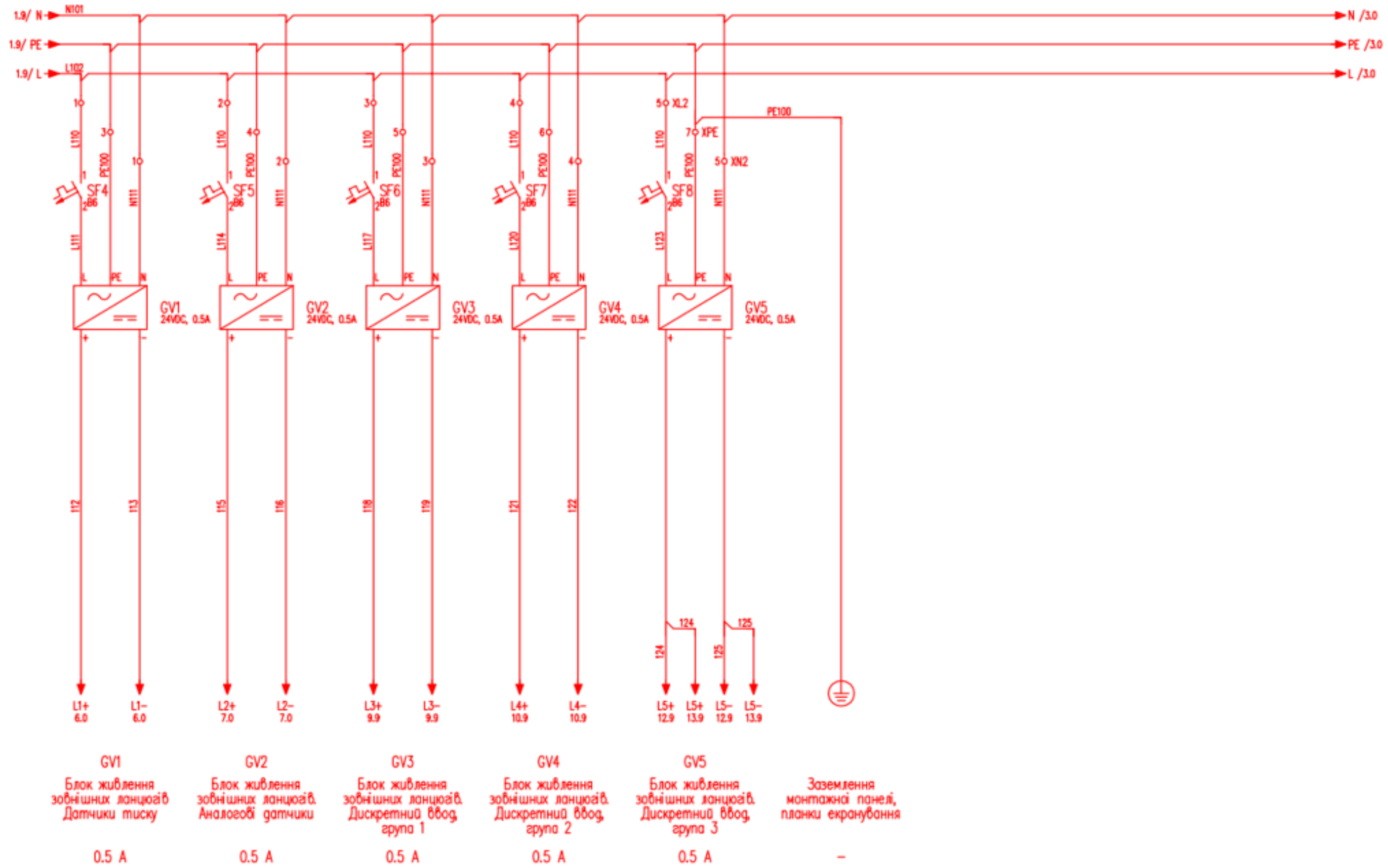
Підп. та дата

Інв. ориг.

Зам. Інв.

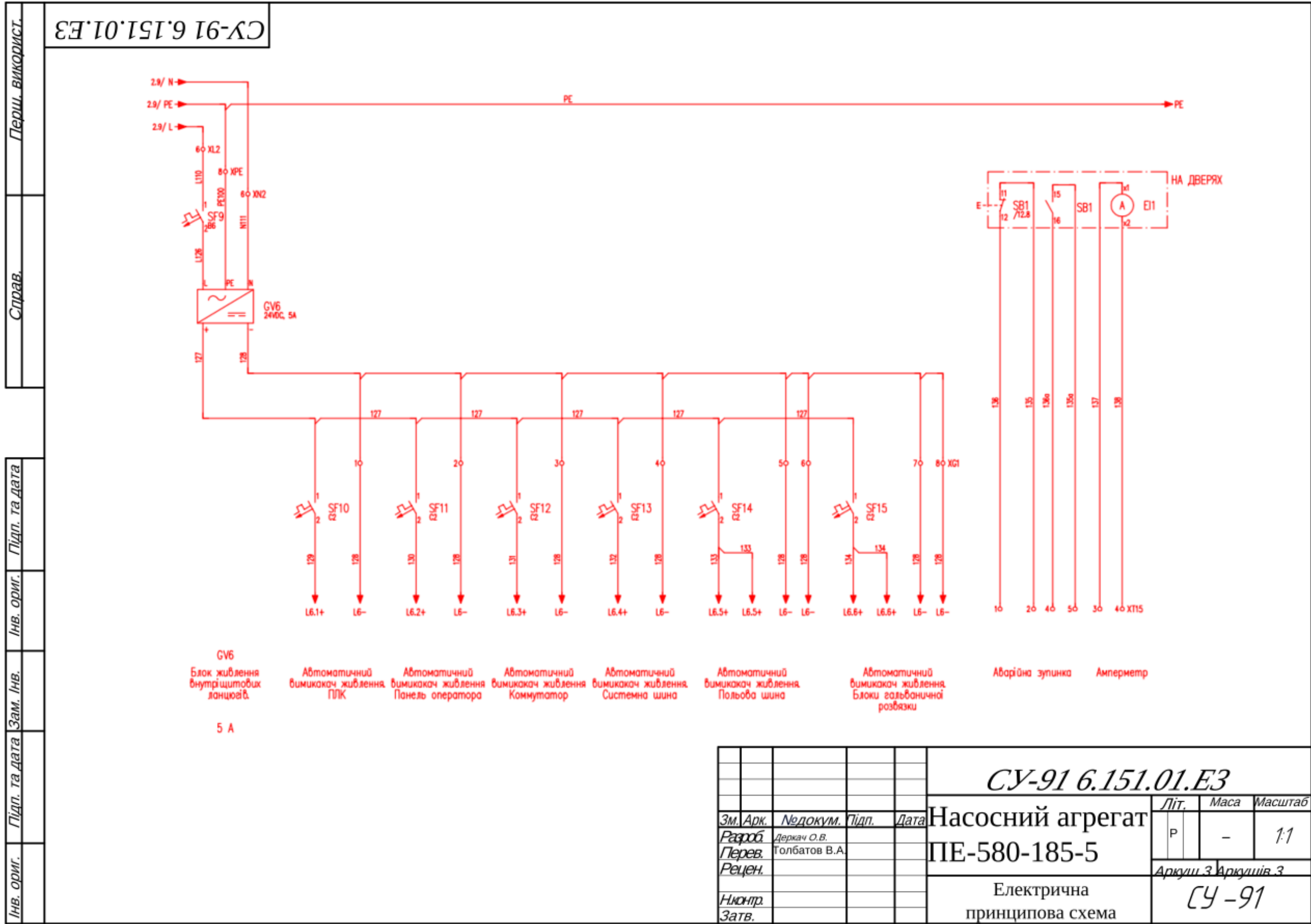
Підп. та дата

Інв. ориг.



- GV1:** Блок живлення зовнішніх ланцюгів Датчики тиску. 0.5 A
- GV2:** Блок живлення зовнішніх ланцюгів Аналогові датчики. 0.5 A
- GV3:** Блок живлення зовнішніх ланцюгів Дискретний ввід, група 1. 0.5 A
- GV4:** Блок живлення зовнішніх ланцюгів Дискретний ввід, група 2. 0.5 A
- GV5:** Блок живлення зовнішніх ланцюгів Дискретний ввід, група 3. 0.5 A
- Заземлення:** заземлення монтажної панелі, планки екранування. -

				<b>СУ-91 6.151.01.E3</b>		
				<b>Насосний агрегат</b>		
				<b>ПЕ-580-185-5</b>		
				Електрична принципова схема		
Зм. Арк.	№ док. ум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Держак О.В.			Р	-	1:1
Перев.	Голубатов В.А.			Аркуш 2 Аркушів 3		
Рецен.				СУ-91		
Нюанс.						
Затв.						



Перш. використ.

Справ.

Підп. та дата

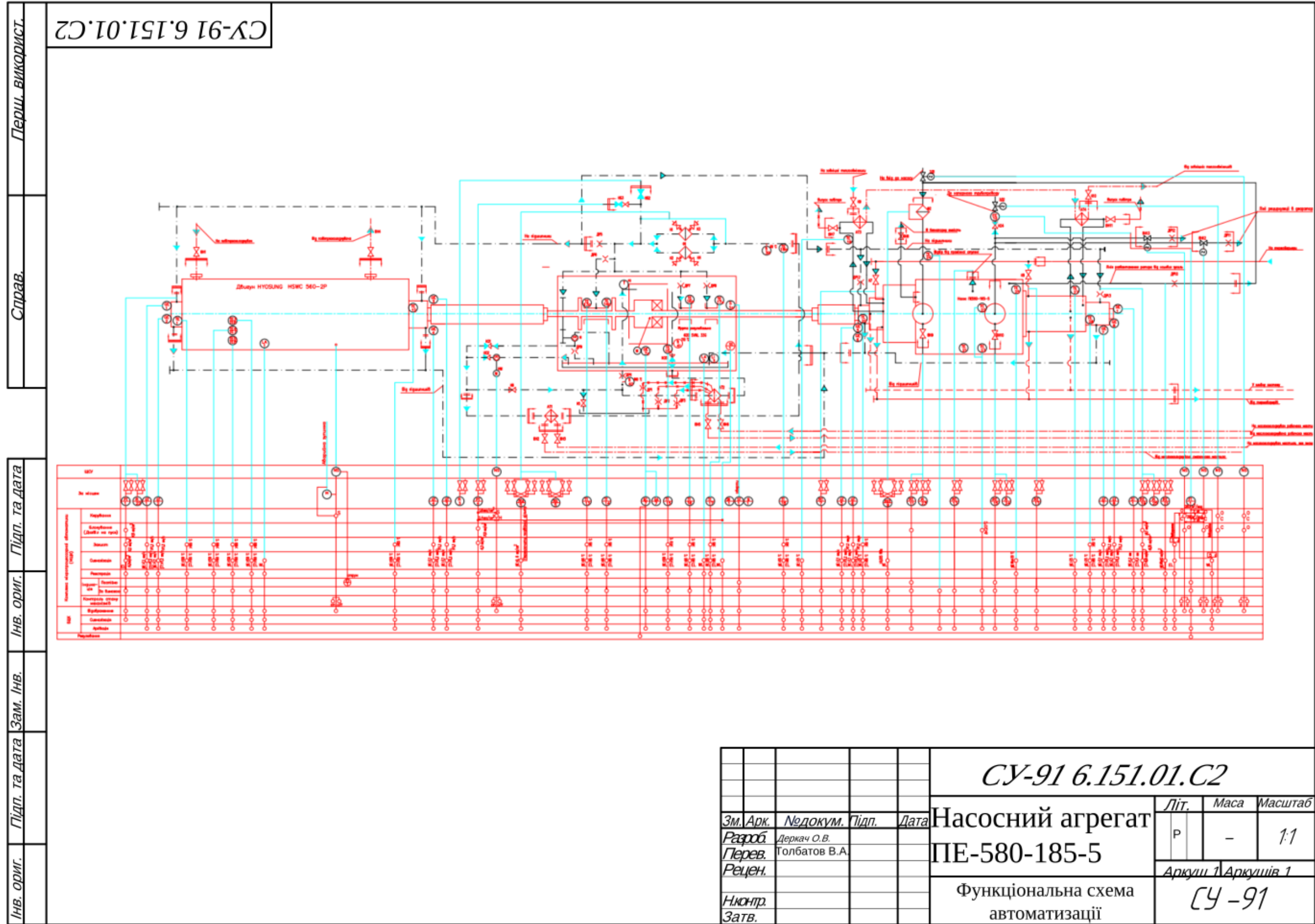
Інв. ориг.

Зам. Інв.

Підп. та дата

Інв. ориг.

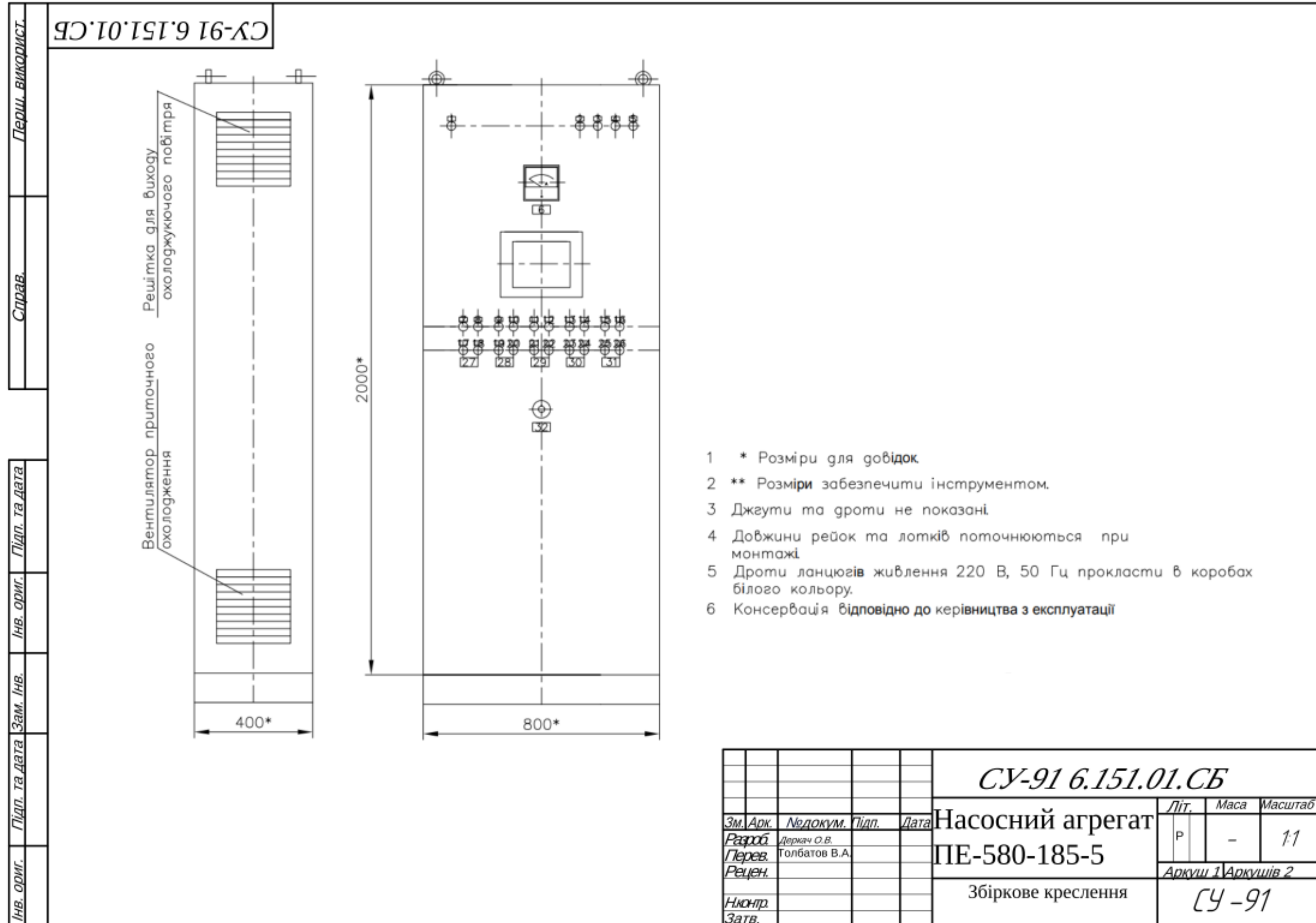
Додаток В – Функціональна схема автоматизації



Перш. використ.  
Справ.  
Підп. та дата  
Інв. ориг.  
Підп. та дата  
Зам. Інв.  
Інв. ориг.

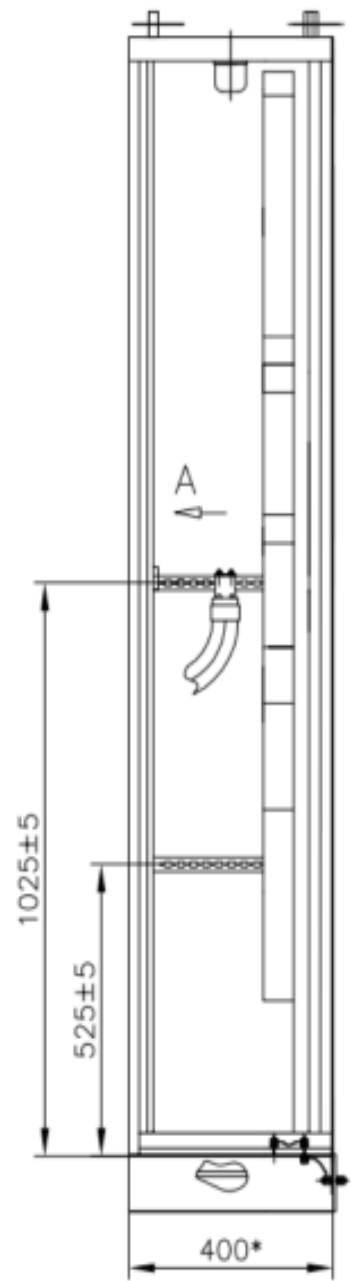
				<b>СУ-91 6.151.01.C2</b>		
				<b>Насосний агрегат</b>		
				<b>ПЕ-580-185-5</b>		
				<b>Функціональна схема автоматизації</b>		
Зм. Арк.	Недокум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Держач О.В.			Р	-	1:1
Перев.	Голбатов В.А.			Аркуш 1 Аркушів 1		
Рецен.				<b>СУ-91</b>		
Нюнтр.						
Затв.						

## Додаток Г – Збіркове креслення

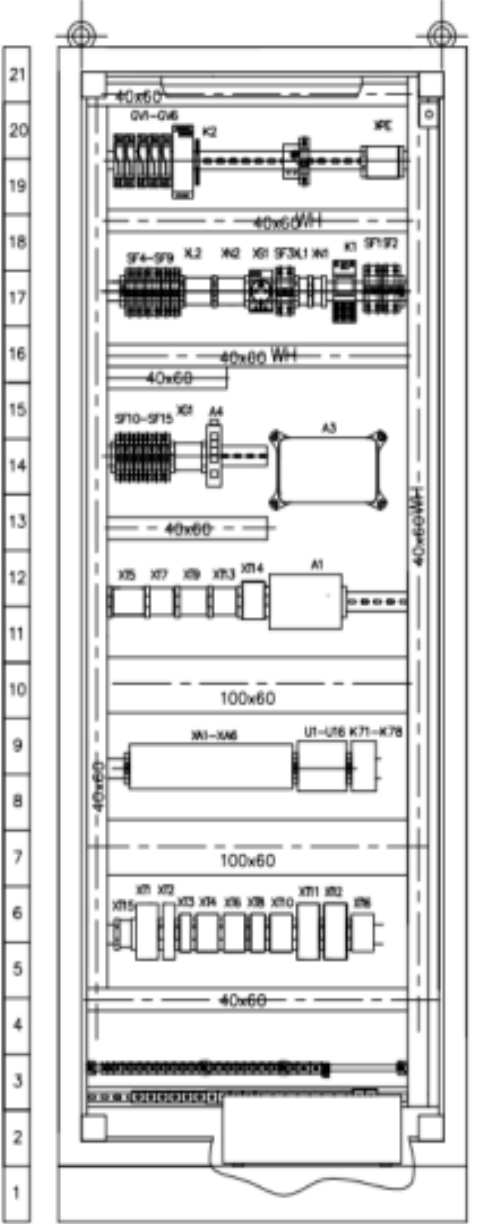


Перш. використ.	<b>СУ-91 6.151.01.СБ</b>			
Справ.				
Підп. та дата				
Інв. ориг.				
Зам. Інв.				
Підп. та дата				
Інв. ориг.				

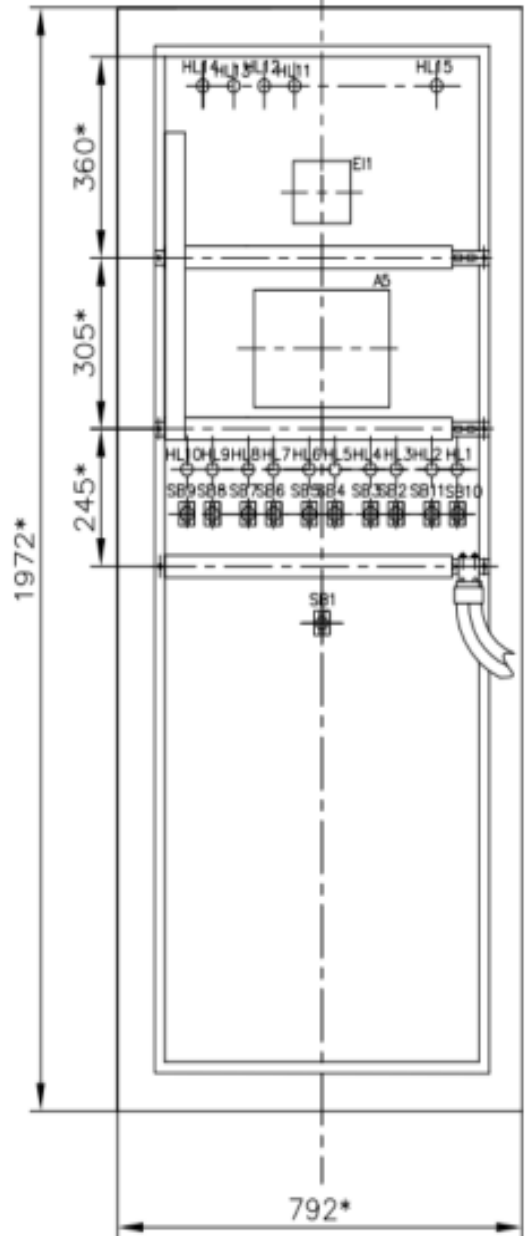
Бокова стінка шафи не показана



Двері шафи та ґрунти не показані



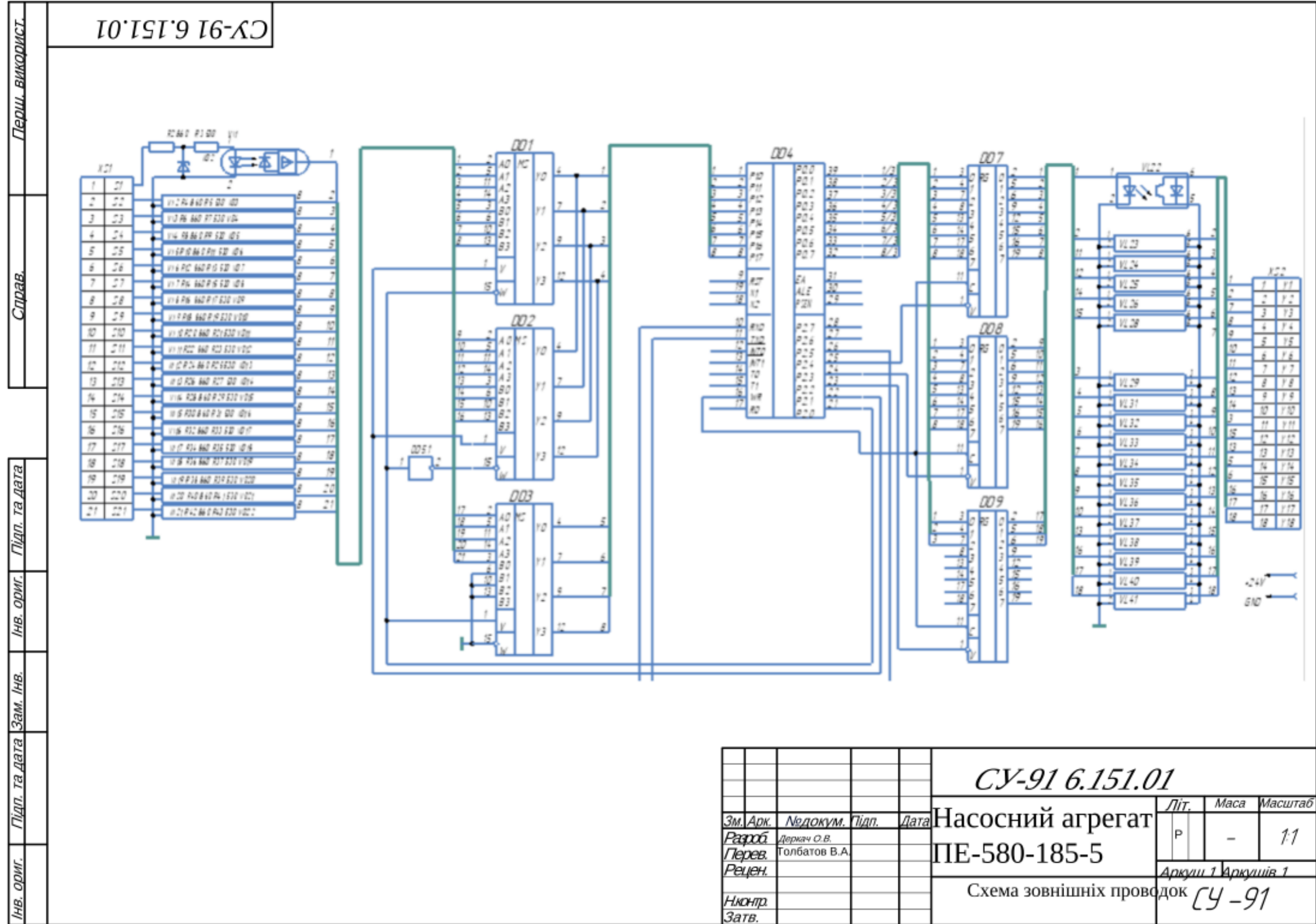
A



				<b>СУ-91 6.151.01.СБ</b>		
				<b>Насосний агрегат</b>		
				<b>ПЕ-580-185-5</b>		
				Збиркове креслення		
Зм. Арк.	Недокум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Держач О.В.			Р	-	1:1
Перев.	Голбатов В.А.			Аркуш 2 Аркушів 2		
Рецен.				<b>СУ-91</b>		
Нюанс.						
Затв.						



Додаток Д – Схема зовнішніх проводок



<b>СУ-91.6.151.01</b>				<b>Насосний агрегат</b>	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	Недокум.	Підп.	Дата	PE-580-185-5	P	-	1:1
Розроб.	Держак О.В.			Схема зовнішніх проводок <b>СУ-91</b>			
Перев.	Голубатов В.А.						
Рецен.				Аркуш 1 Аркушів 1			
Нюанс.							
Затв.							