

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

_____ Андрій Форсюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

«05» червня 2023 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

«05» червня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
(код та назва спеціальності)
технології»

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія
в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу очищення стічних вод

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2

_____ Шобей Павло Васильович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Полунан Володимир Володимирович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Сергій Грибков _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

«03» квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шобєю Павлу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації очищення стічних вод

керівник роботи к.т.н., доц.. Полупан Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. №204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного

контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 03 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Шобей П.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Полупан В.В.

_____ (підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розгляднута розробка системи автоматизації процесу очищення стічних вод.

В кваліфікаційній роботі показано опис технологічного процесу, схема автоматизації, завдання на систему автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – поплавкового датчика рівня ПДУ-И, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом очищення стічних вод. Програма розроблена для ПЛК М340 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA2018 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: очищення, вода, М340, ПДУ-И.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Anotation

The present qualification work addresses the development of an automation system for the process of wastewater treatment. The qualification work provides a description of the technological process, automation scheme, tasks for the automation system, specification of technical automation devices, installation scheme of the float level sensor PDU-I, connection diagrams of sensors and actuators to the PLC, and extended connection schemes of the technical device.

An algorithm and program for controlling the wastewater treatment process have been developed. The program is designed for the Schneider Electric M340 PLC. The SCADA interface for the technological process is developed using Citect SCADA 2018 software, and the display schematic is presented in the appendix.

Keywords: wastewater treatment, water, M340, PDU-I.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1. 1. Технологічний опис об'єкта.....	9
1. 2. Розробка завдання на систему автоматизації	12
Розділ 2. Система автоматизації.....	13
2. 1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО	13
2. 2. Схема автоматизації.....	23
2. 3. Специфікація приладів та засобів автоматизації	25
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	26
3. 1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	26
3. 2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	29
3. 3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	30
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу	33
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	37
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	43
6. 1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI	44
6. 2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	44
Висновки	45
Список використаної літератури	46

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Автоматизація виробництва – використання технічних засобів, систем управління і економіко–математичних методів, що звільняють людину від функцій керування, залишаючи людині функції контролю та прийняття рішень.

Автоматизація продовжує бути головною задачею промислового виробництва, соціальної сфери в різні періоди економічного розвитку сучасного суспільства. Автоматизація стає все більш поширеніша, з'являються більш широкі поняття, включаючи в себе поставлені нові задачі наукового і технічного розвитку: комп'ютеризацію, роботизацію та інші спеціальні галузі науки. Але основне її призначення зі змістом залишається незмінним – полегшення або абсолютна заміна важкої фізичної праці людини засобами автоматизації.

Не існує галузі промисловості, в якій не було б потреби використання АСКТП. Із основних переваг АСКТП є зниження (до повного позбавлення) впливу людського фактору на процес, скорочення персоналу, зменшення та мінімізація витрати сировини, покращення якості вихідної продукції і суттєве підвищення ефективності виробництва. Основними функціями таких систем є керування і обмін даними, обробка, накопичення і зберігання інформації, контроль, формування сигналізації, побудова графіків та звітів.

Постійне поширення сфери автоматизації є однією з головних особливостей промисловості на даному етапі.

Автоматизація залишається однією з головних задач промислового виробництва і соціальної сфери в різні періоди економічного розвитку сучасного суспільства. З часом автоматизація стає все більш широким поняттям, включаючи в себе деякі нові завдання свого наукового і технічного розвитку: комп'ютеризацію, роботизацію та інші спеціальні галузі науки. Однак зміст і основне її призначення залишається незмінним – полегшення або повна заміна важкої фізичної праці людини засобами автоматизації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того щоб покращити санітарно - гігієнічні норми праці та зберегти довкілля було вирішено розробити кваліфікаційну роботу для керування процесом очищення стічних вод

Під час технічних процесів утворюються стічні води. Для їх очищення використовують спеціальні установки очистки. Очистка стічних вод дозволяє отримати очищену воду яку можна використати в інших цілях а також осад для утилізації .

Процес бродіння відіграє важливу роль в технологічному процесі виготовлення ігристого сидру. Оскільки від самого процесу бродіння буде залежати якість отриманого ігристого сидру

Процес очищення стічних вод відіграє важливу роль в технологічному процесі. Оскільки від самого процесу очищення буде залежати стан довколишнього середовища.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Стічна вода — вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

В залежності від походження та складу забруднювальних речовин (домішок) стічні води поділяються на чотири основні категорії: господарсько-побутові, промислові (виробничі), сільськогосподарські та дощові стічні води, що стікають з території виробничих об'єктів та населених пунктів у результаті випадання атмосферних опадів чи поливання вулиць. Як правило, С.в. з територій виробничих об'єктів та населених пунктів видаляються системами каналізації. Стічні води забруднені різними домішками — мінеральними, органічними, а також містять патогенні (хвороботворні) мікроорганізми.

Стічні води вважаються очищеними, якщо вони задовольняють такі вимоги:

- Біохімічне споживання кисню не перевищує 50 мг/л
- Відсутні плаваючі органічні забруднювальні речовини;
- Вміст завислих частинок не перевищує 60 мг/л;
- Вміст нафти (конденсату) при екстрагуванні ефіром не перевищує 5 мг/л
- Кольоровість — понад 20 одиниць (за платинокобальтовою шкалою)
- Водневий показник рН = 6-9

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Шобей П.В.			Розробка системи автоматизації очищення стічних вод	9	4
Перевір.		Полупан В.В.					
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.					
Секретар		Проскурка Є.С.					

Промислові стічні води — утворюються в результаті використання води в технологічних процесах на промислових підприємствах або видобутку корисних копалин, відводяться через систему промислової або загальносправної каналізації. Найбільш характерними і небезпечними забруднюючими речовинами промислових стічних вод є екстрагуючі речовини (переважно нафтопродукти), феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, органічні речовини з тривалим терміном розкладання, в тому числі різні пестициди. Виділяють забруднені та умовно чисті промислові стічні води. Прикладом умовно чистих стічних вод може бути вода, що використовувалась для охолодження в теплообмінних апаратах.

Під час технічних процесів утворюються стічні води. Для їх очищення використовують спеціальні установки очистки. Очистка стічних вод дозволяє отримати очищену воду яку можна використати в інших цілях а також осад для утилізації .

Один з найпопулярніших методів очищення стічних вод відстоювання та фільтрування. Ці методи застосовують у гірничій промисловості у зв'язку з тим, що води підприємств зазвичай забруднені продуктами дезінтеграції руди і вмісних порід, а нафтовидобувних підприємств — нафтопродуктами.

Стічні води із водозбірних колекторів через трубопровід, поступають у відстійник усереднювач, коли відстійник буде заповнений, відкривається клапан ПДУ-И і вмикається мотор для перекачки води в піщаний фільтр, витрата вимірюється витратоміром РЕМ-1000. Відфільтрована вода через трубопровід подається в резервуар очищеної води, Коли рівень буде максимальним , частина води звідки виходить в розподільник води через клапан ПДУ-И, що також вимірюється витратоміром РЕМ-1000, а менша частина через крапан ПДУ-И подається на промивку фільтра.

Схема очищення стічних вод зображено на рисунку 1.1.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

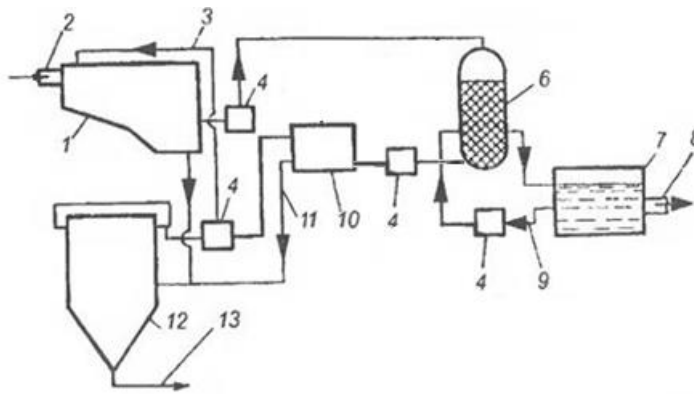


Рисунок 1.1 – очищення стічних вод

1 – Відстійник усереднювач; 2, 3, 8, 9, 11; 13 – трубопроводи; 4 – насос;
6 – фільтр; 7 – ємність; 10 – резервуар; 12 – ущільнювач.

Після промивки фільтра промивна вода насосом закачується в промивний резервуар до максимального рівня. Після його досягнення наступним насосом закачується в відстійник і ущільнювач для їхньої промивки і виведення осаду на утилізацію

Осадок накопичений в усереднювачу, подається через клапан в ущільнювач, коли рівень буде максимальний, відкривається кларан ПДУ-И. Відфільтрована вода подається в резервуар промивної води до досягнення верхнього рівня. Коли рівень буде максимальний відкривається клапан і виводиться осад.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Відстійник	Облік витрати води	1000л/год.	Управління	стан	Вплив на клапан подачі води,	
		рівень	95%	Управління	стан	Вплив на і насос М1	
2	Резервуар очисної води	рівень води	95%	Управління	стан	Вплив на і насос М2	
	Резервуар	рівень води	90%	Управління	стан	Вплив на і насос М3,М4	
	Ущільнювач	Облік відходів	300л/год.	Управління	Стан	Вплив на клапан набору в ємність	
		Рівень в ємності	100%	Управління	стан	Вплив на клапан зливу осаду	

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Вимір рівня

Для виміру рівня води в резервуарах використовуються поплавковий датчик рівня ПДУ-И (рис. 2.1)



Рис. 2.1. - поплавковий датчик рівня ПДУ-И

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шобей П.В.			Розробка системи автоматизації очищення стічних вод	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Полупан В.В.					13	13
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секретар		Проскурка Є.С.						

Принцип дії поплавкового методу ґрунтується на механічному переміщенні поплавка з постійним магнітом уздовж штока, в якому розміщений геркон. У разі досягнення магнітом заданого рівня відбувається замикання герконового контакту, і на виході пристрою формується відповідний сигнал.[6]

Технічні характеристики:

- Схема підмикання: дводротова
- Рід живильного струму: постійний
- Напруга живлення, В: 12...36
- Вихідний сигнал, мА: 4...20
- Споживана потужність, Вт,: не більше 1
- Опір навантаження, Ом, не більше: визначається за формулою: $(U - 8) \cdot 50$, де U – напруга живлення, В

Метрологічні характеристики:

- Діапазон вимірювань рівня, мм: від 0 до 250...4000 (залежно від виконання)
- Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм: 10 або 5 (залежно від виконання)

Конструктивні параметри:

- Розташування осі монтажного отвору датчика у резервуарі: Вертикально
- Типорозмір приєднувальної різі (для датчика з нарізним приєднанням) :G2
- Розмір «під ключ» (для датчика з нарізним приєднанням), мм: 36
- Діаметр зовнішньої оболонки з'єднувального кабелю, мм: 4...8
- Перетин з'єднувальних дротів, мм²: 0,2...2

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- Матеріал робочої частини датчика: Сталь 12Х18Н10Т (шток) і AISI 316 (поплавок)

Ступінь захисту за ГОСТ 14254: IP65[7]

Умови експлуатування:

- Температура навколишнього середовища: від мінус 40 до +85 °С;
- Температура робочого середовища: від мінус 55 до +125 °С;
- Тиск контрольованого середовища:
 - не більше 2 МПа - для датчиків із нарізним та фланцевим приєднанням;
 - не більше 1 МПа - для датчиків із приєднанням CLAMP;
- Густина робочого середовища: не менше 0,65 г/см³;
- Робоче середовище повинно бути неагресивним щодо матеріалів датчика.[7]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Вимірювання витрати

Для виміру витрати води в трубопроводах використовуються електромагнітний витратомір PEM-1000 (рис. 2.2)



Рис. 2.2. - електромагнітний витратомір PEM-1000

Принципова схема витратоміра електромагнітного типу показана на рисунку 2.3. У стінки патрубка діаметрально протилежно в одному поперечному перерізі введені електроди 1. До електродів підключено високочутливий електровимірювальний прилад, шкала якого проградуєрована в одиницях швидкості або одиницях витрати. Патрубок, що вмонтований у трубопровід, по якому рухається електромагнітна рідина розміщений у магнітному полі, що створюється котушками індуктивності (індукторами) [8]

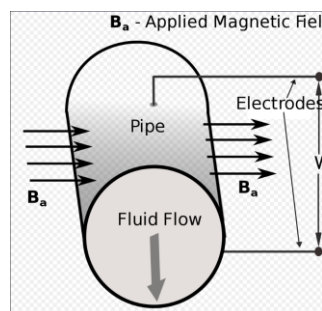


Рис. 2.3. - Принцип роботи витратоміра електромагнітного

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Електромагнітний витратомір РЕМ-1000 призначений для вимірювання об'ємних витрат електропровідних рідин. Витратомір може вимірювати витрату та об'єм рідини, що пройшла через нього, як у прямому, так і у зворотному напрямку. Для отримання достовірних результатів вимірювань потрібно, щоб середовище, що вимірюється, повністю заповнювало трубу.

Витратомір не містить внутрішніх елементів, що виступають, завдяки цьому гідравлічні втрати на приладі мінімальні. Витратомір може застосовуватися для вимірювання витрати в'язких рідин, емульсій, різних хімічних розчинів, у тому числі агресивних тощо[8]

Галузь застосування:

- Підприємства водопостачання (вимірювання питної води та стічних вод);
- Хімічна, текстильна, гірничо-промисловість;
- Харчова промисловість;
- Енергетика та теплопостачання.[10]

Клас захисту

Пристрій має клас захисту I, якщо витратомір підключений до захисного заземлення через клему для підключення заземлення. Вимірювальні ланцюги (до перетворювача) відокремлені від небезпечної напруги посиленою ізоляцією відповідно до вимог EN 61010-1.[10]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Електромагнітні кларпани

Для регулювання подачі води по трубопроводам застосовується електромагнітні клапани СЕМЕ 8615 (рис. 2.4)



Рис. 2.4. – електромагнітний клапан СЕМЕ 8615

Принцип дії електромагнітного (соленоїдного) клапану:

Клапан оснащений соленоїдом, який представляє собою електричну котушку з рухомим феромагнітним сердечником в центрі. Це ядро називається плунжером. У положенні спокою плунжер закриває невеликий отвір. Електричний струм через котушку створює магнітне поле. Магнітне поле діє на плунжер, в результаті чого він тягне до центру котушки так, що отвір відкривається. Це основний принцип, який використовується для відкриття і закриття електромагнітних клапанів.[10]

Технічні характеристики:

– Робочі параметри

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Дія: серво-керування
- Виконання: нормально закритий
- Робоче середовище: вода, масло
- Пропускна здатність Kv: 5.7 м³/год
- Мінімальний диференціал тиску: 0,3 бар
- Максимальний диференціал тиску: 10 бар
- Технічні дані
- Струм: змінний
- Напруга: 230 вольт
- Кількість фаз: одна фаза
- Матеріали
- Ущільнення: NBR
- Розміри
- Розмір різьби: 3/4"
- Прохід: 20 мм
- Додаткова інформація
- Виробник: SEME
- Країна-виробник товару: Італія
- Категорія: Електромагнітні клапани

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для керування насосами було використано частотні перетворювачі N700V–150HF (рис. 2.4)



- захист: ip20;
- потужність двигуна, не більше (кВт)15;
- номінальний струм двигуна, не більше (А)32;
- номінальна вхідна напруга 3–фази 380–480В ($\pm 10\%$) 50/60 Гц;
- вибір напруги живлення двигуна (В): встановлюється пропорційно напрузі мережі – 380/400/415/440/460/480 В, заводська установка 440В;
- номінальна вихідна напруга (В): 3–фази 380–480В (Відповідає вхідній напрузі);
- діапазон вихідних частот (Гц): 0,1 – 400 Гц;
- точність частоти: цифрова установка: $\pm 0.01\%$ від максимальної частоти, аналогова: $\pm 0.2\%$ ($25 \pm 10^\circ\text{C}$);
- дозвіл по частоті: цифрова установка: 0.01 ГЦ, Аналогова установка: макс. частота / 4,000;
- метод управління: шім система модуляції просторового вектора;
- характеристика напруга / частота: вольт. / частотне управління (постійний крутний момент, знижений крутний момент), вільне вольт / частотне управління, вільне управління напруга / частота, безсенсорний векторний контроль;
- цифровий інтерфейс / протокол: порт RS485 / Modbus;
- перевантажувальна здатність: 150% / 60 сек;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- пусковий крутний момент: 200% при 0,5 Гц;

Для регулювання частоти був застосований частотний перетворювач N700V–150HF. Кваліфікаційною роботою було запропоновано замінити його на LenzeESMD112L4TXАпо причині невдалої експлуатації. Універсальний перетворювач частоти з поліпшеним векторним керуванням, що забезпечує динамічні характеристики.[11]

Для приведення в дію насосів потрібен двигун. Розглянемо два типи електродвигунів АИС 71 А6 та АИР 200 М2.

ЕлектродвигунАИС 71[12] зображено на рисунку 2.16.



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд електродвигуна АИС 71.

Технічні характеристики:

- тип двигуна: трифазний 380в;
- потужність двигуна: 0.18 кВт;
- обороти двигуна: 1000 об / хв;
- вхідна напруга: 220 / 380в;
- висота до центру вала: 71 мм;
- діаметр вала: 14 мм;
- діаметр р фланця в5: 160 мм;
- діаметр м фланця в5: 130 мм;
- режим роботи: s1 постійний;
- ступінь захисту: ір55;
- клас ізоляції: f до 155 ° c;
- метод охолодження: іс411.

Електродвигун асинхронний АИР 200 М2[13] зображено на рисунку 2.17.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд електродвигуна АІР 200 М2

Технічні характеристики АІР 200 М2:

- розмір (висота осі обертання), мм: 200;
 - діаметр вала, мм: 55;
 - напруга, в: 220/380; 0.38 кв;
 - номінальний струм 71;
 - фазність: 3 фазний;
 - частота струму, 50 гц;
 - потужність 37 квт;
 - швидкість обертання, об. / мін 3000;
 - n, об. / хв: 2940;
 - клас захисту пристрою: ір 54;
 - ккд,% 91,2;
 - коефіцієнт потужності, cosφ: 0,89;
 - споживаний номінальний струм, ін (а): 71;
 - ставлення пускового струму до номінальна, іпуск / ін: 7,1;
 - отнош. макс. оберт-го моменту сили до ном., mmax / мн: 2,4;
 - отнош. пуск. оберт-го моменту сили до ном., mпуск / мн: 2,1
- маса, кг: 247.

Дані виконавчі механізми не підлягають заміні і повністю задовольняють технологічний процес.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації процесу очищення стічних вод представлено очищення води від осаду за допомогою фільтра і відстійного усереднювача, вивід осаду виконується за допомогою ущільнювача.

Забруднена вода поступає в відстійник усереднювач, до максимального рівня. Рівень вимірюється за допомогою поплавкового датчика рівня ПДУ-И (поз. 1а,). Від нього уніфікований сигнал з технологічного об'єкта поступає до ПЛК. Вихідні сигнали від ПЛК 4-20 мА подаються на електро клапани СЕМЕ 8615(поз. 1б,). що регулюють подачу води в фільтр. Витрата води вимірюється витратоміром PEM-1000(поз. 2а,), сигнал на який приходить з ПЛК Вода перекачується насосом М1 сигнал з якого перелаяється на частотний перетворювач LenzeESMD112L4TXA(поз. 1в,).

Відстояна вода подається через фільтр по трубопроводу в резервуар резервуар очищеної води. Рівень очищеної води вимірюється за допомогою поплавкового датчика рівня ПДУ-И (поз. 3а,). Від нього уніфікований сигнал з технологічного об'єкта поступає до ПЛК. Вихідні сигнали від ПЛК 4-20 мА подаються на електро клапани СЕМЕ 8615(поз. 3б,3в,3г,). Залежно від рівня відбувається управління двигунами М2 на трубопроводі за допомогою частотного перетворювача LenzeESMD112L4TXA.

Вода з фільтра подається в резервуар насосом М4 що підключений через частотний перетворювач N700V–150HF(поз. 4в). до максимального рівня що вимірюється поплавковим датчиком рівня ПДУ-И (поз. 4а). Сигнали управління клапанами СЕМЕ 8615(поз. 4б,4д,4є,) надходять з дискретного модуля виходів ПЛК. Також вся інформація про управління клапанами надходить до ПК, де відображається та сигналізується.

Осадок накопичений в усереднювачу, подається через клапан СЕМЕ 8615(поз. 1г,) в ущільнювач, коли рівень буде максимальний, що вимірюється поплавковим датчиком рівня ПДУ-И(поз. 5а,) відкривається клапан СЕМЕ

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

8615(поз. 5б,) сигнал на який подається з дискретного модуля вихідних сигналів ПДК і виводиться осад, витрата вимірюється витратоміром РЕМ-1000(поз. 6а).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/ п	№ поз. за схе- мою	Місце вста- новле- ння	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К- сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а, 3а-5а	по місцю	Поплавковий датчик рівня, з уніфікованим вихідним сигналом 4- 20мА, А, напруга живлення 24 DC,	ПДУ-И	4	Owen, Україна
2	1б,1г,3б, 3в,3г,4б, 4д,4е	по місцю	Електромагнітний клапан 2-х ходовий, напруга живлення 24 В. Діаметр умовного проходу: 50 мм.	СЕМЕ 8615	8	СЕМЕ Італія
3	2а,6а	по місцю	Електромагнітний витратомір РЕМ-1000 з вихідний сигналом 4- 20мА	РЕМ- 1000	2	РЕМ Україна
4	1в,3д,4в, 4г	На щиті	Частоти перетво-рювачі, N700V150HF уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА	N700V -150HF	2	Hyundai, Пів- денна Корея

Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Документація на замовлення промислового логічного контролера (ПЛК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки у щитових конструкціях розміщується як сам ПЛК так і його блоки живлення. ПЛК регулює датчиками, виконавчими механізмами, які використовуються в очистці стічних вод.

Система автоматизації процесу очищення стічних вод виконана на ПЛК М340 компанії Schneider Electric.

Модулі для ПЛК М340 представлено в таблиці 3.1 та їх компонування наведено на рис. 3.1.

Основне що потрібно при замовленні ПЛК є замовна специфікація в якій вказується моделі, тобто опис кількості модулів. [14]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шобей П.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації очищення стічних вод</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Полупан В.В.</i>					26	7
<i>Зав.кафедр</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
<i>Секретар</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Таблиця 3.1. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340.
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX AMI 0810	1	Модуль аналогових входів (8 входів)
BMX DDO 1602	1	Модуль дискретних виходів (16 виходів)
BMX AMO 0410	1	Модуль аналогових виходів (4 виходи)

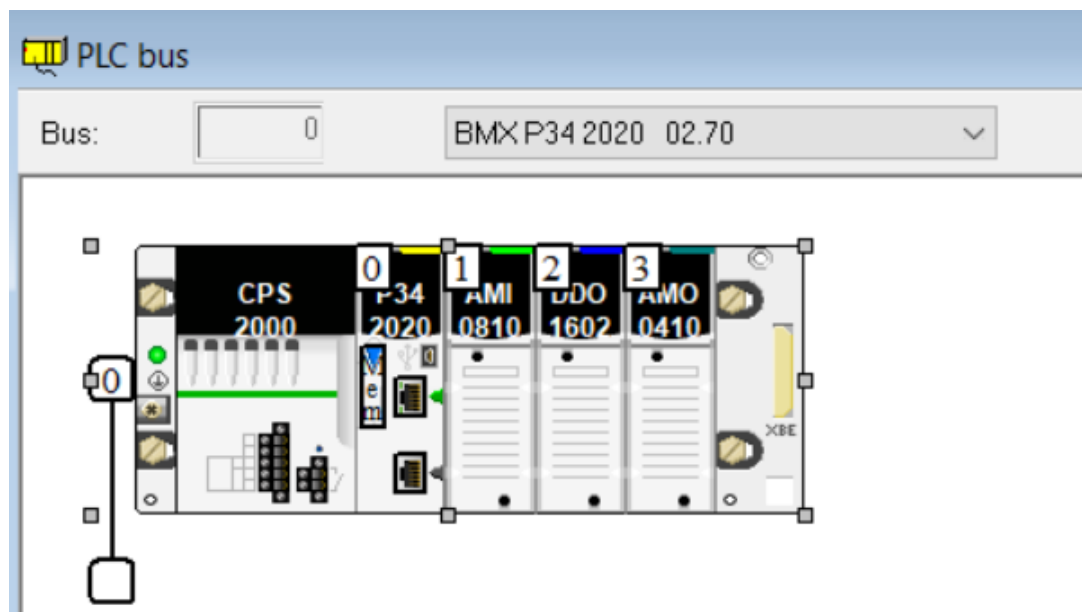


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК М340.

Дискретні виходи.

В даному проекті використовуються електричні клапани для подачі води про трубопроводі. Сигнал до клапана надходить від модуля BMX DDO

1602 0В чи 24В постійної напруги в залежності від написаної програми відкриває чи закриває клапани подачі води.

Аналогові входи.

В даному проекті використовуються поплавкові датчики рівня та електровитратоміри з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля ВМХ АМІ 0810. За допомогою написаної програми виробляється управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля ВМХ АМІ 0810.

Аналогові виходи.

В даному проекті використовуються насоси що підключені через частотні перетворювачі. Уніфіковані аналогові сигнали 4-20 мА від модуля ВМХ АМО 0410 подаються частотні перетворювачі для управління ними.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової електричної схеми живлення були використані наступні компоненти:

- пакетні вимикачі QF1-QF7 –7 шт., для вмикання та вимикання певних гілок з технічними засобами в системі автоматизації;
- перетворювач напруги або блок живлення (БЖ1-БЖ2) для перетворення змінної напруги 220 В в постійну напругу 24 В для живлення датчиків та електропневматичних перетворювачів.

В принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація провідників в яких протікає змінний струм починалася з 800 (800-835);
- нумерація провідників в яких протікає постійний струм починалася з 900 (900-903);
- нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК починалася з 100 (100-105);
- нумерація провідників в яких проходить сигнал управління від ПЛК до електричних клапанів починалася з 200 (200-215).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання подачі не очищеної води

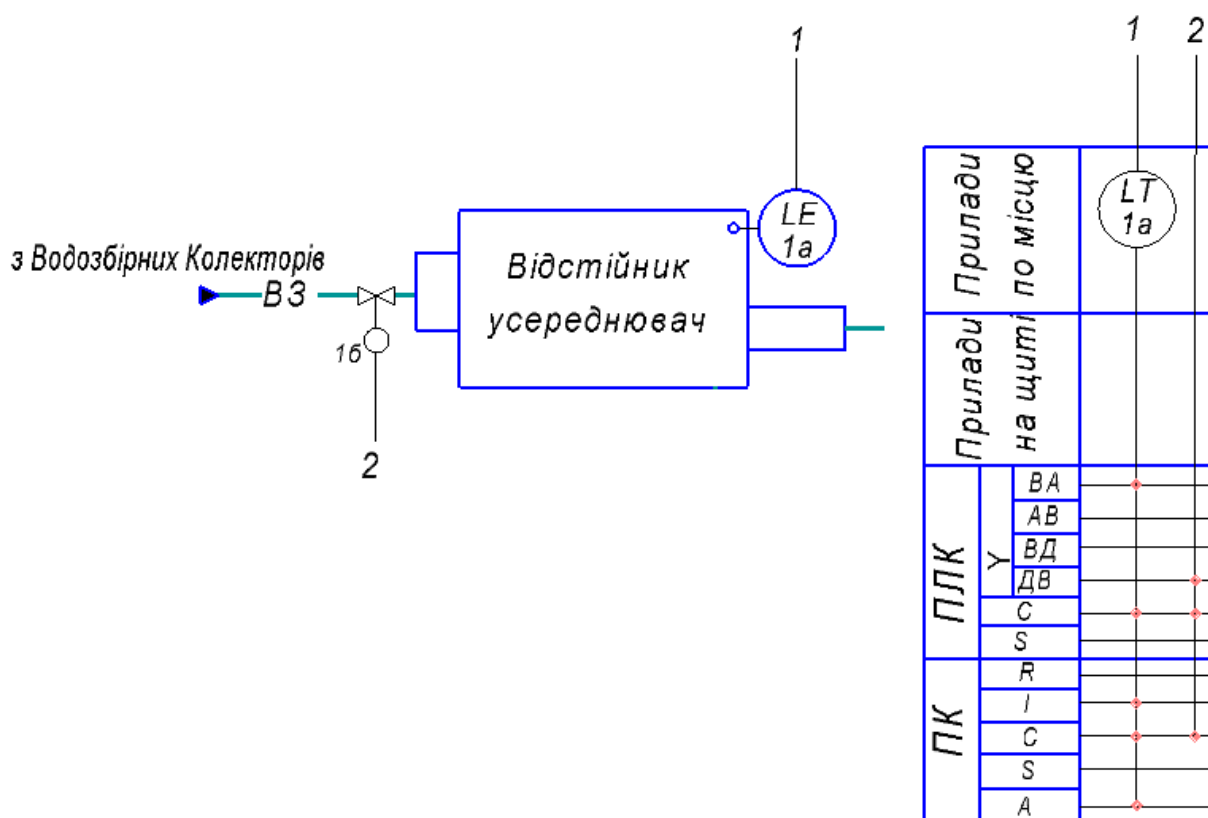


Рис. 3.2. Фрагмент схеми автоматизації контуру очищення стічних вод.

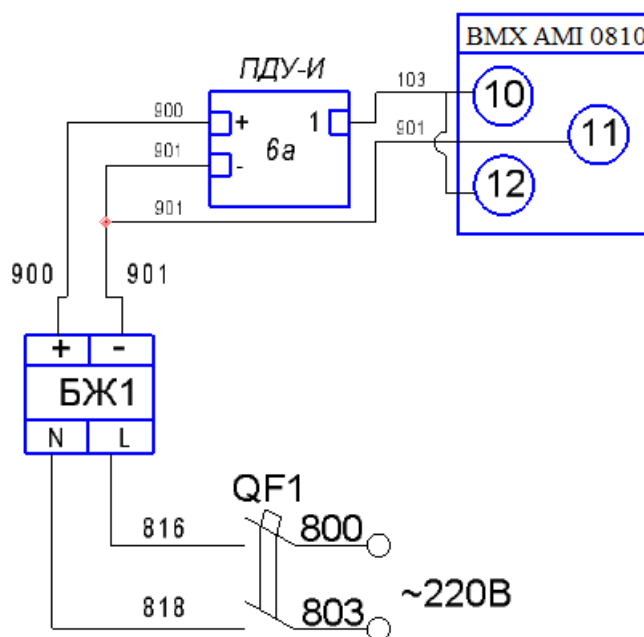


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення поплавкового датчика рівня до модуля BMX AMI 0810.

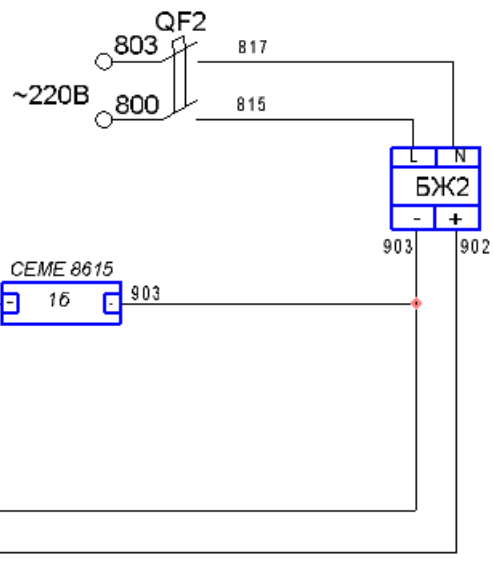


Рис. 3.4. Принципова розширена схема підключення CEME 8615 до модуля BMX DDO 1602

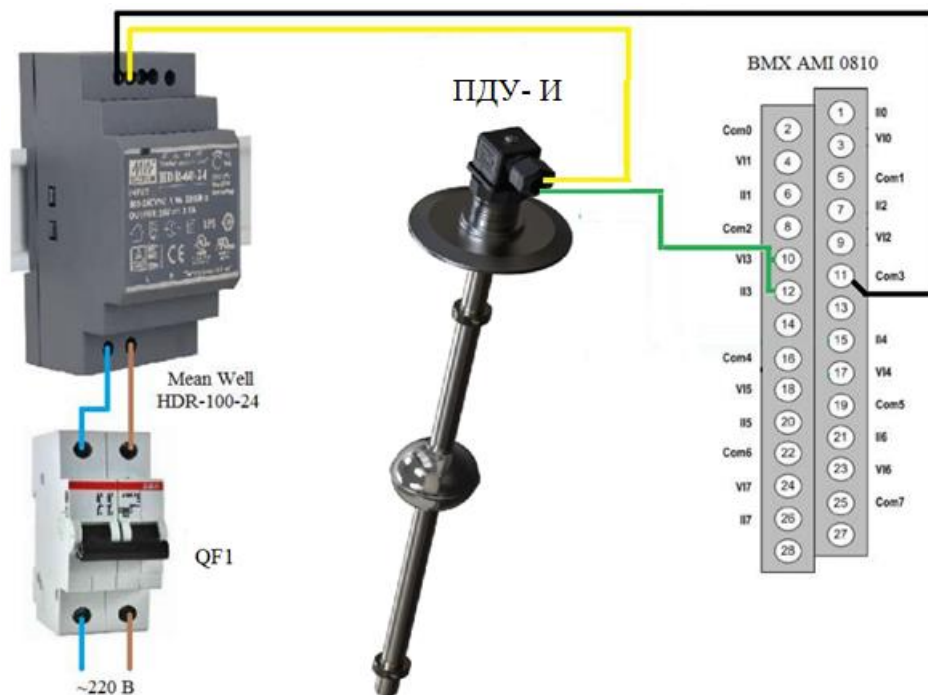


Рис. 3.5. Графічна схема підключення поплавкового датчика рівня ПДУ-И до модуля BMX AMI 0810.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

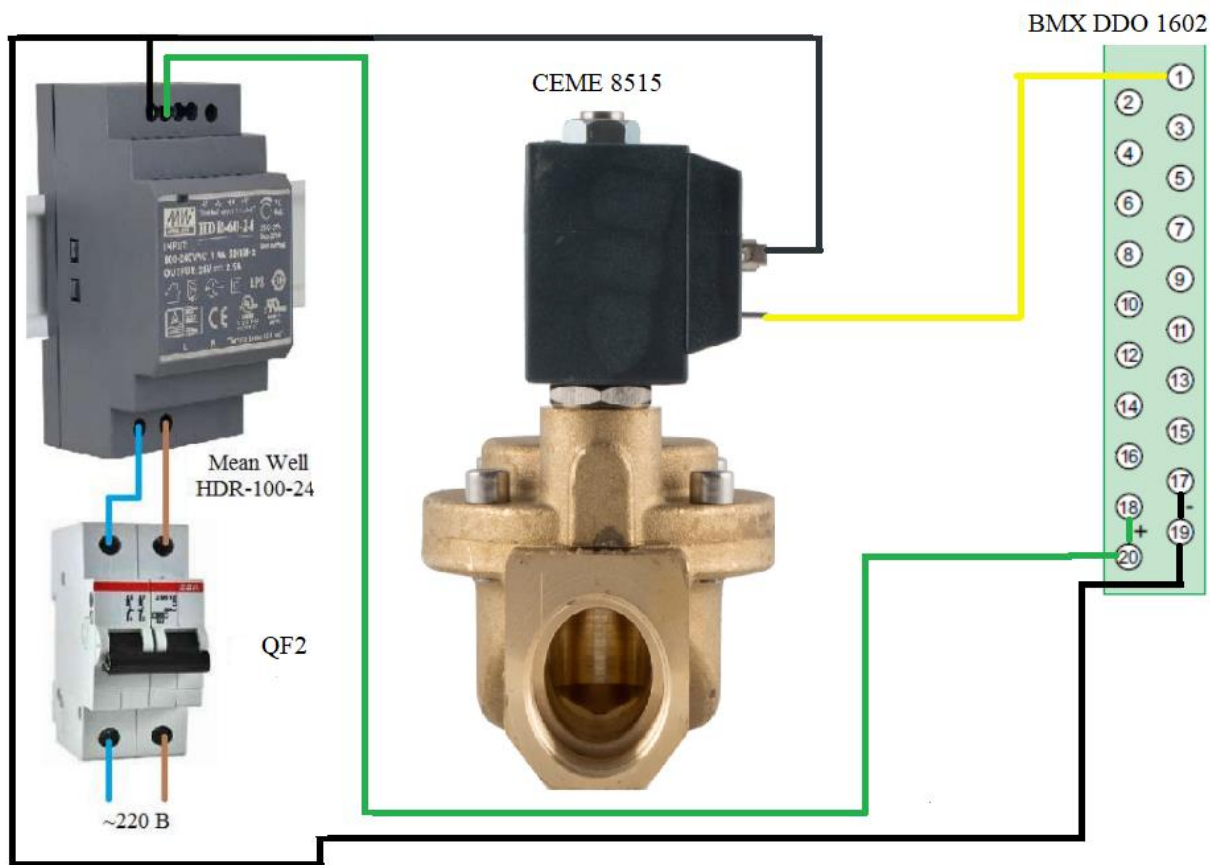


Рис. 3.6. Графічна схема підключення електромагнітного клапана CEME 8615 до модуля BMX DDO 1602.[15]

Рівень води в усереднювачі регулюється за допомогою поплавкового датчика рівня ПДУ-И (поз.1а)

Регулювання подачі води відбувається за допомогою електромагнітного клапана CEME 8615, що пропускає воду

Датчик рівня та електромагнітний клапан живляться від 24В постійного струму за допомогою Mean Well HDR-100-24 – блоків живлення (поз. БЖ1-БЖ2). Напруга на блоки живлення вмикається чи вимикається, а також і є захистом по струму за допомогою автоматичних вимикачів QF2 і QF3. [15]

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вимірювання рівня в усереднювачу відбувається поплавковим датчиком рівня ПДУ - И. Зовнішній вигляд ПДУ - И зображено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Поплавковим датчик рівня ПДУ - И.

Датчик призначений для безперервного вимірювання рівня рідини і перетворення його в уніфікований сигнал постійного струму стандарту 4...20 мА.

Технічні характеристики:

– Схема підмикання: дводротова

					Кваліфікаційна робота							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації очищення стічних вод			Літ.	Арк.	Акрушіє		
Розроб.		Шобей П.В.								33	4	
Перевір.		Полупан В.В.						НУХТ АК-4-2ск				
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.										
Секретар		Проскурка Є.С.										

- Рід живильного струму: постійний
- Напруга живлення, В: 12...36
- Вихідний сигнал, мА: 4...20
- Споживана потужність, Вт,: не більше 1
- Опір навантаження, Ом, не більше: визначається за формулою: $(U - 8) \cdot 50$, де U – напруга живлення, В

Метрологічні характеристики:

- Діапазон вимірювань рівня, мм: від 0 до 250...4000 (залежно від виконання)
- Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм: 10 або 5 (залежно від виконання)

Конструктивні параметри:

- Розташування осі монтажного отвору датчика у резервуарі: Вертикально
- Типорозмір приєднувальної різі (для датчика з нарізним приєднанням) :G2
- Розмір «під ключ» (для датчика з нарізним приєднанням), мм: 36
- Діаметр зовнішньої оболонки з'єднувального кабелю, мм: 4...8
- Перетин з'єднувальних дротів, мм²: 0,2...2
- Матеріал робочої частини датчика: Сталь 12X18Н10Т (шток) і AISI 316 (поплавок)

Ступінь захисту за ГОСТ 14254: IP65

Монтаж проводів (див. рисунок 4.2):

1. Послабити кабельний ввід кутового з'єднувача і ввести через нього роздвоєний кабель у корпус кутового з'єднувача.

2. Послабити гвинти клем «1», «2» і « » клемника, вставити кінці проводів у клеми і завернути гвинти до упору.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Вставити клемник у корпус кутового з'єднувача і притиснути до характерного клацання.
4. Вставити ущільнювальну прокладку в клемник.
5. Затягнути кабельний ввід для ущільнення кабелю.
6. Вставити гвинт кріплення з кільцем ущільнювача в корпус з'єднувача.
7. З'єднати кутовий з'єднувач і корпус перетворювача.
8. Ввернути і затягнути гвинт кріплення.

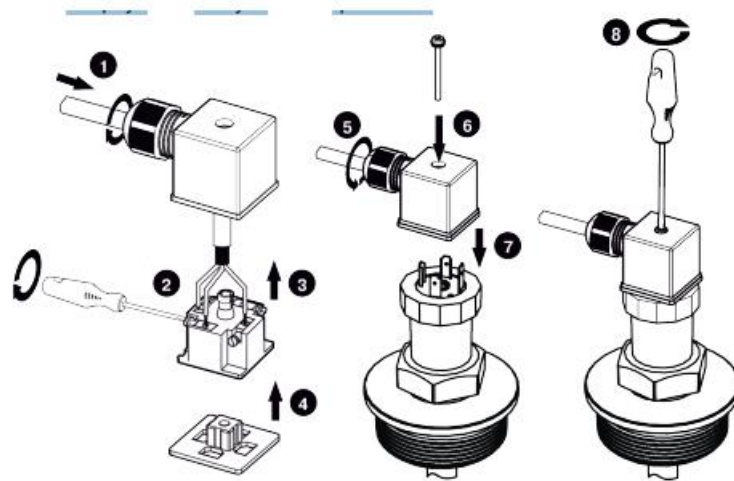


Рис. 4.2 – монтаж проводів

Застосування датчиків рівня

Поплавкові датчики рівня ПДУ-І призначені для вимірювання та контролю рівня рідини (води, розчинів, світлих нафтопродуктів та інших рідких середовищ, у тому числі агресивних, за винятком корозійно активних до матеріалу датчика) у різних резервуарах (а також у чистих природних водоймах). Датчики стійкі до піни та бульбашок і можуть працювати з в'язкими рідинами.

Заходи безпеки

За способом захисту від ураження електричним струмом датчик відповідає класу III за ДСТУ EN 61140. Під час експлуатування та технічного

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

обслуговування слід дотримуватися вимог таких нормативних документів: Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила улаштування електроустановок.

Можливі несправності

Табличка 3 – можливі несправності датчика

Несправність	Причина	Метод усунення
Вихідний сигнал відсутній	Обрив у лінії навантаження або в ланцюзі живлення	Знайти та усунути обрив
	Коротке замикання в ланцюзі живлення	Знайти та усунути замикання
	Не дотримано полярності при підключенні джерела живлення	Поміняти полярність

Маркування

На корпус датчика наносяться:

- найменування;
- ступінь захисту за ДСТУ EN 60529;
- діапазон перетворення рівня;
- напруга живлення;
- заводський номер і дата випуску;
- товарний знак.

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

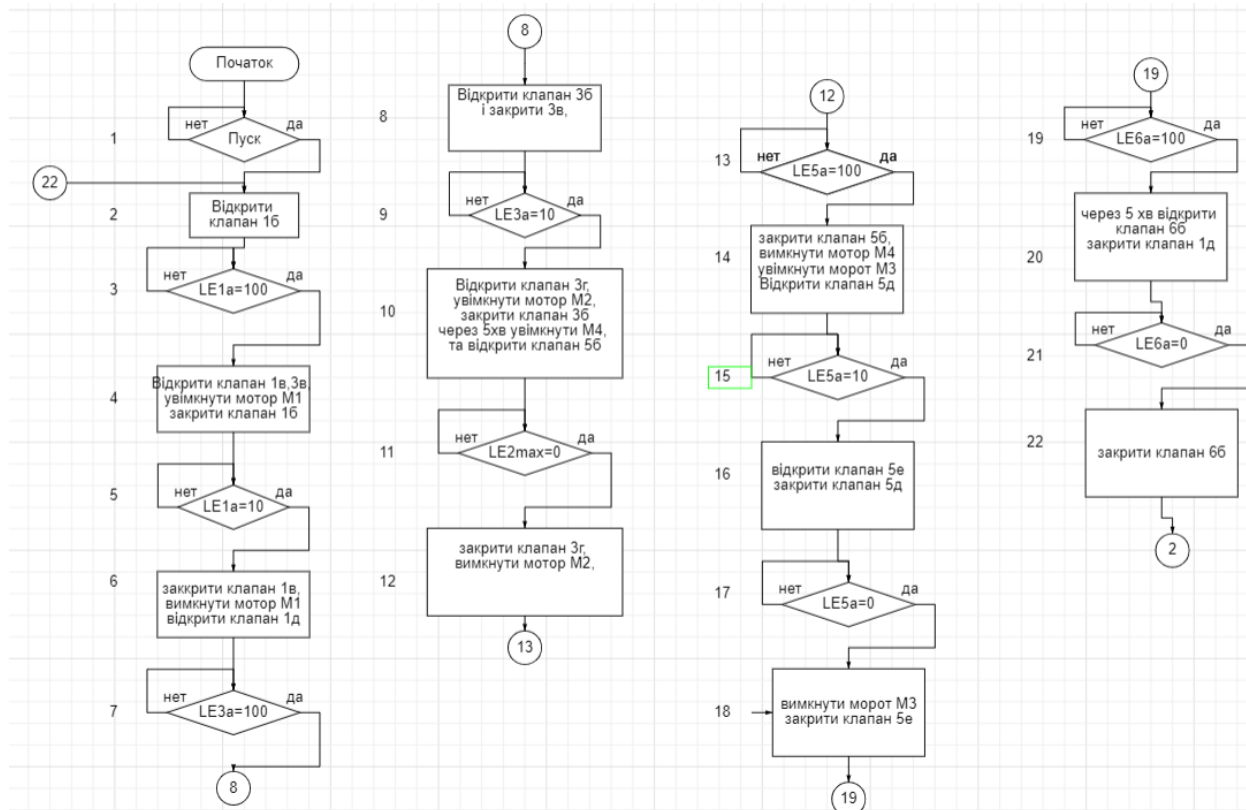


Рис. 5.1 – блок схема алгоритму

Згідно представленого алгоритму рис 5.1, що вище відбувається програмування ПЛК. В табл. 5.1 вказано змінні, які використовуються під час написання програми для функціонування процесу очищення стічних вод.

Таблиця 5.1. Змінні для ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
LE1a	%IW0.1.0	Рівнемір відстійника
LE3a	%IW0.1.1	Рівнемір резервуара чистої води
LE5a	%IW0.1.2	Рівнемір резервуара
LE6a	%IW0.1.3	Рівнемір ущільнювача
fe2a	%IW0.1.4	Витратомір забрудненої води

<i>Кваліфікаційна робота</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Шобей П.В.		
Перевір.		Полупан В.В.		
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.		
Секретар		Проскурка С.С.		
Розробка системи автоматизації очищення стічних вод			Літ.	Арк.
				37
			Акрушіє	6
НУХТ АК-4-2ск				

Продовження таблиці 5.1. Змінні для ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
fe4a	%IW0.1.5	Витратомір чистої води
k11	%Q0.2.0	Клапан подачі води в усереднювач
k12	%Q0.2.1	Клапан зливу води усереднювач
k13	%Q0.2.2	Клапан подачі очищеної води
k14	%Q0.2.3	Клапан зливу очищеної води
k15	%Q0.2.4	Клапан зливу очищеної води з резервуара
k16	%Q0.2.5	Клапан подачі води з фільтра
k17	%Q0.2.6	Клапан для промивки усереднювача
k18	%Q0.2.7	Клапан зливу очищеної води
k19	%Q0.2.8	Клапан зливу осадку з усереднювача
k110	%Q0.2.9	Клапан зливу осадку з ущільнювача
M1		Насос M1
M2		Насос M2
M3		Насос M3
M4		Насос M4

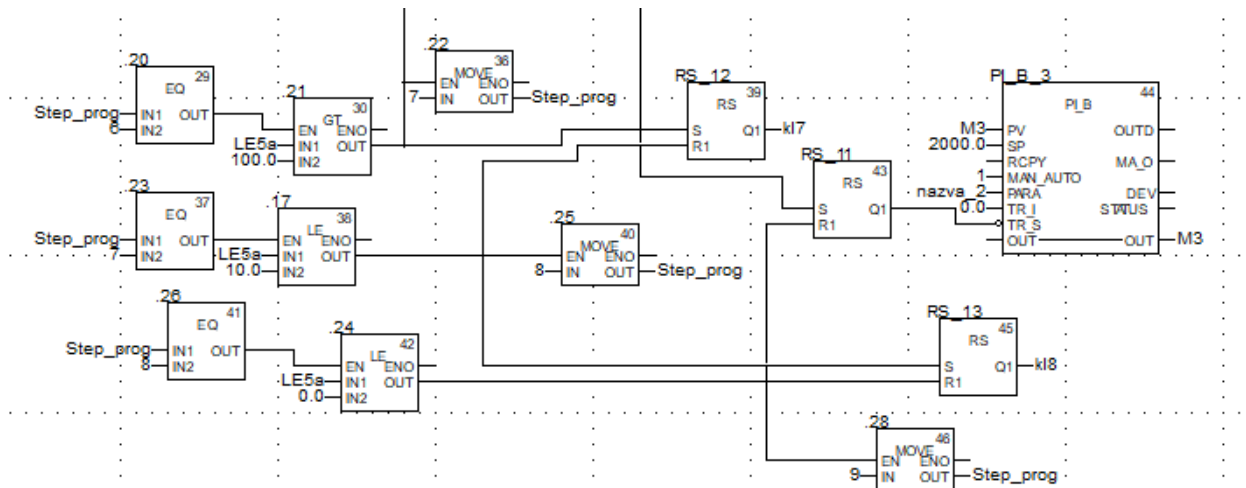


Рис. 5.3 – основна програма очищення стічних вод

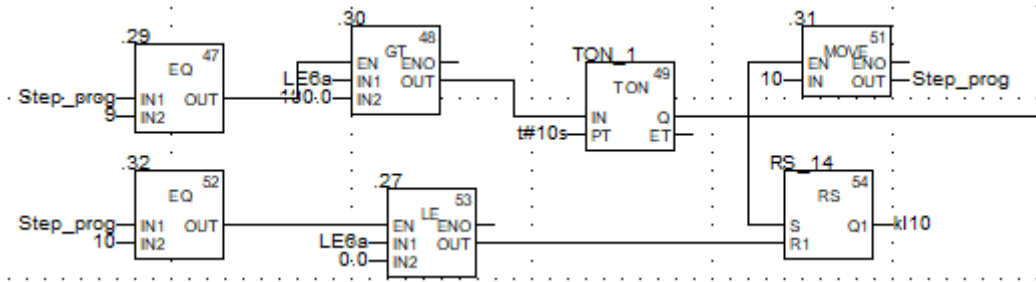


Рис. 5.4 – основна програма очищення стічних вод

Для імітації рівня було створено функціональний блок, зображений нижче.

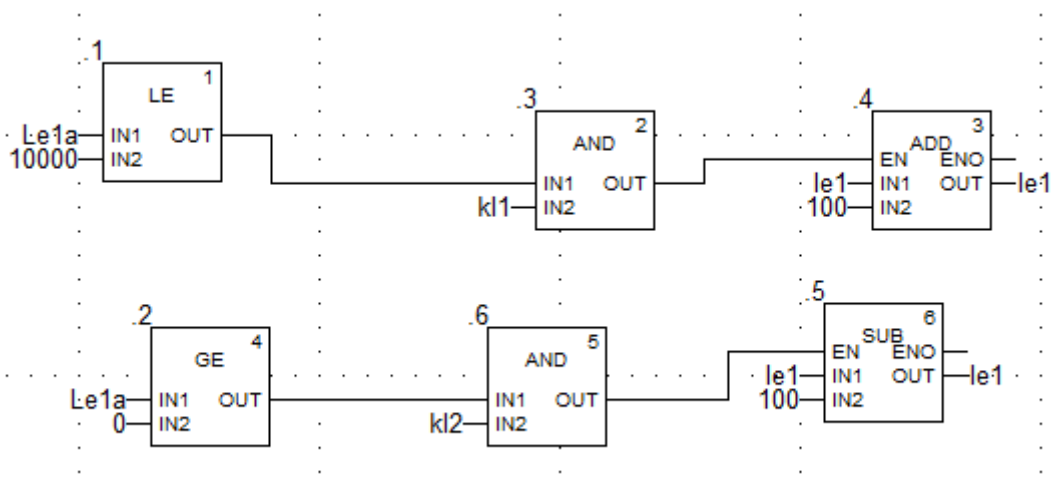


Рис. 5.5 –функціональний блок

Імітація роботи рівня зображена зображена на рисунку 5.6.

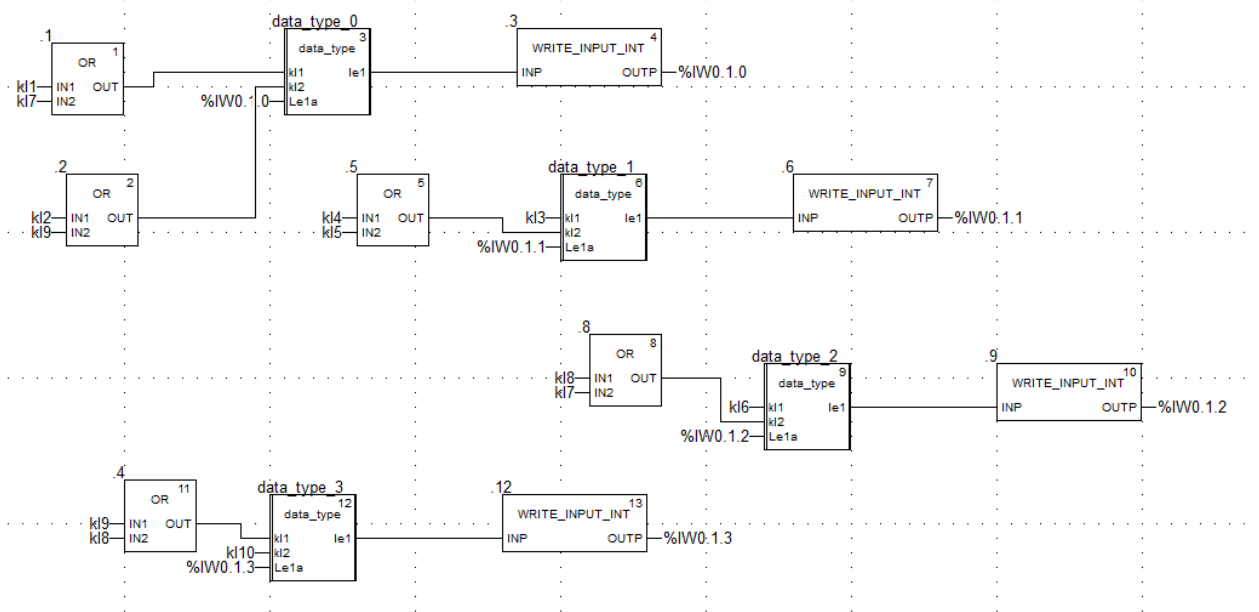


Рис. 5.6—імітація роботи рівня

Масштабування і відбувається в блоці scallig, що зображений на рисунку

5.7.

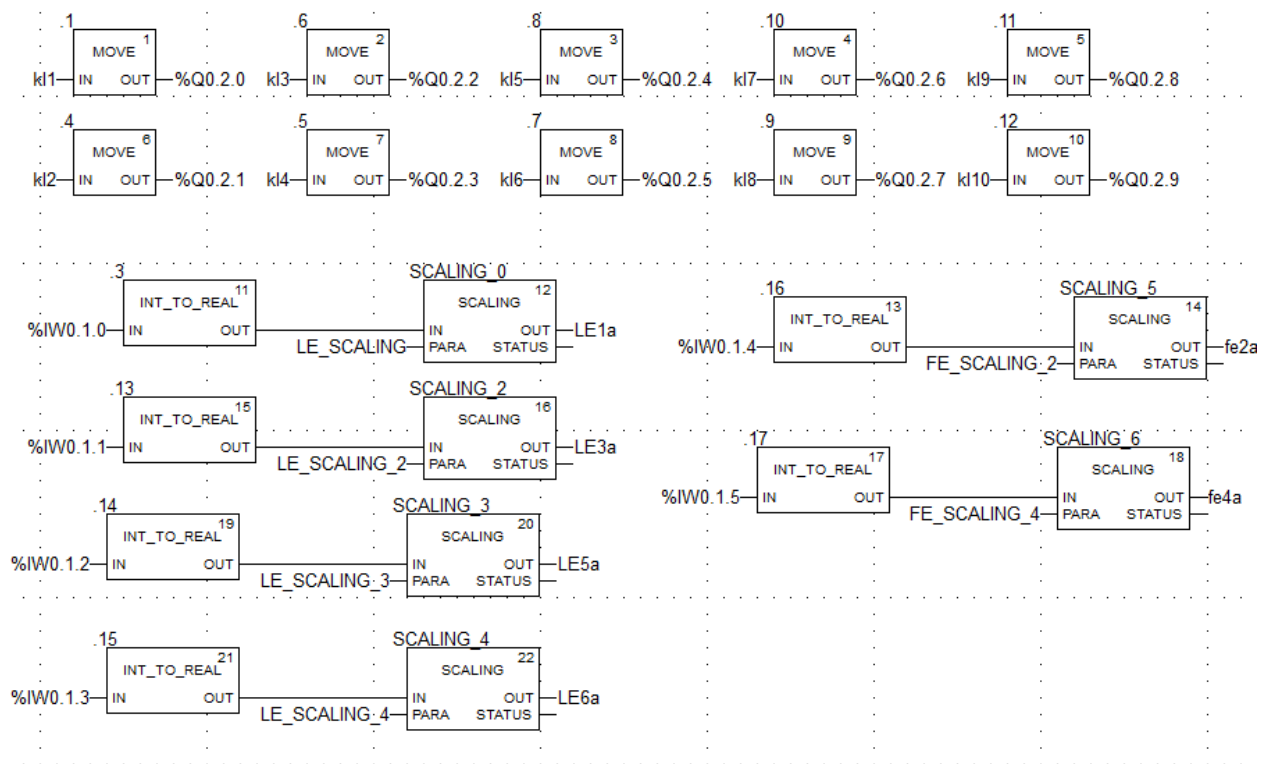


Рис. 5.7 – масштабування

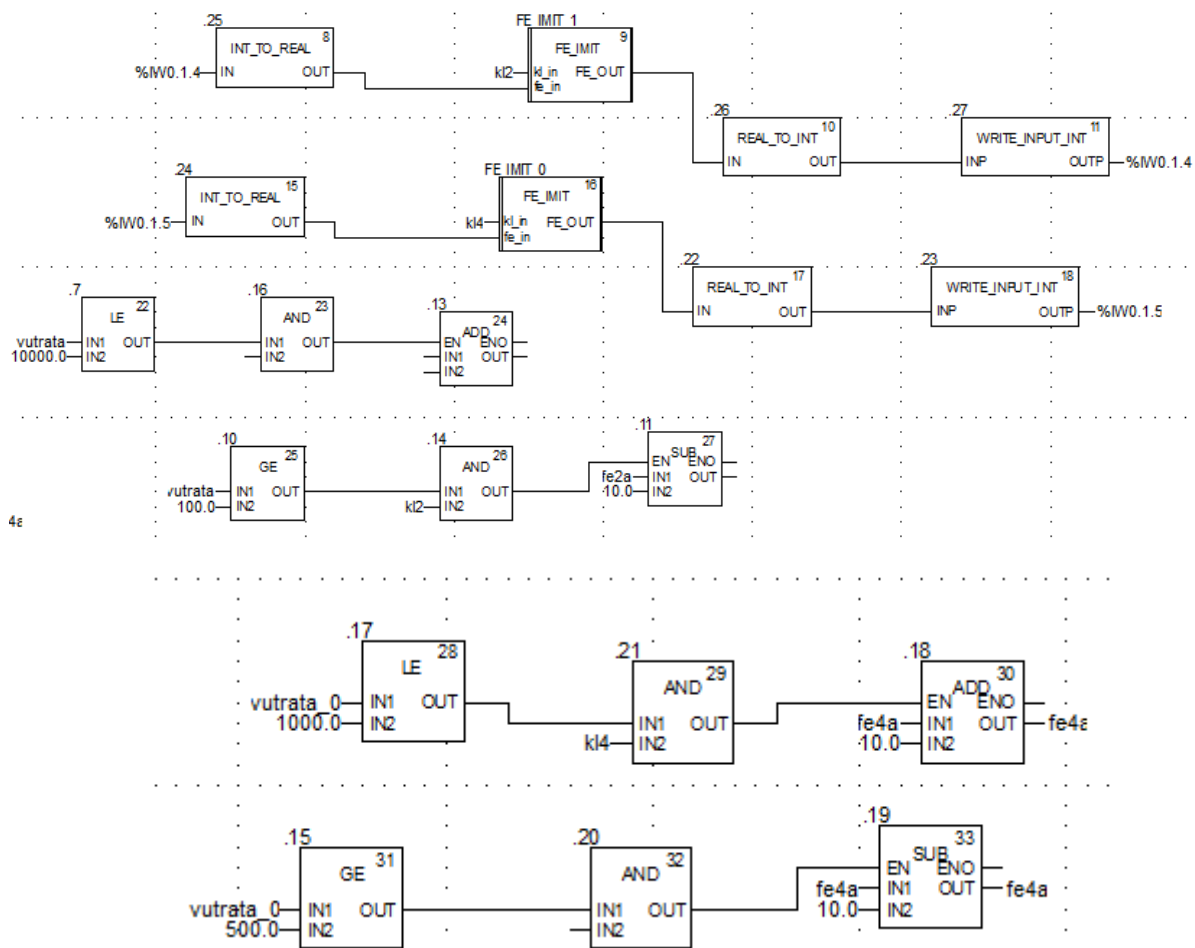


Рис. 5.8– імітація роботи рівня

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Дисплейна мнемосхема процесу очищення стічних вод розроблялася в програмному забезпечення Citect SCADA 2018. Змінні, що використовувалися при розробці дисплейної мнемосхеми зображено в таблиці 6.1.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
fe4a	%IW0.1.5	0	100	0	100	REAL
k11	%Q0.2.0	0	1	0	1	EBOOL
k12	%Q0.2.1	0	1	0	1	EBOOL
k13	%Q0.2.2	0	1	0	1	EBOOL
k14	%Q0.2.3	0	1	0	1	EBOOL
k15	%Q0.2.4	0	1	0	1	EBOOL
k16	%Q0.2.5	0	1	0	1	EBOOL
k17	%Q0.2.6	0	1	0	1	EBOOL
k18	%Q0.2.7	0	1	0	1	EBOOL
k19	%Q0.2.8	0	1	0	1	EBOOL
k110	%Q0.2.9	0	1	0	1	EBOOL
M1	%MW200	0	1	0	1	REAL
M2	%MW300	0	1	0	1	REAL
M3	%MW250	0	1	0	1	REAL
M4	%MW240	0	1	0	1	REAL
LE1a	%IW0.1.0	0	10000	0	100	REAL
LE3a	%IW0.1.1	0	10000	0	100	REAL
LE5a	%IW0.1.2	0	10000	0	100	REAL
LE6a	%IW0.1.3	0	10000	0	100	REAL
fe2a	%IW0.1.4	0	100	0	100	REAL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Шобей П.В.			Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Полупан В.В.				43	8
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск		
Секретар		Проскурка Є.С.					
Розробка системи автоматизації очищення стічних вод							

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейна мнемосхема процесу очищення стічних вод дозволяє оператору контролювати і спостерігати проходження технологічного процесу, зміну технологічних параметрів і за необхідності корегувати управляючі дії, відносно клапанів, змішувача та насосів.

Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива зображена на рис. 6.2.

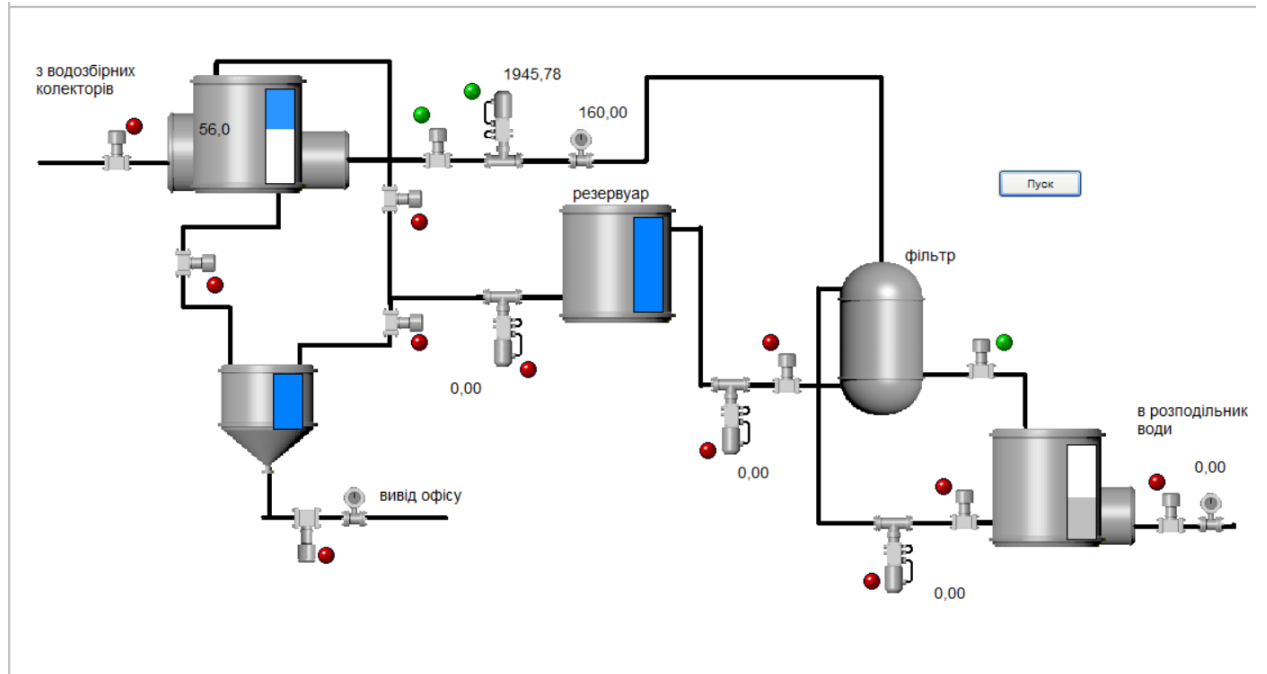


Рис. 6.2. Дисплейна мнемосхема процесу очищення стічних вод

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Висновок

В кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматизації процесу очищення стічних вод.

При автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива вибрано промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340. Дисплейна мнемосхема процесу первинного оброблення молока розроблялася в програмному забезпеченні Citect SCADA 2018.

Тут були застосовані пристрої для вимірювання рівня в емкостях (рівнемір), засоби обліку витрати води (витратомір). Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта на АРМ оператора.

Розроблено програму, алгоритм роботи об'єкта, підбрано пристрої для підключення до контролера, наведено схеми підключень, складено специфікацію на замовлення пристроїв, відповідно була розроблена та реалізована SCADA/НМІ для оператора.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Список використаної літератури

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
5. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
6. Поплавковий метод вимірювання рівня. URL:
<https://owen.ua/ua/news/poplavkovyj-metod-vymirjuvannja-rivnja#:~:text=Принцип%20дії%20поплавкового%20методу%20ґрунтується,в%20иході%20пристрою%20формується%20відповідний%20сигнал>
7. ПДУ-И. Поплавкові датчики рівня. URL:
<https://owen.ua/ua/datchyky/pdu-i-poplavkovi-datchyky-rivnja-z-analogovym-vidnym-sygnalom-4-20-ma/tehnichni-harakterystyky>
8. Електромагнітний витратомір. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Електромагнітний_витратомір
9. Електромагнітний витратомір РЕМ 1000. URL:
<https://aplisens.com.ua/wp-content/uploads/2021/01/pem-1000.pdf>
10. Електромагнітний клапан. URL:
[https://www.italgaz.com.ua/ua/wiki/solenoid-valve.html#:~:text=Принцип%20дії%20електромагнітного%20\(соленоїдного\)%20клапану&text=Електричний%20струм%20через%20катушку%20створює,відкриття%20і%20закриття%20електромагнітних%20клапанів](https://www.italgaz.com.ua/ua/wiki/solenoid-valve.html#:~:text=Принцип%20дії%20електромагнітного%20(соленоїдного)%20клапану&text=Електричний%20струм%20через%20катушку%20створює,відкриття%20і%20закриття%20електромагнітних%20клапанів)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

11. перетворювач частоти. URL: http://xn—80aqahnfuib9b.xn—p1ai/n700v_220hf.html
12. Електродвигун. URL: <https://www.uesk.org/katalog/elektrodivigateli/trehfaznye—380v—din/elektrodivigateli—ais/al/71v4/>
13. Електродвигун. URL: <https://systemax.ua/elektrodivigateli/trehfaznye—obshepromyshlennye—elektrodivigateli/air/air200m2—37—kvt—3000—ob—min—.html>
14. Modicon M340. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/1468-modicon-m340/>
15. Компонування ПЛК. URL: https://cde.nuft.edu.ua/pluginfile.php?file=%2F474501%2Fmod_resource%2Fcontent%2F3%2FПрактика%203.%20Дискретні%20входи-виходи.pdf
16. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
17. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
18. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
19. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
20. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

21. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.

22. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.

23. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

24. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.

25. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с. Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота 79

26. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво ЛіраК, 2015. – 288 с.

27. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

28. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

29. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

30.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

35.Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

36.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

37.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

38.Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

39.Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)

40.Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

41.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

42.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49