

**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

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

«8» лютого 2023 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

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

«8» лютого 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сула

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗАК-5-1

(прізвище, ім'я, по батькові повністю) Веха Ігор Вадимович

(підпис)

Керівник Смітюх Ярослав 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Я.В.Смітюх

«16» листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вехі Ігорю Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сула

керівник роботи к.т.н. доц. Смітюх Ярослав Володимирович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» листопада 2022 р. № 815-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «8» лютого 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. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 16 листопада 2022 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 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Веха І.В.

(підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі приводиться опис процесу розробки системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла.

В системі автоматизації процесу охолодження пивного сусла задіяно ПЛК Schneider Electric M340.

Приводиться опис монтажу технічного засобу автоматизації – радарного рівнеміра E+H Micropilot FMR50.

Задіяно Citect SCADA 2015 для розробки дисплейної мнемосхеми для АРМ (автоматизованого робочого місця) оператора.

Комп'ютерне моделюванням проводилося для визначення оптимальних параметрів настройки ПІ-регулятора для регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні.

Ключові слова: пиво, сусло, охолодження, автоматизація, E+H Micropilot FMR50.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

The qualification work describes the process of developing a system for automating the beer wort cooling process.

Schneider Electric M340 PLC is used in the beer wort cooling process automation system.

A description of the installation of the technical means of automation – the E+H Micropilot FMR50 radar level gauge is provided.

Citect SCADA 2015 was used to develop a display mnemonic for the operator's workstation.

Computer simulation was carried out to determine the optimal settings of the PI controller for regulating the temperature of the cooled beer wort in the hydrocyclone.

Keywords: beer, wort, cooling, automation, E+H Micropilot FMR50.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	15
Розділ 2. Система автоматизації	16
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	16
2.2. Схема автоматизації.....	35
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	36
Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	38
3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	38
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	41
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	45
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	48
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	52
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	52
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	53
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	54
7.1. Постановка задачі дослідження.....	54
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	55
7.3. Моделювання САР.....	56
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	58
Висновки	59
Список використаної літератури	60

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Процес охолодження та освітлення пивного сусла впливає на подальшу якість готового продукту.

Забезпечення правильності проходження даного технологічного процесу дозволить видалити осад з пивного сула та підготувати сусло для подальшого процесу бродіння.

Метою кваліфікаційної роботи являється розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла з використанням передових технічних засобів автоматизації.

Використання передових технологій та технічних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла дозволить отримувати якісно підготовлене пивне сусло для подальшого процесу бродіння, що в свою чергу на даному етапі дозволить зменшити витрату енергоресурсів та збільшити прибутковість виробництва.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

У гарячому охмеленому суслі повністю відсутній кисень, в ньому містяться грубі суспензії, які утворилися при кип'ятінні його з хмелем. Розмір завислих частинок може становити від 30 до 80 мкм. Якщо їх позбутися, це може ускладнити подальшу фільтрацію пива чи, що ще гірше, осісти при бродінні на стінках дріжджових клітин - «обклеїти», «обліпити» їх, тобто, порушити їх проникність, ускладнюючи дифузію цукрів у клітину. В цьому випадку бродіння може погіршитися або зовсім загаснути. Наявність суспензій негативно впливає на доброжування пива і колоїдну стійкість готового продукту.

З пониженням температури осаджуються грубі суспензії і виділяються тонкі суспензії, сусло насичується киснем, що сприяє нормальному розмноженню дріжджів і повному виділенню коагулюючих білків.

Метою охолодження та освітлення сусла є зниження його температури, насиченням сусла киснем повітря та осадження зважених частинок.

Залежно від методів бродіння (низове чи верхове) сусло охолоджують до температури 6-7 °C чи 14-16 °C.

Способи і технологічні прийоми охолодження та освітлення сусла. Розрізняють такі способи освітлення сусла як *седиментація під дією сили тяжіння* (відстоювання), при якій поділ здійснюється завдяки різниці між відносною щільністю рідкої і твердої фаз, і *седиментація під дією відцентрової сили*, що перевищує силу тяжіння у 3000-4500 разів (для сучасних сусликових сепараторів), унаслідок чого швидкість осідання тонких суспензій значно підвищується.

					Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Веха І.В.							
Керівник		Смітюх Я.В.					8	8	
						НУХТ ЗАК-5-1			
Зав. каф.		Смітюх Я.В.							
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.							

Для підготовки сусла до бродіння застосовують комбіновану установку, що складається з двох апаратів: перший для видалення грубих суспензій (осаду) і другий для охолодження сусла до заданої температури бродіння. Таким чином, охолодження сусла виробляють дві стадії.

Перша стадія – охолодження гарячого сусла до 60-70 °С – зазвичай може відбуватися, наприклад, у відстійному (осадовому) апараті і триває 1,5-2 год., тобто, порівняно повільно. Він представляє собою сталевий циліндричний резервуар з плоским, злегка похилим дном і сферичною кришкою. У кришці апарату встановлено витяжну трубу, під якою укріплений розподільний конус. Для охолодження сусла служить сталевий змієвик, розміщений усередині резервуару. Для декантації охолодженого та освітленого сусла в апараті є шарнірно закріплений рухомий трубопровід з поплавком.

Час знаходження сусла в відстійному апараті скоротити не можна, так як для осадження грубих гарячих опадів необхідно не менше 2 год. По ньому тонким шаром, самопливом, стікало сусло. У цій системі почала використовуватися система аерації сусла стерильним повітрям.

Після спуску сусла з відстійного апарату відстій направляють по закритому трубопроводу в закриту збірку, з якого стисненим повітрям подають у фільтр-прес. Відстійне сусло стерилізують, охолоджують і потім направляють у бродильний апарат, додаючи його до основного суслу.

Для освітлення сусла використовують також відцентрові сепаратори, які дозволяють швидко отримати прозоре сусло і скоротити втрати екстракту з відстоєм. Сепаратор працює на принципі застосування відцентрових сил, за кілька секунд відокремлюючи суспензії від сусла. Особливу увагу при роботі з сепаратором фахівці рекомендують приділяти центруванню його ротора. Частота обертання ротора повинна відповідати величині, зазначеної в паспорті обладнання. Кінетична енергія ротора, що обертається, надзвичайно велика, якщо він зірветься – наслідки можуть бути дуже серйозними. При появі вібрації, стуку чи різкій зміні частоти обертання ротора сепаратор негайно зупиняють.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш прийнятною технологією сьогодні, на думку фахівців, є процедура освітлення пивного сусла у вірпулі (гідроциклоні, рис.1.1) . У ньому відділення білкового та хмелевого опадів досягається гідродинамічною дією.



Рис. 1.1. Гідроциклон.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

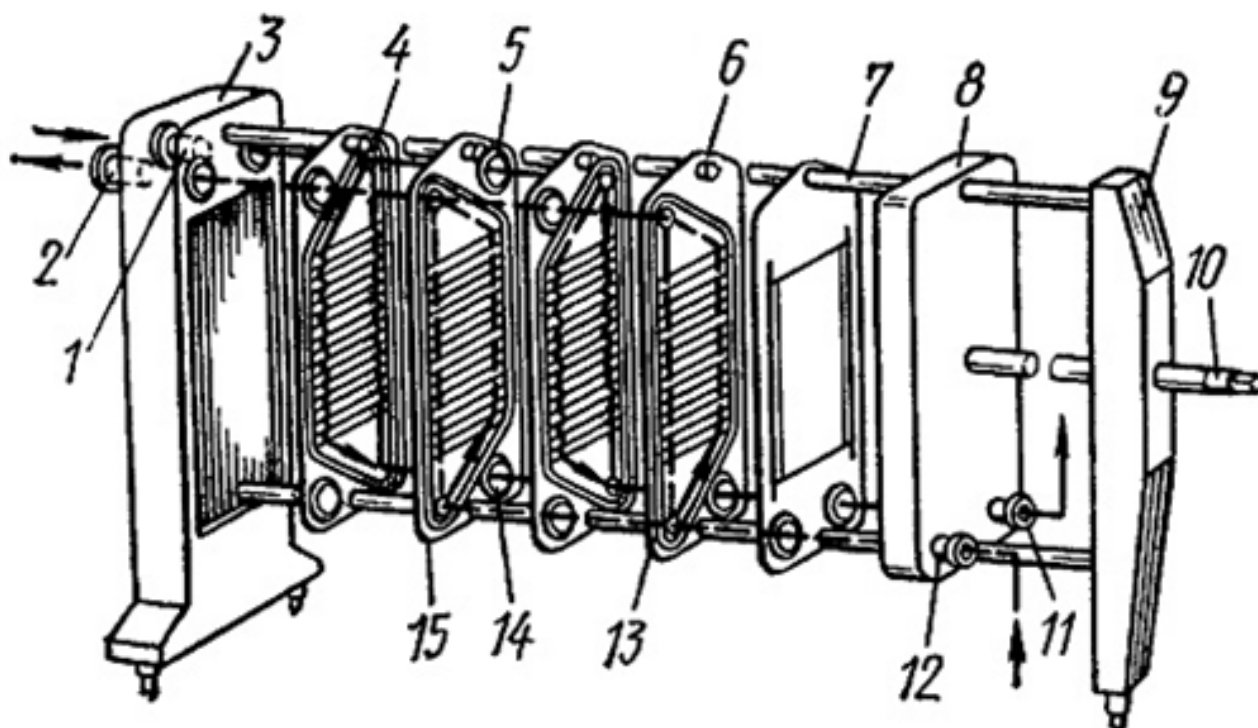
Апарат являє собою великий закритий резервуар з плоским, але дещо похилим днищем. Гаряче сусло подається в апарат з одного або двох сторін тангенціально спрямованим струменем зі швидкістю 10 м/с і закручується. Сусло приходить у обертальний рух. Відцентрова сила, що виникла, збирає суспензії і пластівці білка в центрі ємності, де утворюється осадовий конус. Цей ефект іноді називають «ефектом чашки чаю» – так само в центрі чашки після помішування збираються частинки заварювання. Вперше він був застосований у пивоварстві ще кілька десятиліть тому. Сьогодні це найбільш простий і дієвий метод видалення білка, що скоагулював, з сусла.

У цьому апараті на освітлення сусла йде близько 20 хв. Загалом нормальним часом освітлення вважається інтервал в 40 хв. Після того, як тверді частинки осядуть, сусло стає прозорим (освітленим). Воно відкачується зверху – у міру збільшення його прозорості. Перевагою гідроциклону є стерильність процесу, тому що в апарат надходить гаряче сусло і виходить із нього з температурою 90 °С.

Друга стадія – швидке охолодження з 70-60 °С до 6-16 °С – здійснюється в автоматизованому закритому пластинчастому теплообміннику (рис. 1.2). Він зручний в обслуговуванні та ефективний.

Такий охолоджувач складається з тонких сталевих штампованих пластин, нанизаних на дві поздовжні опорні стійки. На кожній пластині розташовані гумові ущільнювачі-прокладки. Коли стопа пластин стискається разом (за допомогою опорної плити та гвинтового затиску), вона утворює єдиний пакет (блок). Отвори в пластинах та ущільнювачі розташовуються таким чином, що у пакеті охолоджувача утворюються дві системи каналів. По одній йде сусло, по іншій – сольовий розчин або вода. Приблизно дві третини блоку охолоджується водою, одна третина – розсолом.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1, 2, 11, 12 – штуцера; 3 – передня стійка; 4 – верхній кутовий отвір; 5 – мала кільцева прокладка; 6 – гранична пластина; 7 – штанга; 8 – нажимна плита; 9 – задня стійка; 10 – гвинт; 13 – велика гумова прокладка; 14 – нижній кутовий отвір; 15 – теплообмінна пластина.

Рис. 1.2. Пластинчастий теплообмінний апарат.

Після охолодження проводиться аерація сусла – безпосередньо в трубопроводі або апараті попереднього бродіння в нього впорскується стерильний повітря, необхідне для дріжджових клітин.

Залежно від сорту пива втрати екстракту у варильному цеху становлять від 2,6 до 2,8 %, а втрати в пивній та хмелевій дробині (до обсягу гарячого сусла) на стадії освітлення та охолодження сусла – від 5,5 до 7,0 %, у тому числі 4 % – уявні втрати обсягу в результаті стиснення сусла при його охолодженні від 100 до 20 °С.

Для повнішого видалення білків із сусла можуть використовуватися освітлювачі сусла типу «ірландського моху» (виготовляються з морських водоростей). Вони додаються за 10-15 хв. до кінця кипіння в котел або вже при перекачуванні сусла в гідроциклон.

Для додаткового освітлення сусла можуть використовуватися силіказолі кремнієвої кислоти. Вони пов'язують білкові сполуки гідрогель.

Силіказолі додаються не тільки в охмелене сусло, але і після завершення зброджування перед початком холодної стабілізації пива або перед фільтрацією. Необхідна кількість силіказолів береться з розрахунку 50 см³ силіказолу на гектолітр пива.

Перетворення при охолодженні та освітленні сусла. У суслі залишаються скоагулированні білки, які перебувають у стані грубого осаду і тонких суспензій (суспензій). При зниженні температури вони осідають. Великі суспензії осідають протягом усього процесу охолодження сусла. Тонкий осад утворюється у разі зниження температури до 6-7 °С.

Грубий осад адсорбує у значних кількостях залізо, мідь та інші важкі метали і тим самим оберігає від їхньої шкідливої дії дріжджі та пиво, в якому вони можуть бути причиною колоїдного помутніння.

Зі зниженням температури (нижче 60 °С) насамперед прозоре сусло починає каламутніти. Частина речовин, які добре розчинялися в гарячому суслі, стають нерозчинними і виділяються в холодному суслі. Настає помутніння обумовлено наявністю дрібних частинок діаметром приблизно 0,5 мкм. Тонкий осад на 35% складається з дубільних речовин і на 65% з-глобуліну.

Особливо важливо виділити із сусла білково-дубільні сполуки. Якщо білково-дубільні сполуки залишаються в суслі, що надходить на бродіння, то сусло набуває опалесцентного або каламутного вигляду. При попаданні цих сполук до апаратів доброджування в пиві виникає помутніння, яке важко усунути.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При високих температурах кисень витрачається на окислення органічних речовин (мальтози, глюкози, фруктози, азотистих сполук, гірких речовин і хмелевих смол, таніну). При окисленні глюкози утворюється глюконова кислота, при окисленні фруктози – мурашина, щавлева та винна кислоти. Протягом 1 години 1 дм³ сусла здатний хімічно зв'язати 6,4 мг кисню.

За високих температур (85 °C) хімічно зв'язується в 5 разів більше кисню, ніж при середніх температурах (45 °C). Нижче 40 °C ніякого окислення в суслі не відбувається. Внаслідок окислювальних процесів сусло стає дещо темнішим, а хмелевий аромат і хмелева гіркота значно послаблюються.

Розчинення кисню, необхідного для дріжджів, можливе лише за низької температури, в суслі воно починається з температури нижче 40 °C.

Сусло з температурою 20-40 C є сприятливим середовищем для інфікуючої мікрофлори, так як ці умови найбільш оптимальні для розмноження шкідливих для пива мікроорганізмів (сарцин, оцтовокислих, молочнокислих та ін. бактерій). При бродінні, коли в сусло будуть введені дріжджі, можливість інфікування зменшується. Для запобігання інфікування сусло потрібно швидко охолодити до встановлювальної, початкової температури бродіння 6-7 °C.

Охолодження сусла супроводжується випаром деякої кількості води, що призводить до зменшення його обсягу і підвищення концентрації.

Початкова концентрація охолодженого пивного сусла, його кислотність та кольоровість повинні відповідати виду пива.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	Трубопровід	Облік сусли	500 л	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Температура	7 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачу холодоагенту	
2	Гідроциклон	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на насоси М1-М3	
		Температура	55 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачу холодоагенту	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М4	
		Мутність	2 %	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Температура

При визначенні значення температури в процесі охолодження пивного сусла застосовано датчик температури E+H Omnigrad M TR10 (рис. 2.1). [1]



Рис. 2.1. Вигляд E+H Omnigrad M TR10.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Веха І.В.						
Керівник		Смітюх Я.В.					16	22
						НУХТ ЗАК-5-1		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

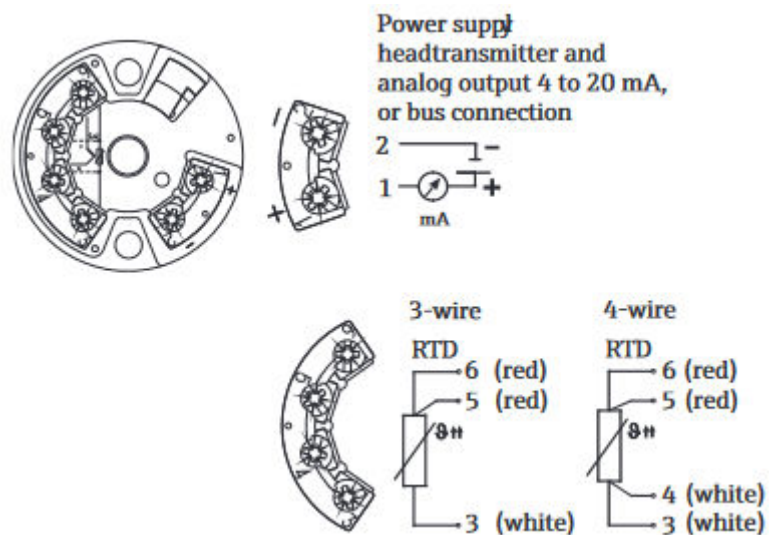


Рис. 2.2. Клемна колодка вимірювального елементу.

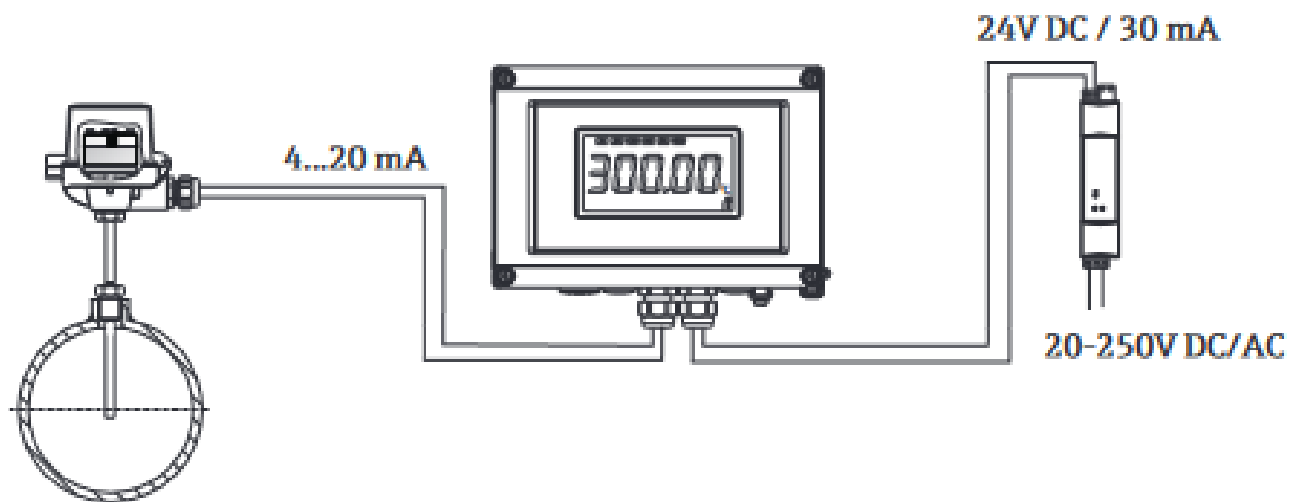


Рис. 2.3. Підключення E+H Omnicard M TR10 до індикатора.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

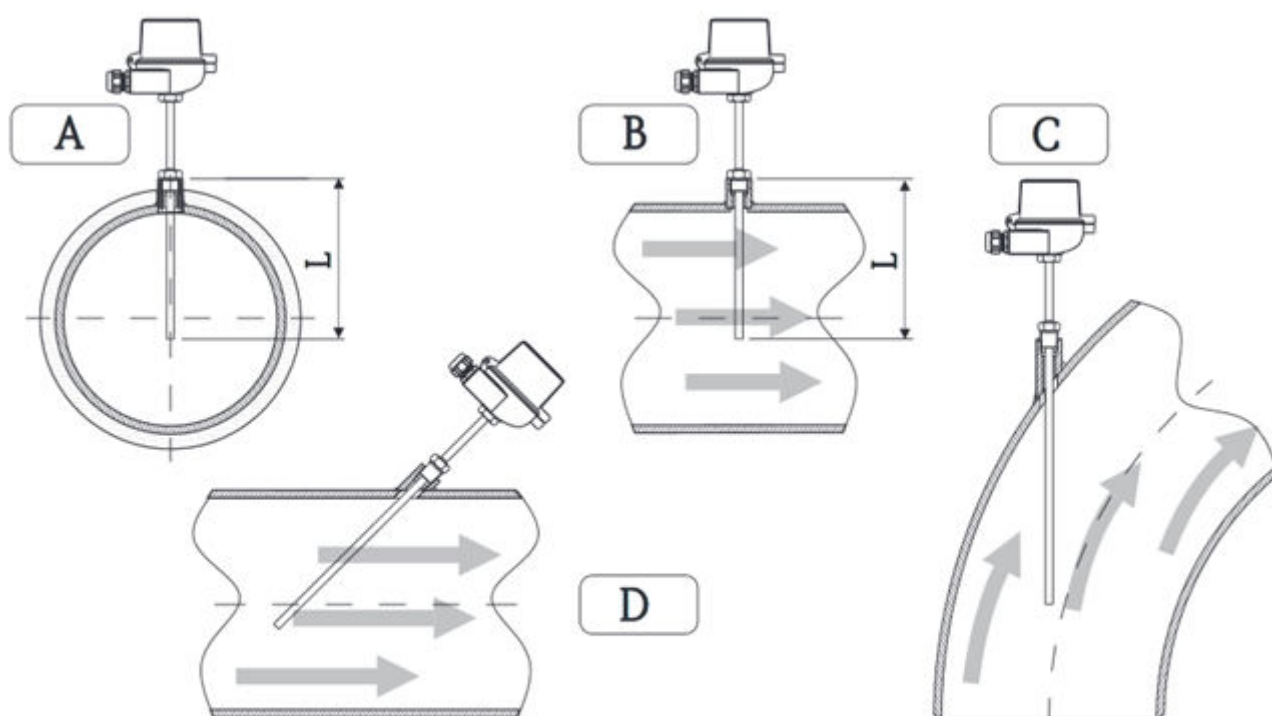
Кваліфікаційна робота

Арк.

17

Selection in order code (Pos. RTD; wire; meas. range; class: validity:)	A	B	C	F	G	2	3	6	7	S	T	U	V
Sensor design; wiring type	1x Pt100 WW; 3-wire	2x Pt100 WW; 3-wire	1x Pt100 WW; 4-wire	2x Pt100 WW; 3-wire	1x Pt100 WW; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire
Vibration resistance for the tip of the insert	Vibration resistance up to 3g					Increased vibration resistance up to 4g				iTHERM® StrongSens® vibration-resistant up to 60g			
Measuring range; accuracy class with temperature range	-200...600 °C; cl. A, -200...600 °C			-200...600 °C; cl. AA, 0...250 °C		-50...400 °C; cl. A, -50...250 °C		-50...400 °C; cl. AA, 0...150 °C		-50...500 °C; cl. A, -30...300 °C		-50...500 °C; cl. AA, 0...200 °C	
Insert type	TPR100									iTHERM® TS111			
Diameter	Ø3 mm (0.12 in) or Ø6 mm (0.24 in), depending on selected tip shape									Ø6 mm (0.24 in)			

Рис. 2.4. Характеристики E+H Omnigrad M TR10.



А-В: У трубах з невеликим перерізом наконечник датчика повинен доходити чи трохи проходити повз центральну лінію труби (= L); С-Д: Нахилена установка.

Рис. 2.5. Монтаж E+H Omnigrad M TR10.

Електропневматичний перетворювач

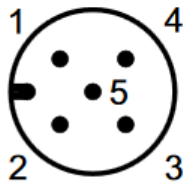
Під час управління пневматичними клапанами в процесі охолодження пивного суслу застосовано електропневматичні перетворювачі ASCO NUMATICS Sentronic LP (рис. 2.6). [2]



Рис. 2.6. Вигляд ASCO NUMATICS Sentronic LP.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING



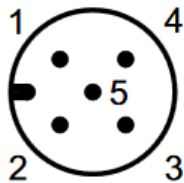
View from soldering side

pin	description	5-wire cable (2m)	6-wire cable (5m, 10m)
1	24V voltage supply	brown	brown
2	Analog setpoint input	white	white
3	Supply ground	blue	green
	Analog ground *		yellow
4	Analog output (feedback) ¹	black	pink
5	Digital output (pressure switch)	grey	grey
Body	EMC shield	shield	shield

* A 6-wire cable with separate analog ground is used for cable lengths over 2 m to set off the voltage drop for the setpoint.

¹ Analog input when using cascade control

CONNECTOR PINNING / 2BIT - SETPOINT



pin	description
1	24V voltage supply
2	Input signal 1 (LSB)
3	Supply ground
4	Input signal 2 (MSB)
5	unused

Рис. 2.7. Клемна колодка ASCO NUMATICS Sentronic LP.

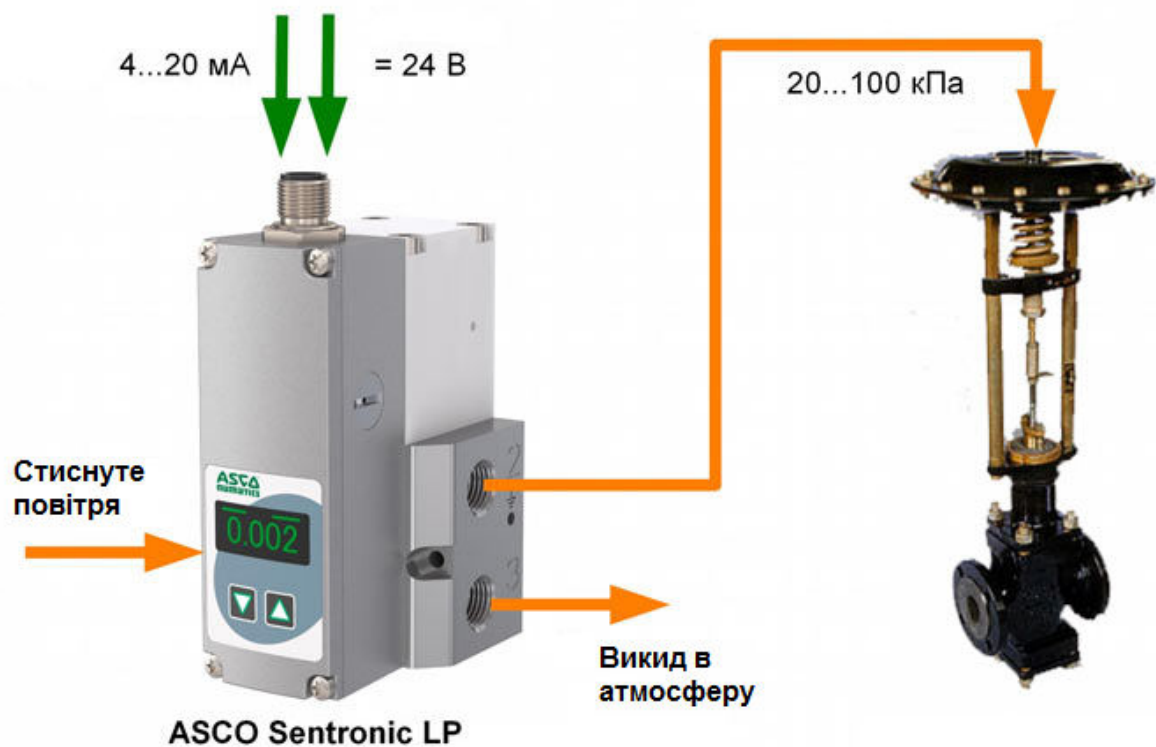


Рис. 2.8. Застосування ASCO NUMATICS Sentronic LP.

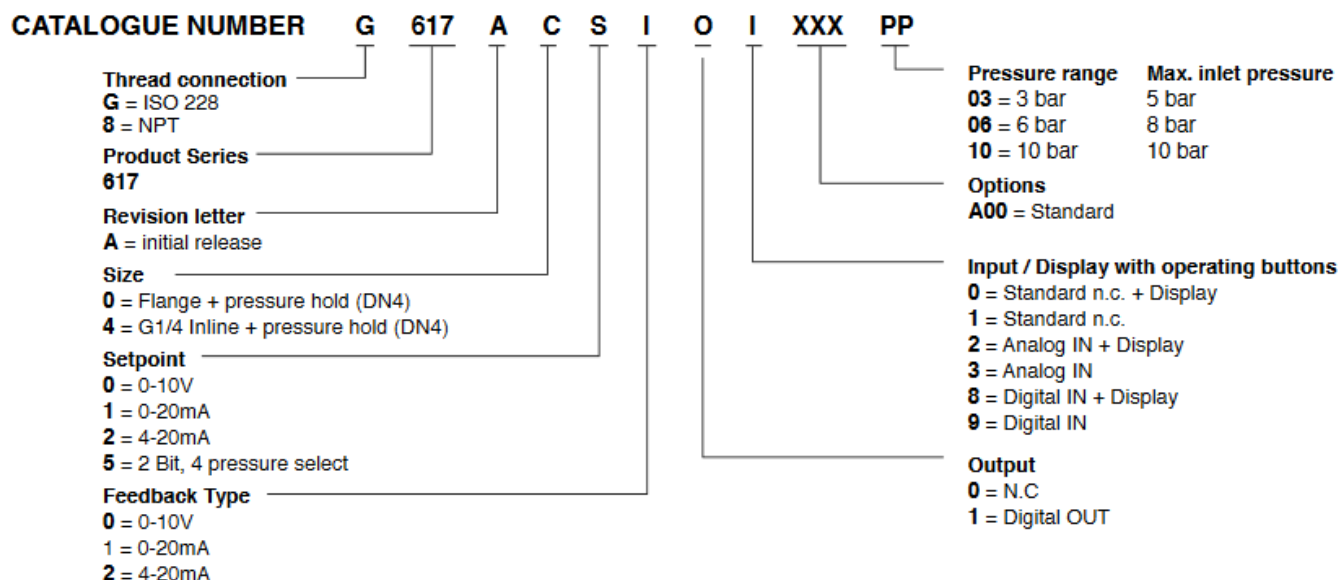


Рис. 2.9. Формування замовлення моделі ASCO NUMATICS SentronicLP.

GENERAL

Fluids	Air or neutral gas filtered at 50 μ m, without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Max. allowable pressure (MAP)	At least 1 bar above the maximum outlet pressure
Pressure range	0-3 bar, 0-6 bar, 0-10 bar
Fluid temperature	0°C to +60°C
Ambient temperature	0°C to +50°C
Flow (Qv at 6 bar)	470 NI/min
Setpoint	0 - 10 V (Impedance 100 k Ω) 0 - 20 mA / 4 - 20 mA (Impedance 250 Ω)
Hysteresis	1% of span
Linearity	1% of span
Repeatability	1% of span
Minimum setpoint	100 mV (0,2 mA/4,2mA) with shutoff function
Minimum outlet pressure	1% of span
Failsafe behaviour	Pressure hold on loss of power, without control

CONSTRUCTION

Body	Aluminium
Internal parts	POM (polyacetal)
Seals	NBR (nitrile)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

nominal diameter DN (mm)	stabilised voltage	max. power (W)	max. current (mA)	Insulation class	degree of protection	electrical connection
4	24VDC	3,8 W (<1W compensate)	160	H	IP 65	5-pin M12 connector (to be ordered separately)

SPECIFICATIONS

$\varnothing$ port	$\varnothing$ orifice DN (mm)	K_v -coefficient (Nm ³ /h)	flow at 6 bar (NI/min)
G 1/4	4	0,43	470

Рис. 2.10. Характеристики моделі ASCO NUMATICS Sentronic LP.

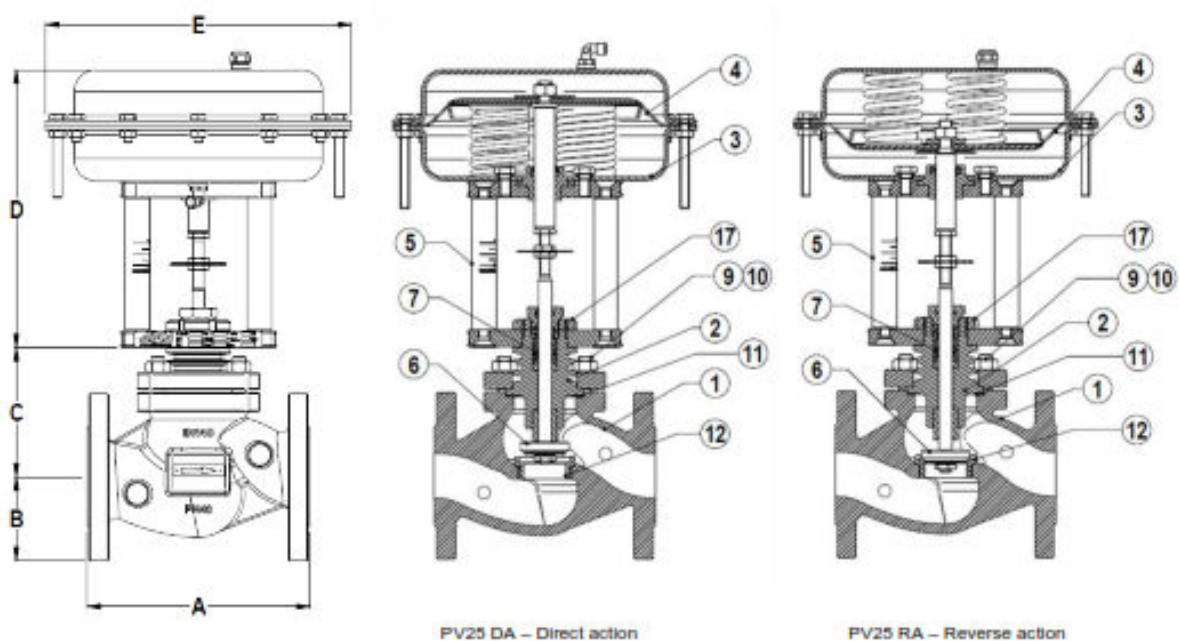
Пневматичний клапан

В процесі охолодження пивного сусла застосовано пневматичні клапани ADCATrol PV25G рис. 2.11. [3]



Рис. 2.11. Вигляд ADCATrol PV25G.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



DIMENSIONS - VALVE BODY				
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm) BONNET	
			STD.	FINN.
15	130	48	85	150
20	150	53	85	150
25	160	58	90	170
32	180	70	110	190
40	200	75	115	195
50	230	83	125	215
65	290	93	175	275
80	310	100	175	275
100	350	110	190	310

DIMENSIONS - ACTUATOR			
Type	e E (mm)	D (mm)	WEIGHT Kgs
		DN15-100 DA/RA	
PA-205	210	235	5,7
PA-260	275	240	8,8
PA-340	335	265	14,3
PA-435	430	295	24,5

MATERIALS			
POS.	DESIGNATION	MATERIAL PV25G-OF	MATERIAL PV25I-OF
1	Valve Body	GJS-400-15 / 0.7040	CF8M / 1.4405
2	Bonnet	CF8 / 1.4305	CF8 / 1.4305
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0035	S235JRG2 / 1.0035
	Actuator (St. steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
4	Diaphragm	NBR 70	NBR 70
5	Yoke (Steel)	C45E / 1.1191	C45E / 1.1191
	Yoke (St. Steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
6	Valve plug (Soft)	St. Steel / PTFE/GR	St. Steel / PTFE/GR
6	Valve plug (Metal)	AISI 316 / 1.4401	AISI 316 / 1.4401
7	Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR
9	Studs	34CrNiMo6 / 1.6562	A4 - 70
10	Nuts	Steel 5.8	A4 - 70
11	Gasket	St. Steel / Graphite	St. Steel / Graphite
12	Seat	AISI 316 / 1.4401	AISI 316 / 1.4401
17	Lock nut	St. Steel	St. Steel

ACTUATOR STROKE IN mm									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Stroke	5	5	7	8	10	13	17	20	25
FLOW RATE COEFFICIENTS									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Kvs	3,8	5,1	9,4	15,4	22,2	40,1	63,4	89,7	136,7

Kvs in m³/h, see data sheet IS PV10.00 E; For conversion Kvs = Cv(US) x 0,855

Рис. 2.13. Монтажні розміри ADCATrol PV25G.

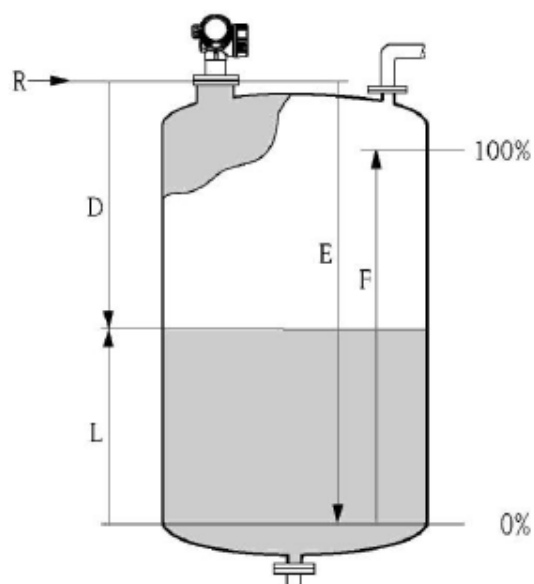
Рівень

При визначенні значення рівня в процесі охолодження пивного суслу застосовано радарний рівнемір E+H Micropilot FMR50 рис. 2.14. [4]



Рис. 2.14. Вигляд E+H Micropilot FMR50.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$L = E - D$$

$$D = c \cdot t / 2,$$

L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

R – контрольна точка вимірювання (нижній край фланця або нарізного сполучення);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

t – часом прийняття відбитого сигналу.

Рис. 2.15. Принцип визначення рівня в E+H Micropilot FMR50.

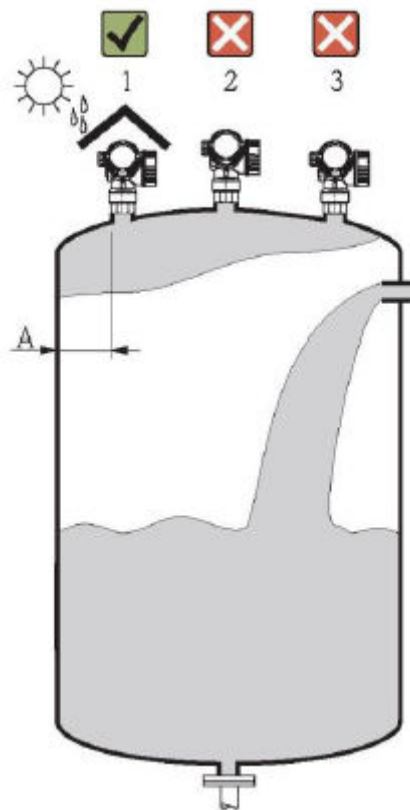


Рис. 2.16. Способи кріплення E+H Micropilot FMR50.

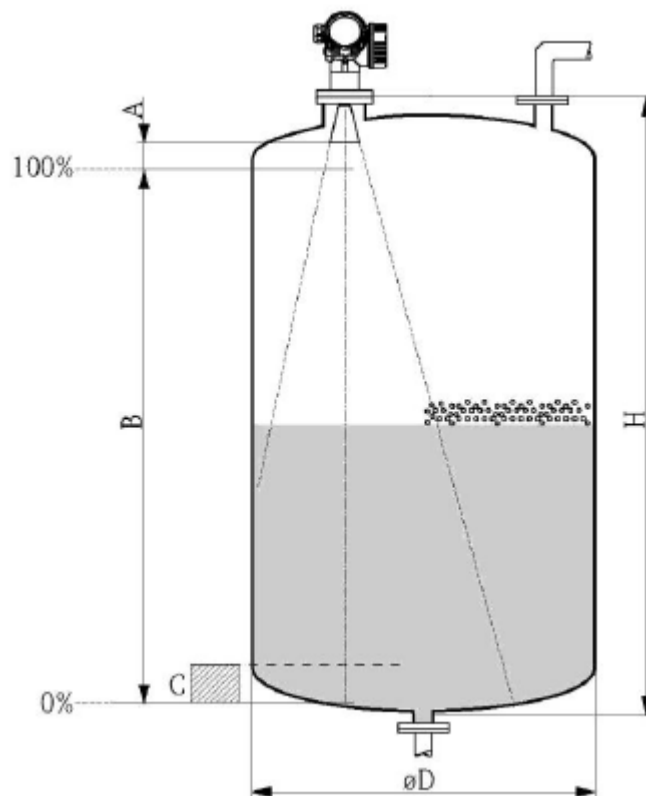


Рис. 2.17. Принцип роботи радарного рівнеміра E+H Micropilot FMR50.

Мутність сусла

При визначенні значення мутності сусла в процесі охолодження пивного сусла застосовано датчик SATRON VOM рис. 2.18. [5]



Рис. 2.18. Вигляд SATRON VOM.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SATRON VOM Turbidity and solids sensor for Food and Biopharma

The SATRON VO sensor allows savings to be obtained in process industries such as:

- Transition monitoring for startup, changeovers and shut-down
- CIP return line monitoring
- Automation of yeast harvesting in breweries
- Integrity monitoring of filters

The sensor uses fully flat front process side flushing and communicates via 4...20mA and digitally using the HART® protocol.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Measuring range

0 ... 300 000NTU equivalent

Calibration

The sensor is factory calibrated at 4mA = water, 20mA = 2% fat cow milk, freely adjustable with pushbuttons or Hart® modem.

Damping

Time constant adjustable 0.01 to 60 s.

Repeatability

0.1% from maximum span.

Response time

0.1s (with less than 0.1s damping)

Accuracy

0...1 000 NTU 0.25% ±50 NTU offset
1 000...10 000 NTU 1%
10 000...300 000 NTU 5%

Unit selection

%, NTU, FNU, FTU, mg/L, g/dm³, PPM

Temperature limits

Ambient: -30 to +80 °C (-22 ...176 °F)
Process N type: -5 to +100 °C (23 ...212 °F)
(120 °C for 10 min) (248 °F)
Process H type: -5 to +140 °C (23 ...284 °F)
(160 °C for 30 min) (320 °F)
Shipping & storage: -40 to +80 °C
(-40 ...176 °F)
Display operating range: 0 to +50 °C
(Does not affect operation of the sensor)

Output 3-wire (3W), 4-20 mA NAMUR NE43

Supply voltage

Nominal 24 VDC, (21.6 - 27.6V) 200mA

Humidity limits

0-100% RH

Pressure class:

- PN40
- Test pressure -1 to 250 bar (-14.5 to 3625.94 PSI)

EMC directive 2014/30/EC

- EN 61326-1: 2013

CONSTRUCTION

Materials:

Sensing element ¹⁾: AISI316L, PEEK, Duplex (EN. 1.4462), Hast. C276/C22, or Titanium Gr2.
Surface quality: Polished Ra <0.8µm
Lens: Sapphire or Spinel ceramic

Housing with display, code N:

Housing: AISI303/316
Seals: Nitrilerubber and Viton®
Nameplates: Polyester

Housing without display, code H:

Housing: AISI303/316
Seals: Viton® and NBR
Nameplates: Polyester

Connection hose between sensing element and housing (RDU) code L:

PVC signal cable or hose protected with PTFE/AISI316 braiding
Nameplates: Polyester

Electrical connections

Housing without display code H:

1x M12 plug connector

Housing with display, code N:

2x M12 plug connector

I/O-connections

Current output1 Turbidity active
Range (NAMUR NE 043) 3.5...23 mA
Maximum load 600 Ω
Factory setting 4...20 mA

Switch outputs (up to 3 available)

solid state relay, grounding contact
Maximum voltage 35 V
Maximum current 50 mA
Maximum leakage current 10 µA

Switch inputs (up to 3 available)

NC (no connection) OFF
0...2 V ON
Minimum values for switch in use
Voltage 16 V
Current 4 mA
Leakage current 1 mA

Current output2
Internal power supply

Current output 2 has same ground as binary IO

Maximum load 400 Ω
Range 3.5...23 mA
Factory setting 4...20 mA
External power supply
Current output 2 is galvanically isolated

Maximum supply voltage 35 VDC
Range 3.5...23 mA
Factory setting 4...20 mA
Maximum isolation voltage 100 VDC

Process connections

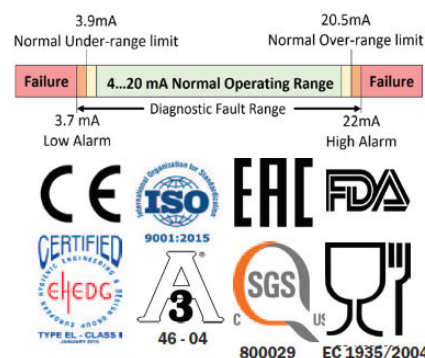
- With G1 connecting thread
- Tri-Clamp 25/38 and 40/51
- Tuchenhangen Type "N"
- 1" retractable "B1"

Protection class: IP66, IP67 and IP68
See Selection chart.

Weight

Housing without (H): 0.9 kg
Housing with Display (N): 1.3 kg
Remote Housing (L): 2.5 kg
Remote sensor (R): 2.5 kg

Output signal according to NAMUR
NE043 Signal Level for the failure information of Digital Transmitters.
Min. load using HART®-communication
250 Ω



UL 61010-1, 3rd Ed. Rev May 11. 2012
CAN/CSA C22.2 No. 61010-1-12, Ed. 3
EMC directive 2014/30/EC

- EN 61326-1:2013
¹⁾ Parts in contact with process medium
compliant to FDA

Рис. 2.19. Характеристики SATRON VOM.

									Арх.
									29
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата					

Кваліфікаційна робота

VOM measurement principle:

Backscattering with selectable wavelength lightsource LED (see selection chart)
The light source is fully compensated for aging, temperature, and ambient light changes due to the high duty cycle measurement (up to 100 measurements per second).
The lifetime for the optical LED and photodetectors is 20 years minimum.

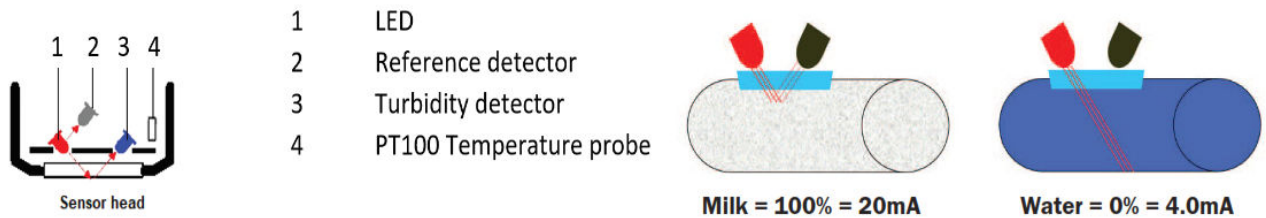
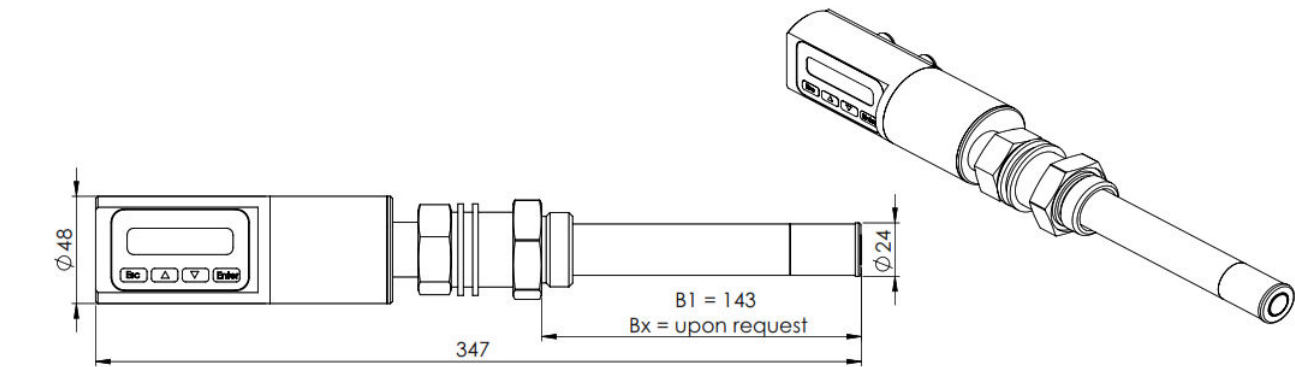
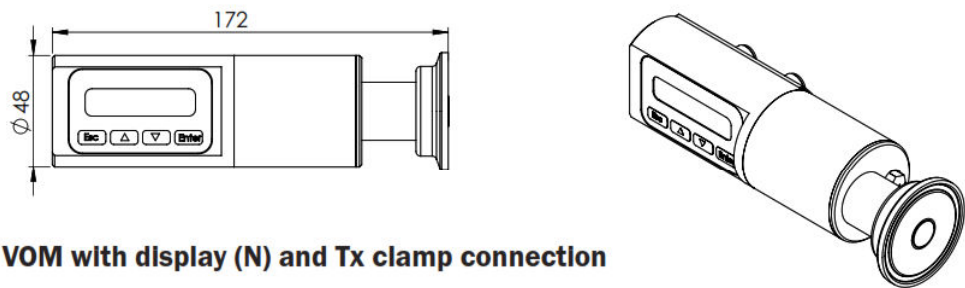
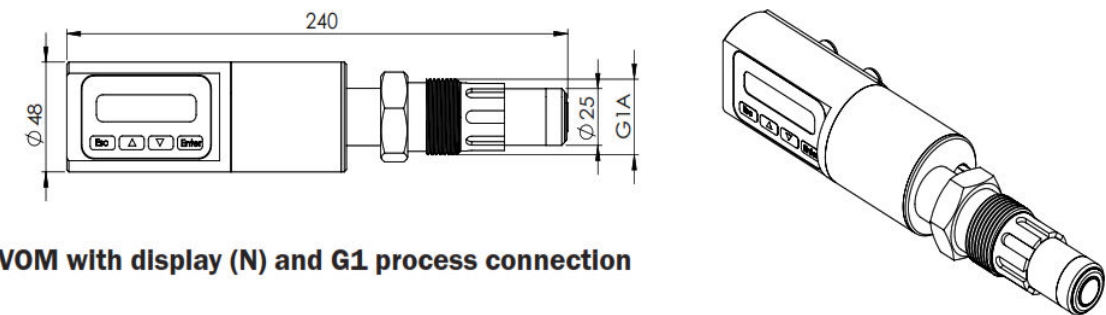


Рис. 2.20. Принцип роботи датчика SATRON VOM.

Dimensions and Housing types VOM (mm)



VOM with display (N) and B1 / BX ball valve Insertion process connection

Рис. 2.21. Монтажні розміри SATRON VOM.

Selection Chart

Adjustability	Span, min		Span, max	
VOM	0... 1000 NTU		0... 300 000 NTU	
Process temperature limits				
	N	Normal version -5...+100 °C (23...212°F) (120 °C (248°F) for 10 minutos)		
	H(**)	High temperature -5...+140 °C (23...284°F) (160 °C (320°F) for 30 minutos)		
Output				
	S	4-20mA DC/HART® for 50Hz (Europe)		
	J	4-20mA DC/HART® for 60Hz (USA / Japan)		
Material of wetted parts				
	Body	Lens	Seal	3A 18-03
	2	AISI316L	2 Sapphire	1(***) EPDM Class II
	3(****)	Hast. C 276	4 Spinel	2 FPM (Viton®) Class I
	6(****)	Titanium Gr2	3	FFPM (Kalrez®) Class I
	8(****)	Duplex (EN 1.4462)	4(*)	PTFE (Teflon)
	9(****)	Peek		
Housing type				
	B	Housing with display and pushbuttons, 1mA output		
	N	Housing with display and pushbuttons, 2mA outputs, 3 bin in/outputs		
	H	Housing without display		
	L	Remote electronics housing with display		
Probe type				
	O	No remote probe		
	R	Remote measuring probe (not available with L housing), IP68		
Connection type				
	T	M12, IP67		
	V	PG9 (always with L housing), IP66		
Cable Material				
	0	No L or R option selected		
	2(*)	AISI316L braided PTFE hose		
	4	PVC cable (std.)		
Cable length				
	0	No L or R option selected		
	2	10 M PVC		
	3	15 M PVC		
	Extension 10M PVC cable available			
Light source				
	6	640nm	7	880nm
	9	IR+		
Process connections				
	G1	Standard G1A thread + Oring		
	TA	Tri-Clover 25/38 (ISO 2852)		
	TB	Tri-Clover 40/51 (ISO 2852)		
	TN	Tuchenhagen "N" type DN50		
	H1(*)	Fixed mounting tube (see H1 picture)		
	HX(*)	Fixed mounting tube (specify length)		
	B1(*)	G1A ball valve insertion. Extension 19cm diameter ø 24mm		
	BX(*)	G1A ball valve insertion. Extension on request		

Documentation

Calibration certificate AE English

Installation and operating instructions IE English IF Finnish FR French

Material certificates

0 No material certificate

MC1 Raw material certificate without appendices, in accordance with SFS-EN 10204-2.1 (DIN 50049-2.1) standard

MC2 Raw material certificate for wetted parts, in accordance with SFS-EN 10204-2.2 (DIN 50049-2.2) standard

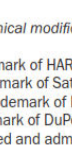
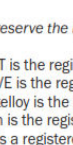
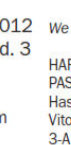
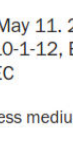
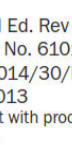
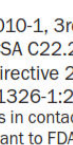
MC3 Raw material certificate for wetted parts, in accordance with SFS-EN 10204-3.1 B (DIN 50049-3.1 B) standard

* Not EHEDG certified & Not within the 3A approval

** For EHEDG & 3A in combination with Kalrez Seals

*** Do not exceed above 8% fat content process media

**** Only process connection G1



UL 61010-1, 3rd Ed. Rev May 11, 2012
CAN/CSA C22.2 No. 61010-1-12, Ed. 3
EMC directive 2014/30/EC
- EN 61326-1:2013
1) Parts in contact with process medium
compliant to FDA

We reserve the right for technical modifications without prior notice.

HART is the registered trademark of HART Communication Foundation.
PASVE is the registered trademark of Satron Instruments Inc.
Hastelloy is the registered trademark of Haynes International.
Viton is the registered trademark of DuPont Down Elastomer.
3-A is a registered mark owned and administered by 3-A SSI.



Satron Instruments Inc., FI-33960 Pirkkala, Finland
Tel. +358 207 464 800, www.satron.com

Рис. 2.22. Формування замовлення моделі SATRON VOM.

Об'єм сусла

При визначенні значення об'єму сусла в процесі охолодження пивного сусла застосовано лічильник KOBOLD DRB рис. 2.23. [6]



Рис. 2.23. Вигляд KOBOLD DRB.

Order Details (Example: DRB-1105 G4 F300)

With pipe fittings							Evaluating electronics			
Measuring range max. 3 m/s		Flow rate max. ca. 10 m/s [l/min water]	Model		Connection		Frequency output			
[l/min water]	approx. frequency [Hz] f. s.		Material brass	Material stainless steel	Standard female	Special female	Frequency output			
5-30	40	100	DRB-1105..	DRB-1205..	..G4.. = G 1/2	..N4.. = 1/2" NPT	..F300 = frequency output, plug connector M12 x 1 ..F320 = frequency divider 1: 2, plug connector M12 x 1 ..F340 = frequency divider 1: 4, plug connector M12 x 1 ..F390 = frequency divider 1...1/120, plug connector M12x 1			
10-50	40	180	DRB-1110..	DRB-1210..	..G5.. = G 3/4	..N5.. = 3/4" NPT	Analogue output ..L303 = 0-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L342 = 4-20 mA output, 2-wire, M12 x 1 plug connector ..L343 = 4-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L442 = 4-20 mA output, 2-wire, plug connector DIN 43 650			
20-80	65	230	DRB-1115..	DRB-1215..	..G6.. = G 1	..N6.. = 1" NPT	Compact electronic* ..C30R = LED display, 2 x open collector, PNP, plug connector M12 x 1 ..C30M = LED-display, 2 x open collector, NPN, plug connector M12 x 1 ..C34P = LED-display, 4-20 mA, 1 x open collector PNP, plug connector M12 x 1 ..C34N = LED-display, 4-20 mA, 1 x open collector NPN, plug connector M12 x 1			
25-250	85	600	DRB-1120..	DRB-1220..	..G8.. = G 1 1/2	..N8.. = 1 1/2" NPT	Counter electronics ..E34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays Dosing electronics ..G34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays			
30-350	80	1000	DRB-1125..	DRB-1225..	..G9.. = G 2	..N9.. = 2" NPT				
50-750	70	1600	DRB-1130..	DRB-1230..	..GB.. = G 3	..NB.. = 3" NPT				
With installation adapter not available with compact / ADI electronics							ADI-electronics*			
Meas. range [m/s]	approx. frequency [Hz] at max. value	max. flow rate [m/s]	Model		Connection for nominal pipe size		Display	Supply	Output	Contacts
0.7 - 3	50 (at DN25)	10	DRB-1200..	DRB-1300..	..W6.. = DN 25		K=Bar-graph/ Digital display	0 - 100-240 V _{AC} 3 = 18-30V _{AC} 10-40 V _{DC}	0=without 4=0(4) 20 mA, 0-10V	2-2 change-over contacts
0.3 - 3	85 (at DN40)				..W8.. = DN 40/DN 50					
0.3 - 3	80 (at DN50)				..WB.. = DN 80					
0.2 - 3	70 (at DN80)									

* Please specify flow direction in writing.

Рис. 2.24. Формування моделі при замовленні KOBOLD DRB.

Plug-on display for model DRB...L442
(2-wire, 4-20 mA output and DIN connector)

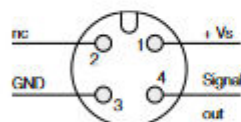
Description	Order number
4-digit LED, connector DIN 43650, 2-wire, supply through analogue output	AUF-1000
as above however with additional open collector output	AUF-1001

Weights

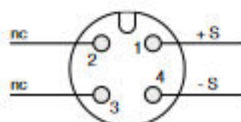
Sensor		Electronics	
Model	Weight	Model	Weight
1/2"	approx. 750 g	Frequency output	25 g
3/4"	approx. 1050 g	Analogue output	25 g
1"	approx. 900 g	Compact electronic	approx. 600 g
2"	approx. 1500 g	ADI electronics	1400 g
3"	approx. 3000 g	E/G electronics	1400 g

Electrical connection

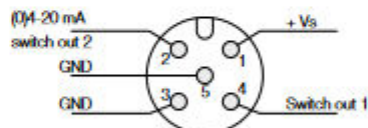
DRB-..F.., DRB-..Z.., DRB-..L3..3-wire



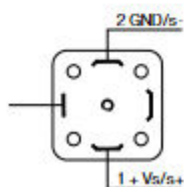
DRB-..L342 2-wire



DRB-..C..



DRB-..L442



- 14 — Control 1
- 13 — Control 1 - GND
- 12 — Control 2
- 11 — Control 2 - GND
- 10 — Sensor supply
- 9 — Analogue GND
- 8 — Analogue 10 V
- 7 — Analogue 20 mA
- 6 —
- 5 —
- 4 — GND
- 3 — I-Input Namur
- 2 — I-Input NPN
- 1 — I-Input PNP

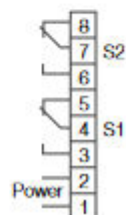


Рис. 2.25. Клемна колодка моделі KOBOLD DRB.

Model: DRB-..K.., ..G.., ..E..

(with ADI evaluating electronic, counter or dosing electronic)

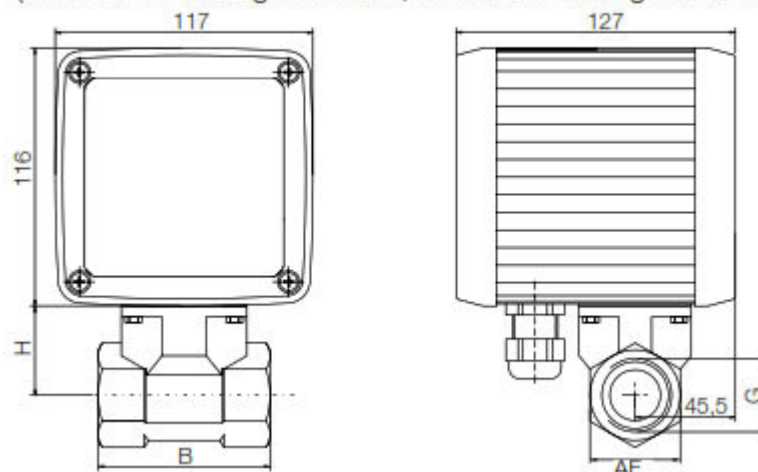


Рис. 2.26. Монтажні розміри KOBOLD DRB.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

34

2.2. Схема автоматизації

Температура в гідроциклоні та в трубопроводі визначається датчиками температури (поз. 1а-2а) та регулюється з ПЛК через електропневматичні перетворювачі (поз. 1б-2б) пневматичними клапанами (поз. 1в-2в) подачі подачі холодоагенту.

Рівень сусли в гідроциклоні визначається радарним рівнеміром (поз. 3а) та регулюється з ПЛК насосами (поз. М1-М3) через магнітні пускачі (поз. КМ1-КМ3).

Визначення об'єму сусли що надходить в гідроциклон виконується лічильником (поз. 4а).

Визначення мутності сусли в гідроциклоні виконується датчиком мутності (поз. 5а).

Магнітний пускач КМ4 управляє двигуном змішувача (поз. М4) в гідроциклоні.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схе- мою	Місце вста- нов- лення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К- сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-2а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4- 20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -300...+600 °С	Omnigrad M TR10	2	Endress+ Hauser, Швейцарія
2	1б-2б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	Sentronic LP G617A4520 0A0003	2	ASCO Numatics, Ірландія
3	1в-2в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.25G.11 L100.1R15	2	Valsteam ADCA, Португалія
4	3а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м	Micropilot FMR50	1	Endress+ Hauser, Швейцарія
5	4а	по місцю	Імпульсний лічильник рідини. Напруга живлення 24 В.	DRB-1110 G5 F300	1	KOBOLD, Німеччина
6	5а	по місцю	Датчик мутності, діапазон вимірювань 0-100 %, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 24 В DC	SATRON VOM	1	SATRON Instruments, Фінляндія

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
7	КМ1- КМ4	по місцю	Електромагнітне реле. 3 контакти. Напруга макс. 440В АС, струм комутації 20А.	relpol R3(N)- 2013-23- 5024-WTL	4	СВ Альтера м.Київ
8	М1- М3	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3кВт, напруга живлення 380В.	АИР90L2	3	ООО "Системакс" м. Київ
9	М4	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP 150- 110/6	1	Насос- Монтаж м. Київ

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

3.1. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла взято ПЛК Schneider Electric M340.

Обрані модулі для ПЛК Schneider Electric M340 вказані в таблиці 3.1 та їхня конфігурація на рис. 3.1.

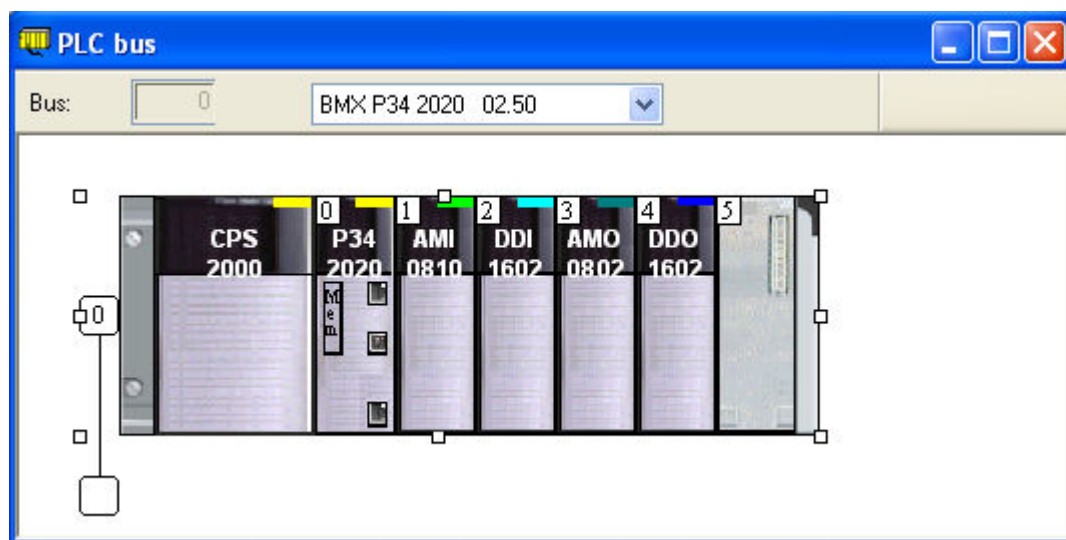


Рис. 3.1. Конфігурація модулів ПЛК M340.

					Кваліфікаційна робота						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Веха І.В.			Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла			Літ.	Арк.	Аркуші	
Керівник		Смітюх Я.В.								38	7
								НУХТ ЗАК-5-1			
Зав. каф.		Смітюх Я.В.									
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.									

Таблиця 3.1. Вибір модулів для ПЛК

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Модуль процесора Schneider Electric Modicon M340.
BMX CPS 2000	1	Модуль блоку живлення ПЛК
BMX AMI 0810	1	Модуль на 8 аналогових входів
BMX AMO 0802	1	Модуль на 8 аналогових виходів
BMX DDI 1602	1	Модуль на 16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	Модуль на 16 дискретних виходів

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В системі автоматизації процесу охолодження пивного суслу в принциповій електричній схемі автоматичного регулювання зображені наступні елементи:

- автоматичні вимикачі з захистом від короткого замикання: QF1-QF3;
- блоки живлення з постійною напругою 24 В: БЖ1-БЖ2.

В системі автоматизації процесу охолодження пивного сусла на принциповій електричній схемі автоматичного регулювання використовується нумерація провідників:

- проводи, по яким проходить змінна напруга: 800-809;
- проводи, по яким проходить постійна напруга: 900-903;
- проводи, по яким проходять вимірювальні сигнали: 100-104;
- проводи, по яким проходять сигнали регулювання та управління: 200-207;
- лінія, по якій проходить сигнал пневматичного живлення: 0800;
- лінії, по яким проходять сигнали пневматичного управління: 0200-0201.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури після теплообмінника

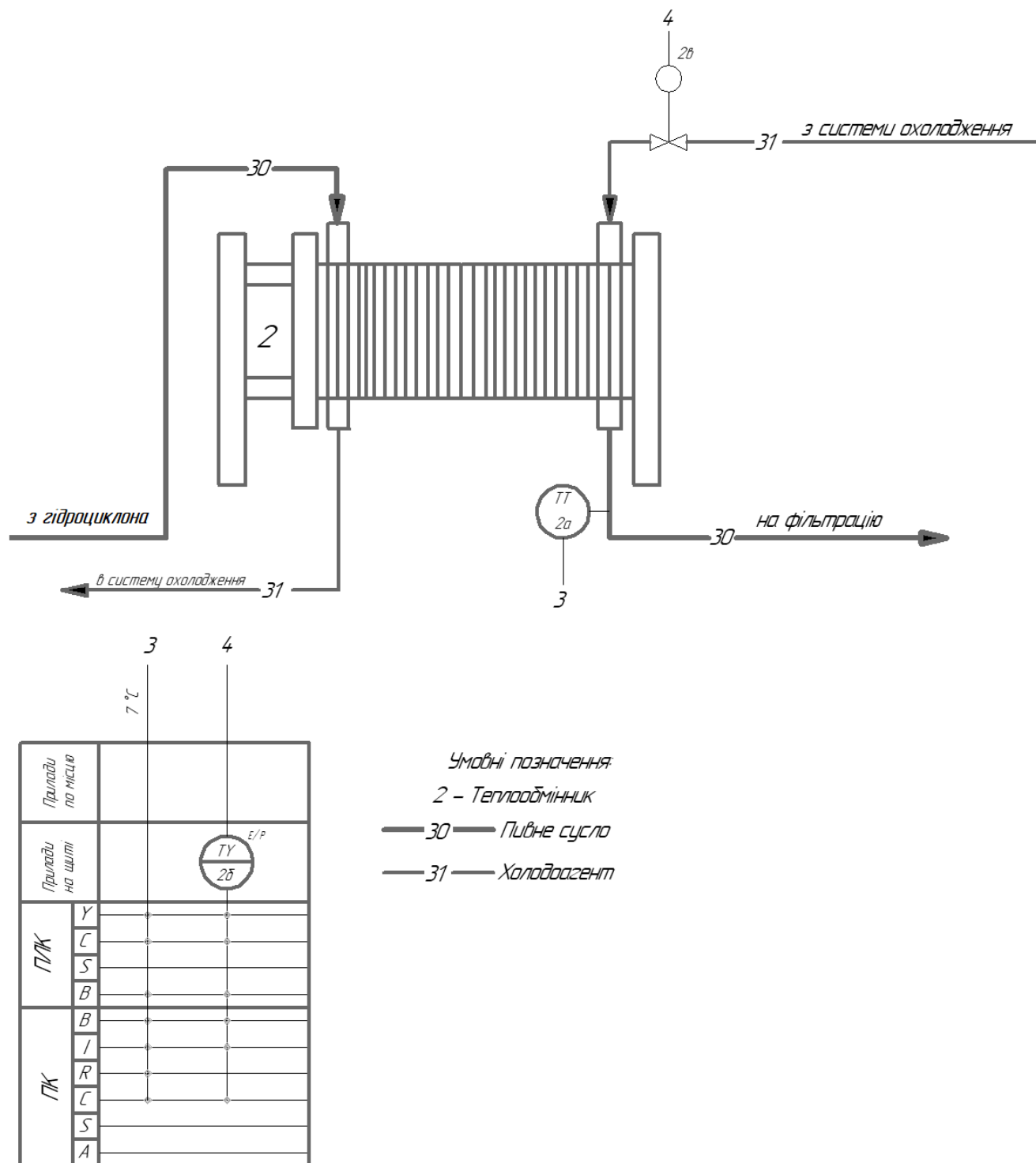


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання температури після теплообмінника.

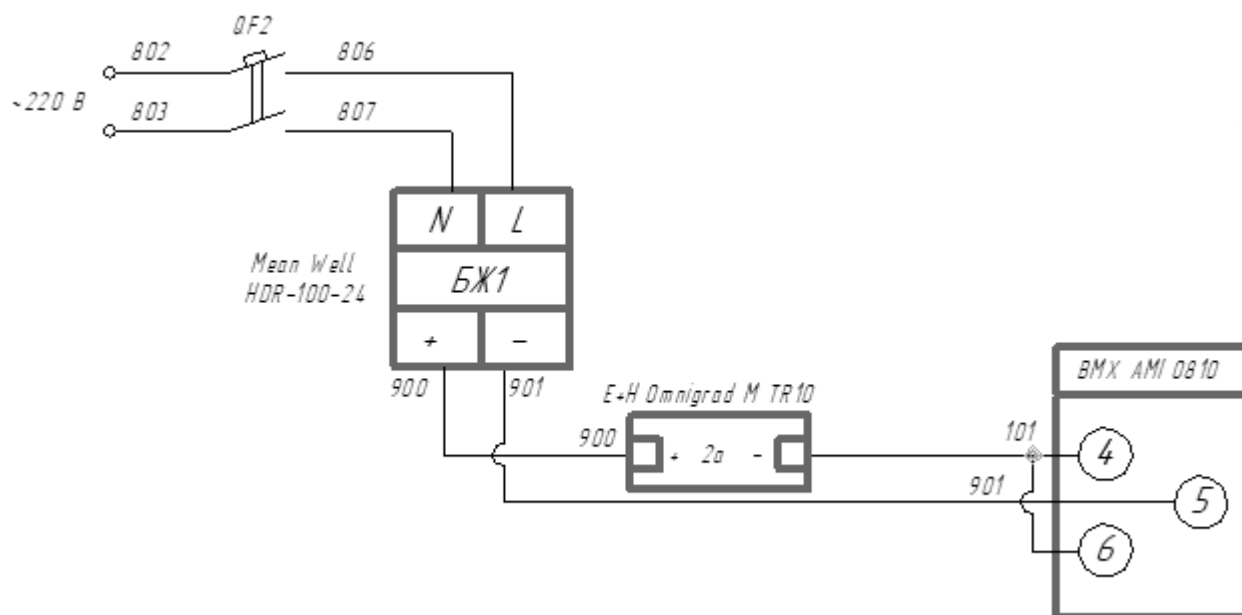


Рис. 3.3 Схема підключення E+H Omnigrad M TR10 до BMX AMI 0810.

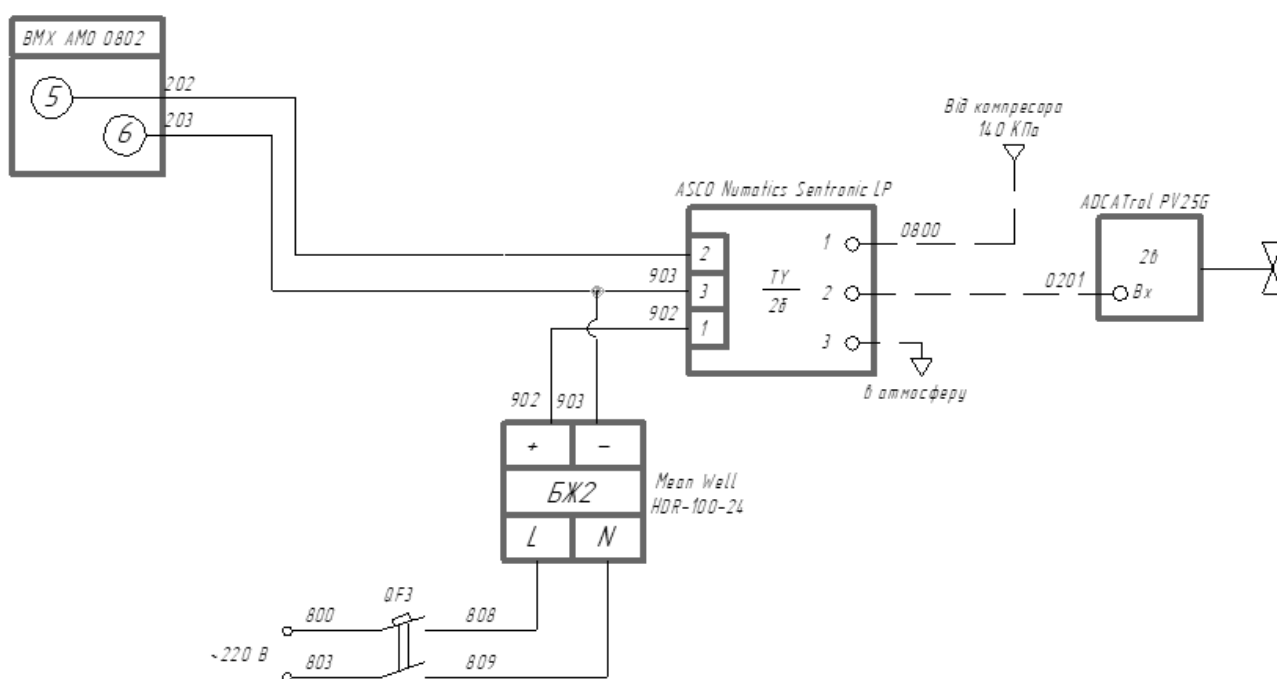


Рис. 3.4. Схема підключення ASCO Numatics Sentronic LP до BMX AMO 0802.

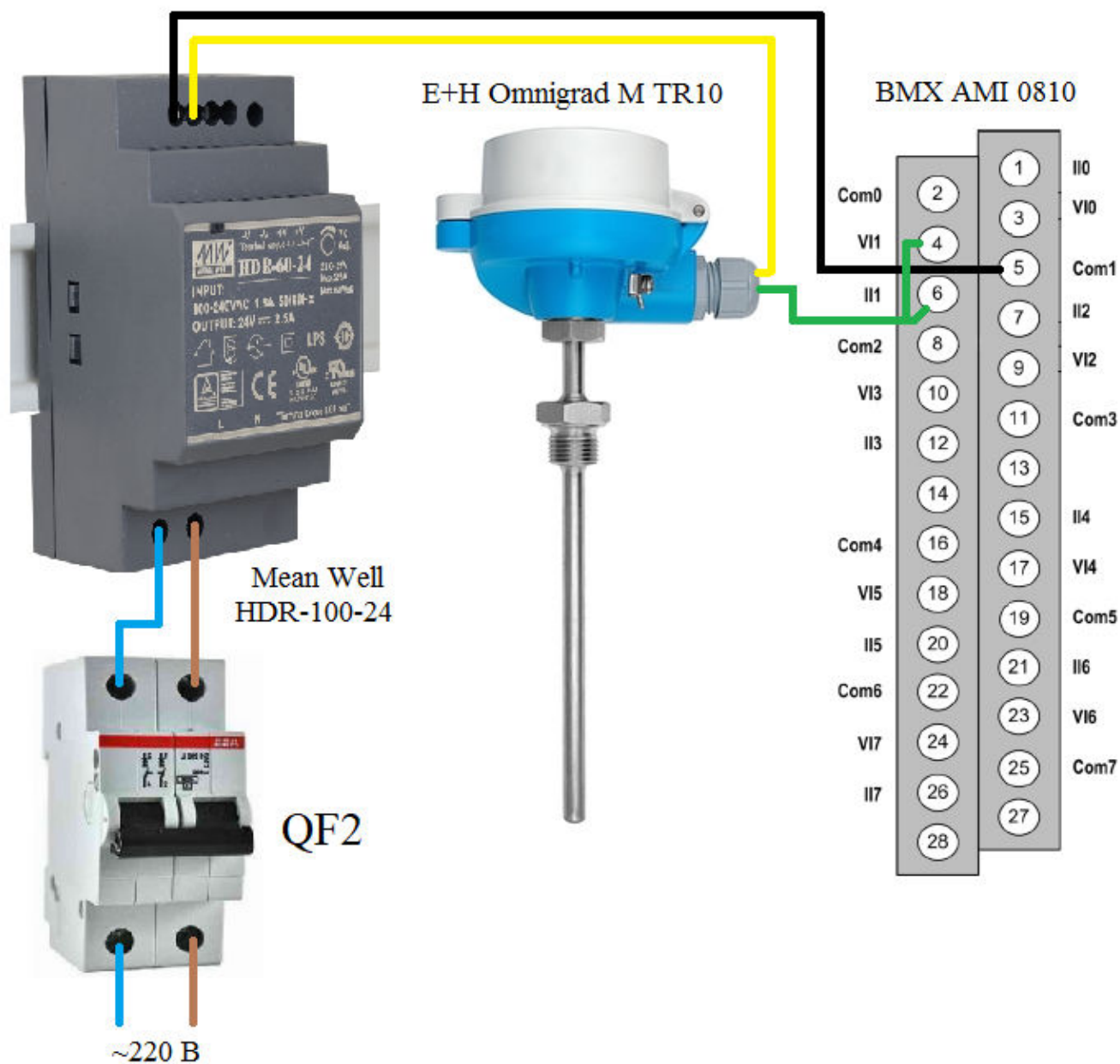


Рис. 3.5. Графічна схема підключення E+H Omnicraft M TR10 до BMX AMI 0810.

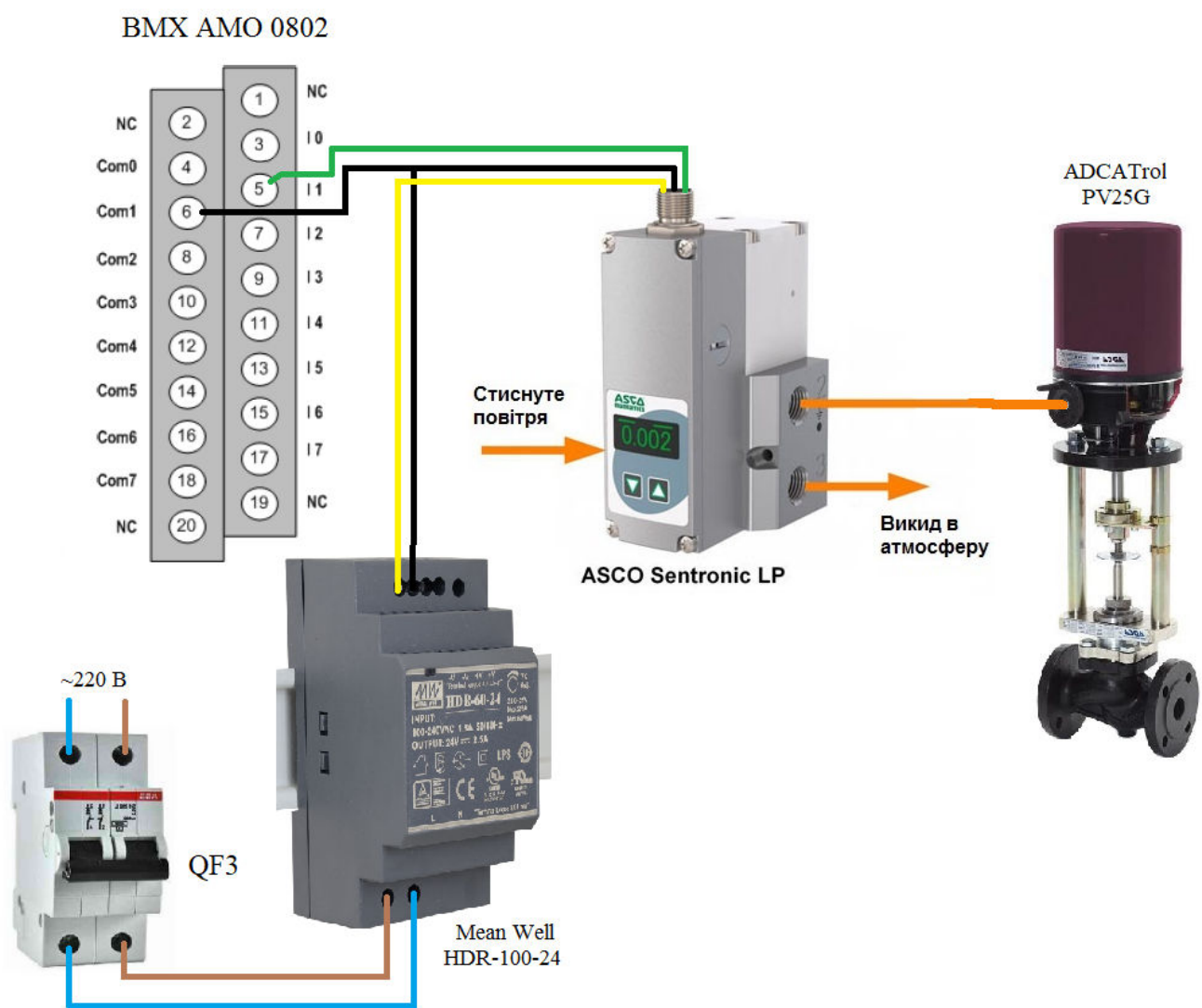


Рис. 3.6. Графічна схема підключення ASCO Numatics Sentronic LP до BMX AMO 0802.

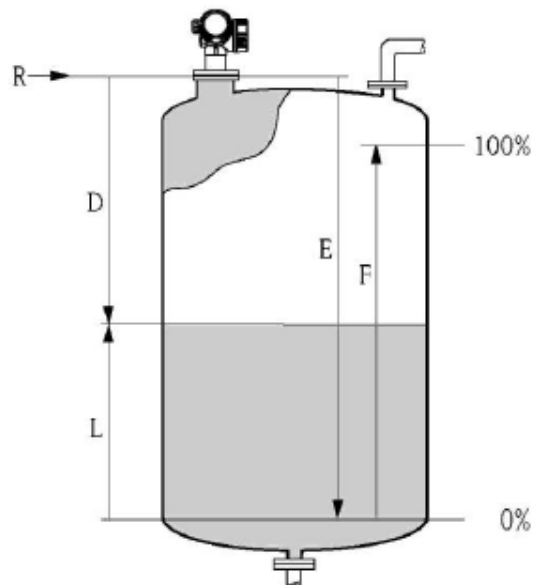
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

При визначенні значення рівня в процесі охолодження пивного суслу застосовано радарний рівнемір E+H Micropilot FMR50 рис. 4.1. [4]



Рис. 4.1. Вигляд E+H Micropilot FMR50.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Веха І.В.						
Керівник		Смітюх Я.В.					45	3
						НУХТ ЗАК-5-1		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



$$L = E - D$$

$$D = c \cdot t / 2,$$

L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

R – контрольна точка вимірювання (нижній край фланця або нарізного сполучення);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

t – часом прийняття відбитого сигналу.

Рис. 4.2. Принцип визначення рівня в E+H Micropilot FMR50.

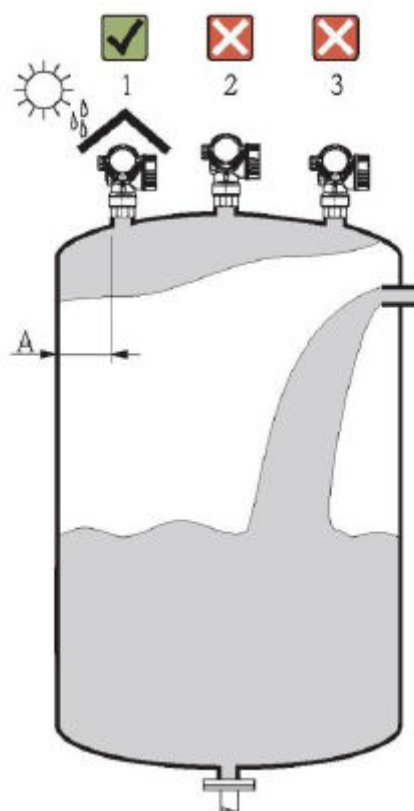


Рис. 4.3. Способи кріплення E+H Micropilot FMR50.

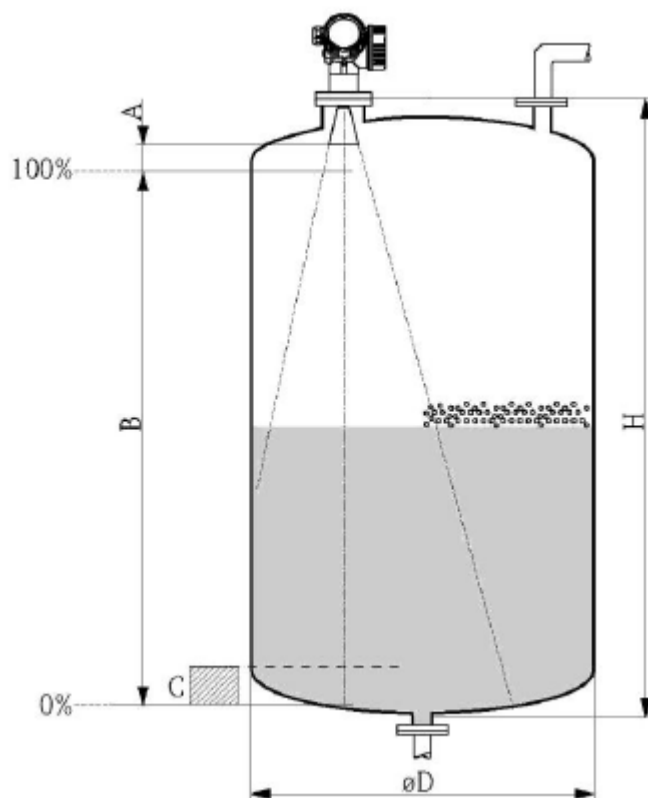
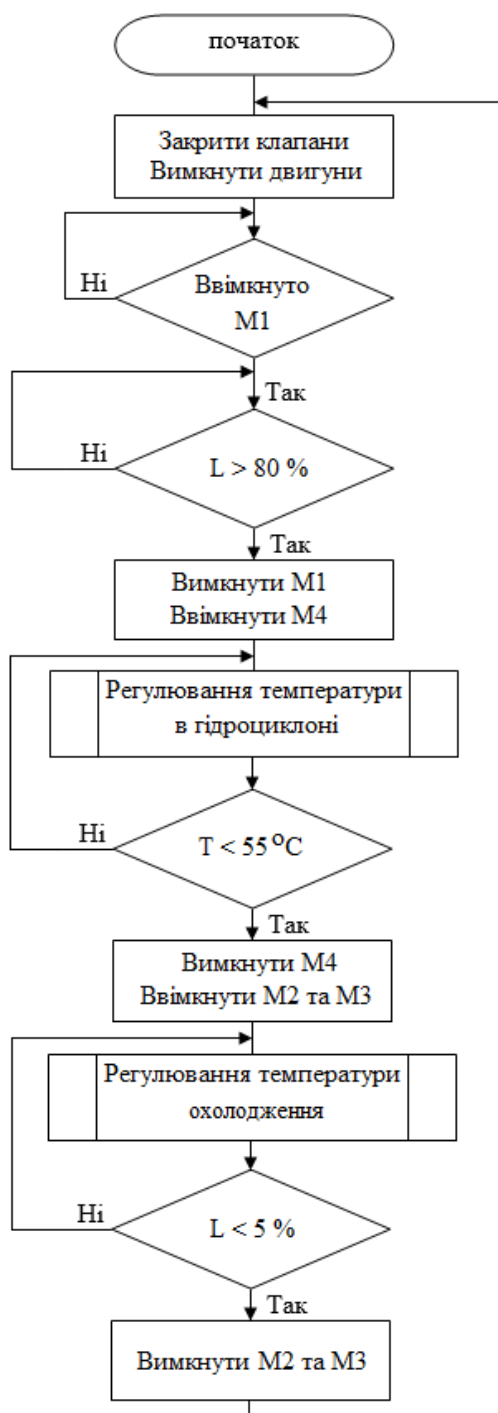


Рис. 4.4. Принцип роботи радарного рівнеміра E+H Micropilot FMR50.

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

Процес охолодження пивного суслу виконується за таким алгоритмом:



					Кваліфікаційна робота					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного суслу			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Веха І.В.									
Керівник	Смітюх Я.В.								48	4
								НУХТ ЗАК-5-1		
Зав. каф.	Смітюх Я.В.									
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.									

Змінні, що були використані для програми в ПЛК, їх опис наводиться в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Таблиця опису змінних для ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
Tsg	%IW0.1.0	Температура сусли в гідроциклоні
Toxs	%IW0.1.1	Температура охолодженого сусли
Lsg	%IW0.1.2	Рівень сусли в гідроциклоні
Msg	%IW0.1.3	Мутність сусли в гідроциклоні
Fsg	%I0.2.0	Об'єм сусли в гідроциклоні
KL1V	%QW0.3.0	Клапан пари 1в
KL2V	%QW0.3.1	Клапан води 2в
NsM1	%Q0.4.0	Насос М1
NsM2	%Q0.4.1	Насос М2
NsM3	%Q0.4.2	Насос М3
DvM4	%Q0.4.3	Двигун М4

Програма для процесу охолодження пивного суслу написана з використанням мови програмування ST (Structured Text):

!%L1: (*Початок процесу*)

REPEAT

KL1V:=0;

KL2V:=0;

RESET NsM1;

RESET NsM2;

RESET NsM3;

RESET DvM4;

UNTIL (NOT %M1)

END_REPEAT;

IF %M1 THEN (*Вкл. M1*)

SET NsM1;

RESET %M1;

END_IF;

IF Lsg > 8000 THEN (*Рівень > 80 %*)

RESET NsM1;

SET DvM4;

SET %M3;

REPEAT

PID(' ', ' ', Tsg, KL1V, %M2, %MW1:43);

UNTIL (Tsg > 3905) (*Температура > 55 °C*)

END_REPEAT;

END_IF;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

IF (Tsg < 3905 AND %M3) THEN (*Температура < 55 °C*)

RESET DvM4;

SET NsM2;

SET NsM3;

RESET %M3;

SET %M4;

END_IF;

IF (Lsg > 500 AND %M4) THEN (*Рівень > 5 %*)

REPEAT

PID(' ' ', Toxs, KL2V, %M5, %MW50:43);

UNTIL (Lsg > 500)

END_REPEAT;

END_IF;

IF (Lsg < 500 AND %M4) THEN (*Рівень < 5 %*)

RESET NsM2;

RESET NsM3;

RESET %M4;

JMP %L1;

END_IF;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема процесу охолодження пивного сусла була розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. В таблиці 6.1 представлено опис змінних, що задіяні при розробці мнемосхеми.

Таблиця 6.1. Змінні та їх параметри.

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
Tsg	%IW0.1.0	0	10000	-300	600	INT
Toxs	%IW0.1.1	0	10000	-300	600	INT
Lsg	%IW0.1.2	0	10000	0	100	INT
Msg	%IW0.1.3	0	10000	0	100	INT
Fsg	%IO.2.0	0	1	0	1	BOOL
KL1V	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
KL2V	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
NsM1	%Q0.4.0	0	1	0	1	BOOL
NsM2	%Q0.4.1	0	1	0	1	BOOL
NsM3	%Q0.4.2	0	1	0	1	BOOL
DvM4	%Q0.4.3	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла			Літ.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Веха І.В.									
Керівник		Смітюх Я.В.							52	2	
								НУХТ ЗАК-5-1			
Зав. каф.		Смітюх Я.В.									
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.									

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу охолодження пивного суслу забезпечує оператора оперативною інформацією, відносно технологічних параметрів з АРМ оператора – автоматизованого робочого місця, та дає можливість при необхідності вносити управляючу дію для змішувача, клапанів та насосів вручну.

Вид мнемосхеми процесу охолодження пивного суслу вказано на рис. 6.2.

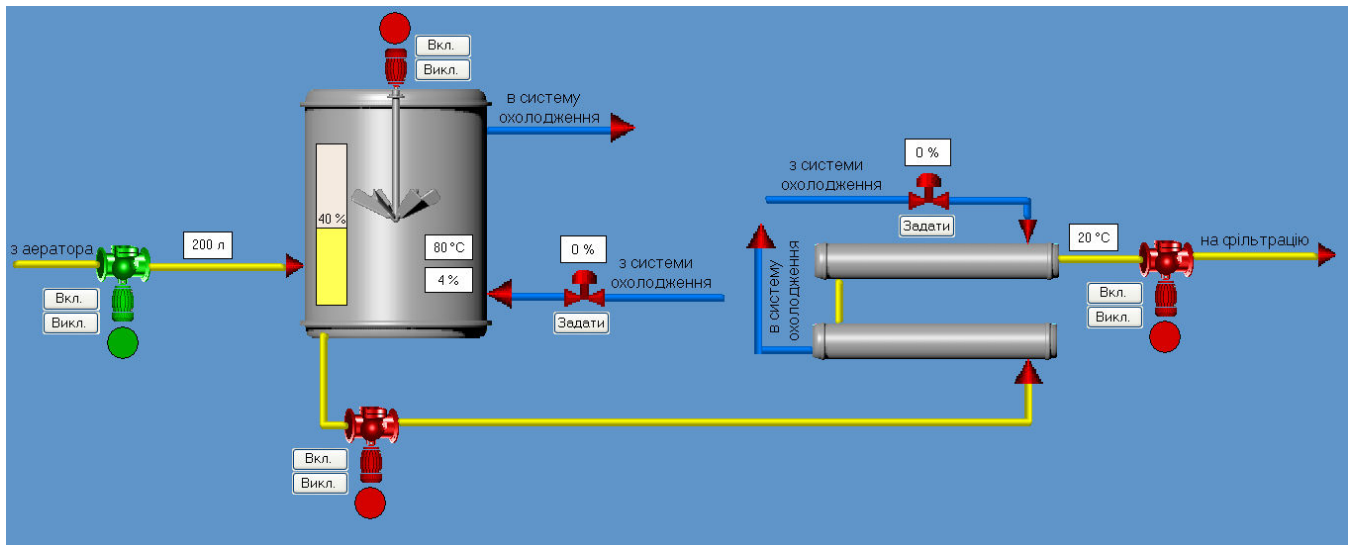


Рис. 6.2. Мнемосхема процесу охолодження пивного суслу.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Для задачі регулювання температури охолодження пивного сусла в гідроциклоні під час проходження процесу охолодження пивного сусла необхідно розрахувати оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора (рис. 7.1).

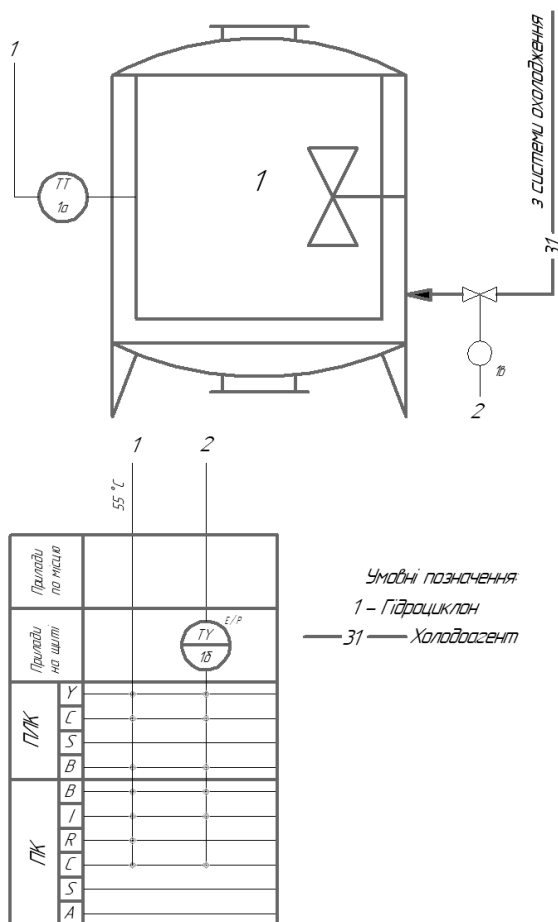


Рис. 7.1. Схема регулювання температури пивного сусла в гідроциклоні.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: для регулювання температури охолодження пивного сусла в гідроциклоні визначити ОПН ПІ-регулятора.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Веха І.В.				Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Смітюх Я.В.						54	5
Зав. каф.	Смітюх Я.В.					НУХТ ЗАК-5-1		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.							

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

На параметричній схемі зображено обрані входні та вихідні канали по каналу регулювання температури охолодження пивного сусла в гідроциклоні (рис. 7.2).

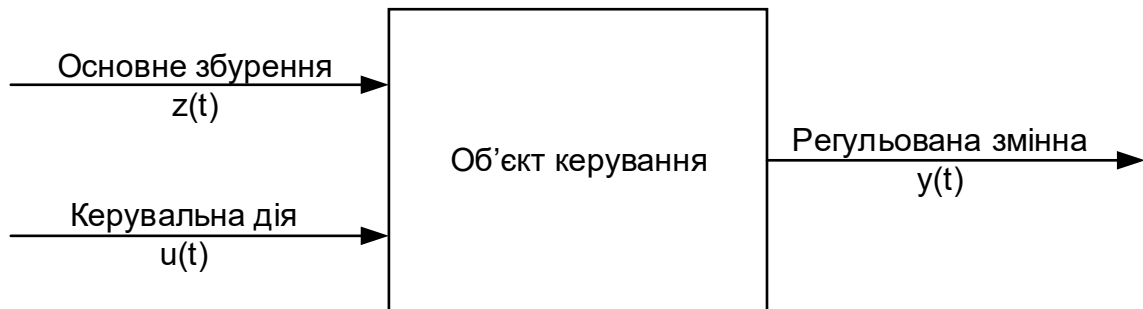


Рис. 7.2. Параметрична схема по каналу регулювання температури охолодження пивного сусла в гідроциклоні.

$z(t)$ – початкова температура сусла, °C, T_{ps} (рис. 7.3);

$u(t)$ – клапан подачі холодоагенту, % ходу регулюючого органу (%X.P.O.), U_{KL} (рис. 7.3);

$y(t)$ – температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні, °C, T_{sl} (рис. 7.3).

Модель по каналу регулювання температури охолодженого сусла в гідроциклоні реалізована з ланки запізнення і аперіодичної ланки (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

$$W_1(s) = \frac{k}{Ts + 1}$$

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{\text{зп}} s}$$

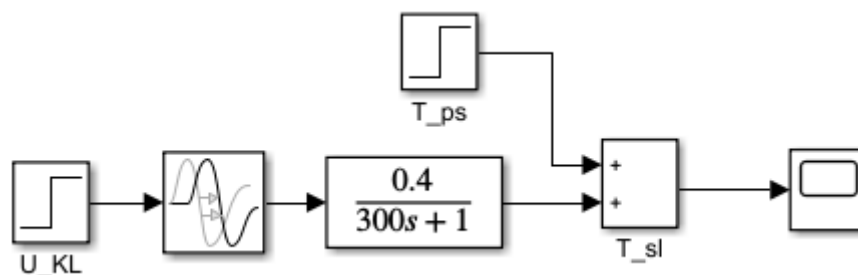


Рис. 7.3. Модель по каналу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні.

7.3. Моделювання САР

Вибираємо метод для визначення оптимальних параметрів налаштування (ОПН) ПІ-регулятора з таблиці [7] – процес з мінімальним часом регулювання:

Закон регулювання	Критерій		
	Процес з мінімальним часом регулювання	Процес з 20% пере регулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливаний	Процес з мінімальною інтегрально-квдратичною оцінкою
I	$k_{p1} = \frac{1}{4.5 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$
П	$k_p = \frac{0.3T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.9T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$
ПІ	$k_p = \frac{0.6T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 0.7T$
ПІД	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_d = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_d = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_d = 0.4\tau$

Визначаємо ОПН для ПІ-регулятора:

$$k_{об} = 0,4; T = 300; \tau_{зп} = 25;$$

$$k_p = (0,6 * 300) / (0,4 * 25) = 18;$$

$$T_i = T_{об} = 300; k_i = k_p / T_i = 18 / 300 = 0,06.$$

Визначені ОПН для ПІ-регулятора підставимо в модель (рис. 7.4).

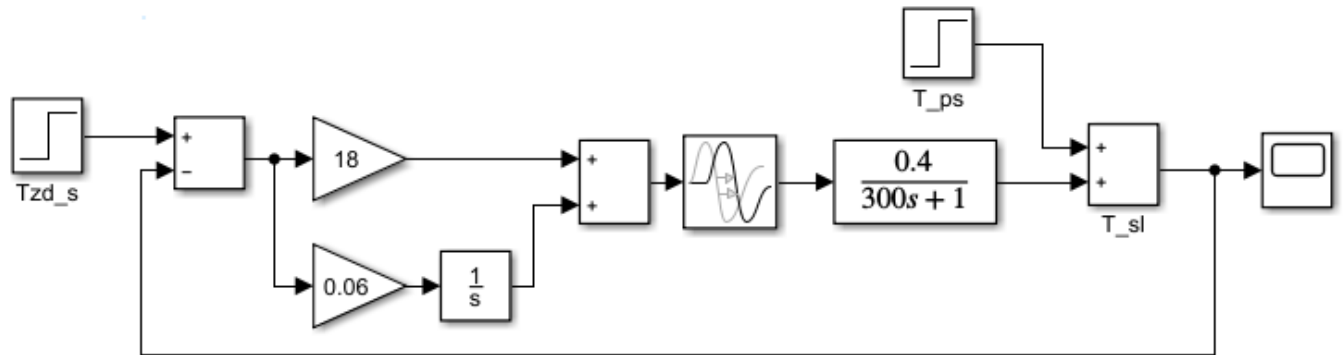


Рис. 7.4. Модель по каналу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні з ПІ-регулятором.

Отримаємо наступний перехідний процес по каналу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні з ПІ-регулятором, який зображений на рис. 7.5.

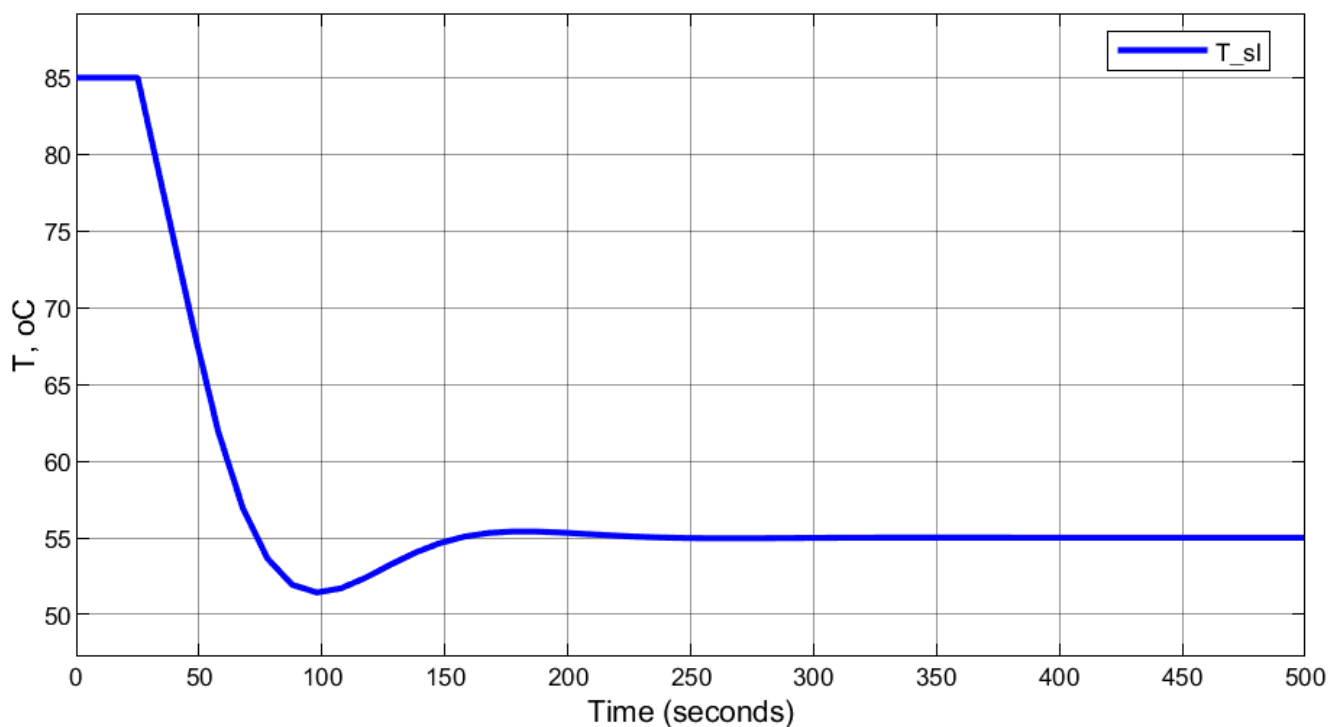


Рис. 7.5. Перехідний процес по каналу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Результати проведеного комп'ютерного моделювання для системи автоматичного регулювання (САР) по каналу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні дозволило знайти оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора з мінімальним часом регулювання:

- $k_p = 18$ – коефіцієнта підсилення;
- $T_i = 300$ – час інтегрування;
- $k_i = 0,06$ – коефіцієнта інтегрування.

Отриманий час перехідного процесу регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні становить – 250 сек., при цьому забезпечується мінімальна динамічна похибка, що становить – 3 °С.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі описано процес розробки системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла з використанням передових технологій та технічних засобів автоматизації.

В системі автоматизації процесу охолодження пивного сусла задіяно ПЛК Schneider Electric M340.

Citect SCADA 2015 застосовано для розробки дисплейної мнемосхеми процесу охолодження пивного сусла для використання в автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора.

Проведене комп'ютерне моделювання допомогло визначити оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури охолодженого пивного сусла в гідроциклоні.

Використання передових технологій та технічних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла дозволило отримувати якісно підготовлене пивне сусло для подальшого процесу бродіння, що в свою чергу на даному етапі дозволяє зменшити витрату енергоресурсів та збільшити прибутковість виробництва.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Technical Information Omnigrad M TR10. URL:
https://bdi-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EE9A2A59BCF6EA672C5/TI00256TEN_0219.pdf
2. PROPORTIONAL VALVES Sentronic LP. URL:
https://www.valves-direct.com/temp-pdfs/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
3. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVES PV25. URL:
http://komexis.hu/Angolnyelvu_ismertetok/Valsteam/3.Adcatrol%20Valves/IS%20PV25G.50%20E%2001.08%20%20%20PV25G%20Pneumatic%20control%20valves%20DN15-100.pdf
4. Micropilot FMR50. URL:
https://portal.endress.com/wa001/dla/5000776/9266/000/00/TI01039FRU_0112.pdf
5. SATRON VOM. URL: https://satron.com/wp-content/uploads/2018/06/Datasheet_VOM.pdf
6. Turbine Wheel Flowmeter for liquids. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/drb-gb-flow.pdf>
7. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.
8. Трегуб В.Г. Проективання систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
9. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
10. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 11.Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
- 12.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.
- 13.Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
- 14.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.
- 15.Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
- 16.Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
- 17.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.
- 18.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
- 19.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
- 20.Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
- 21.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.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 22.Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
- 23.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.
- 24.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.
- 25.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.
- 26.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.
- 27.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Засєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
- 28.Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
- 29.Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
- 30.Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoi Literature, 2014.- 240 p.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 31.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.
- 32.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.
- 33.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 34.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.
- 35.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)
- 36.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.
- 37.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 38.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
- 39.Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
- 40.Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 41.Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
- 42.Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
- 43.Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
- 44.Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
- 45.Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
- 46.Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		