

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
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«8» лютого 2023 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ярослав Смітюх
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«8» лютого 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому
заводі

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

Липтус Володимир Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Романов Микола Сергійович

(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 Олена М'якишко

(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

Ліптуса Володимира Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі*

керівник роботи *к.т.н. доц. Романов Микола Сергійович*

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

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

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 Лінтус В.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Романов М.С.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі описується розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі.

Система автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі була розроблена з ПЛК Schneider Electric M340.

Описано монтаж технічного засобу автоматизації – датчику тиску KOBOLD MAN.

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

Комп'ютерним моделюванням було визначено оптимальні параметри настройок ПІ-регулятора для процесу підігріву соку в нагрівнику.

Ключові слова: цукор, сатурація, автоматизація, M340, KOBOLD MAN.

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

Annotation

The qualification work describes the development of the automation system of the saturation process at the sugar factory.

The automation system for the saturation process at the sugar factory was developed with PLC Schneider Electric M340.

The installation of the technical means of automation – the KOBOLD MAN pressure sensor is described.

Citect SCADA 2015 was used in the development of a display mnemonic diagram for the operator's automated workplace (AWP).

Computer simulation determined the optimal settings of the PI controller for the juice heating process in the heater.

Keywords: sugar, saturation, automation, M340, KOBOLD MAN.

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

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.....	11
Розділ 2. Система автоматизації	12
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	12
2.2. Схема автоматизації.....	34
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	35
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	37
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	37
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	38
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	39
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	43
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	46
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	49
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	49
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	50
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	51
7.1. Постановка задачі дослідження.....	51
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	52
7.3. Моделювання САР.....	53
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	55
Висновки	56
Список використаної літератури	57

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

Вступ

Отримання сатураційного соку з заданими технологічними параметрами дозволяє в подальшому проводити процес фільтрації вилучивши з соку нецукри та процес випарювання без накипу на трубках випарювальних елементів

Метою кваліфікаційної роботи являється розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі з використанням сучасного ПЛК та сучасних технічних засобів автоматизації.

Використанням сучасного ПЛК та сучасних технічних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі дозволить зменшити витрати енергоресурсів для проведення процесу випарювання, оскільки з соку будуть вилучатися нецукри під час процесу фільтрації, а це в свою чергу збільшить прибутковість виробництва.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Процес дефекації проводиться після процесу преддефекації без застосування проміжної фільтрації. Застосовують холодну та гарячу дефекацію, при них сік обробляють вапняним молоком за температури 50-60 °С та 85-90 °С.

Процес дефекації проводиться в дефекаторі безперервної дії (рис. 1.1) Дефекатор представляє собою вертикальну циліндричну посудину 1 з конічним дном. Всередині дефекатора знаходиться обертовий вал 2, на який насаджені лопаті 3 та внизу встановлена скребкова мішалка 4.

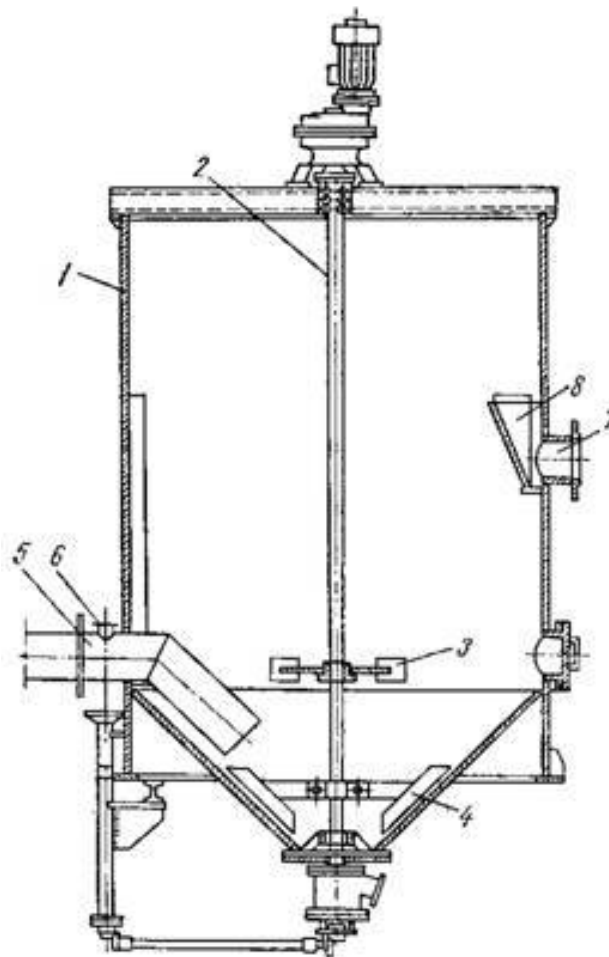


Рис. 1.1. Дефекатор.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ліптус В.В.					8	4
Керівник		Романов М.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Дифузійний сік надходить по трубі 5, а вапняне молоко через патрубок 6 прямують в дефекатор, добре перемішуються та переливаються через патрубок 7 та слив 8, що регулює рівень соку в апараті. Вал 2 обертається за частоти 60-80 об/хв.

Першу сатурацію зупиняють коли в соці знаходиться гідроксид кальцію в кількості 0,08-0,11% СаО (рН 10,8-11,5). При цьому сік є нормально відсатурований. При більшому видаленні гідроксиду кальцію до 0,05% СаО та нижче сік є пересатурований, він добре фільтрується, оскільки в ньому відсутні цукри, але він має підвищену кольоровість і місткість солей кальцію.

В основному сік сатурується в сатураторах безперервної дії. На цукрових заводах використовують градчасті сатуратори. Сатуратор даного типу (рис. 1.2) представляє собою циліндричний корпус з розширеною верхньою частиною та конічним дном. Всередині даного котла розташовано від 3 до 5 горизонтальних металевих чи дерев'яних решіток, що призначені для подрібнення та рівномірного розподілу бульбашок сатураційного газу. Сік, повинен надходити зверху на розподільчу конічну тарілку, з якої пірамідально стікає вниз.

Сік виводиться з нижньої конічної частини сатуратора через контрольний переливний ящик, це забезпечує висоту соку в апараті 3,0-3,5 м.

Сатураційний газ надходить в нижню конічну частину сатуратора через кільцеву трубу з 4-ма відгалуженням, що розташовані внизу корпусу сатуратора, для того щоб викликати завихрення соку для кращого перемішування його з газом.

Використання сатураційного газ в апаратах даного типу становить 70-75%.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

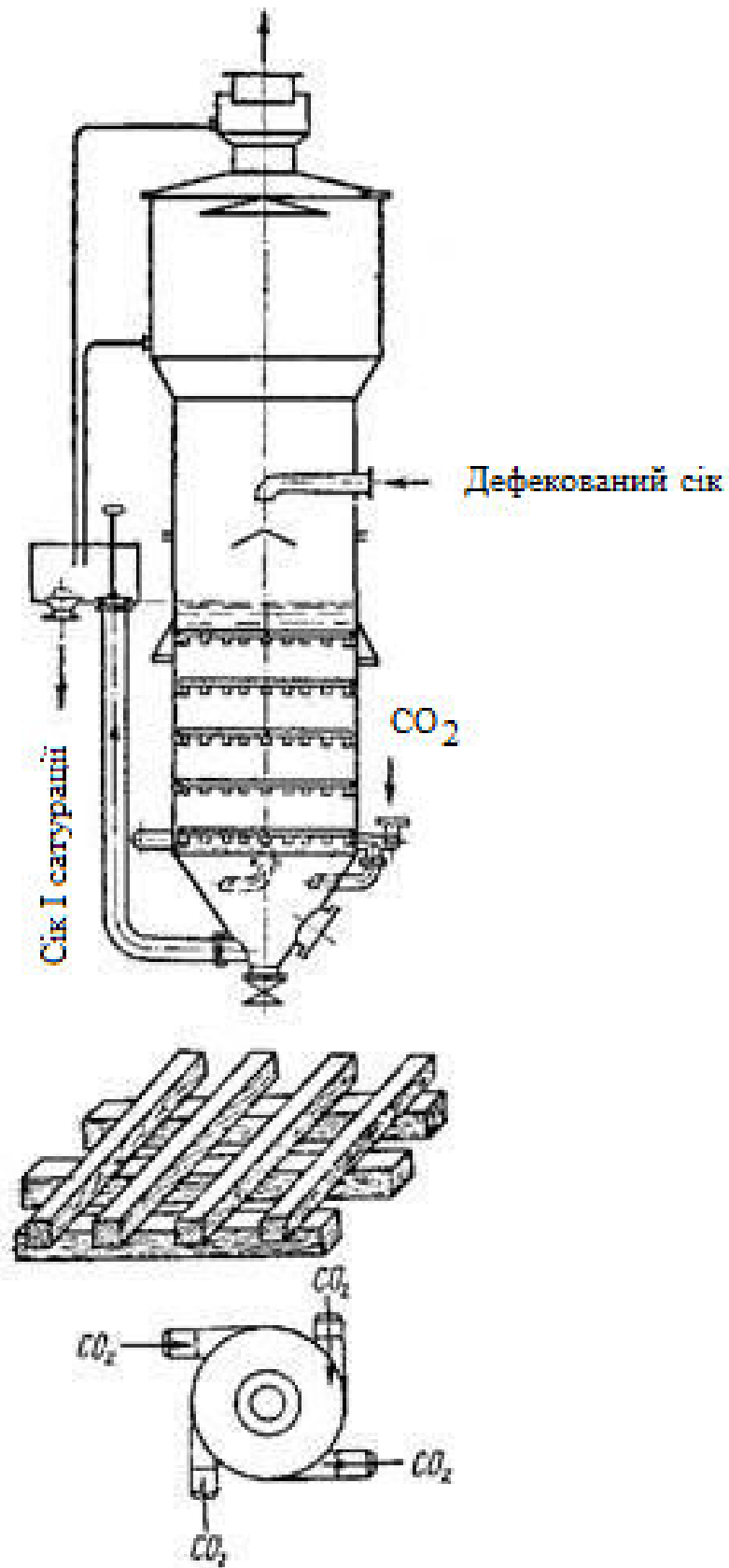


Рис. 1.2. Сатуратор.

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

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	Тиск сатураційного газу	250 кПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата вапняного молока в холодний дефекатор	30 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі вапнякового молока	
		Витрата вапняного молока в гарячий дефекатор	30 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі вапнякового молока	
		Витрата дефекованого соку	160 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос М1	
		Витрата сатурованого соку	160 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос М2	
		Температура дефекованого соку	80 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
		рН сатурованого соку	11 од. рН	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі сатураційного газу	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Температура

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно цифровий термометр опору KOBOLD DTM (рис. 2.1). [1]



Рис. 2.1. KOBOLD DTM.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ліптус В.В.			Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					12	25
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ ЗАК-5-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Order Key

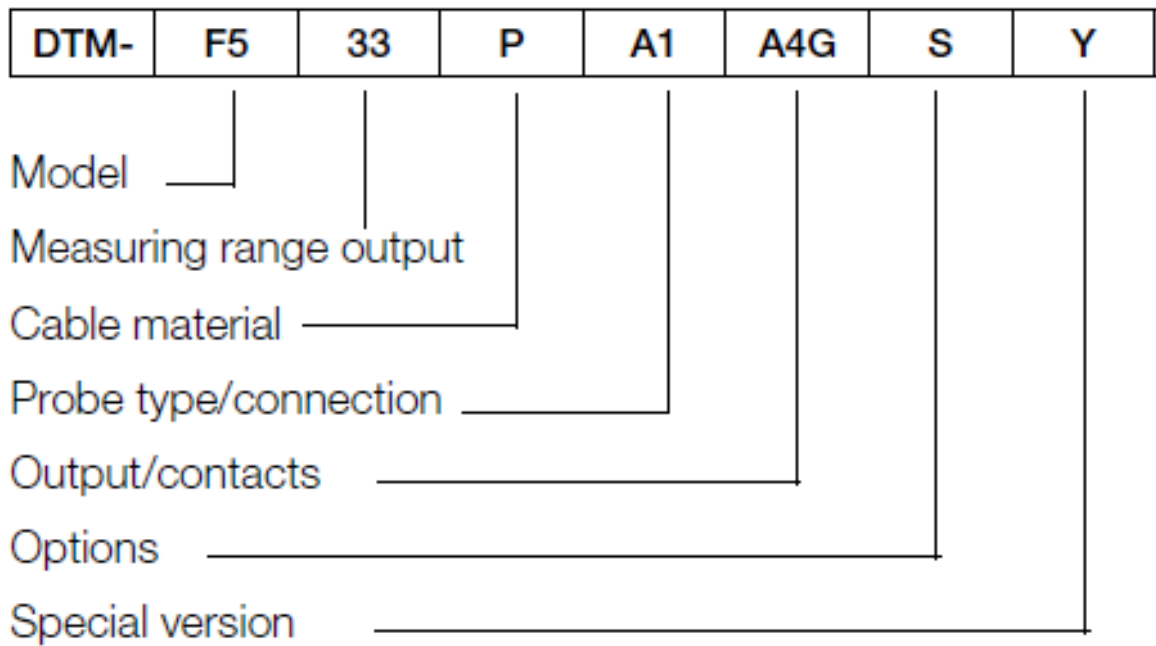
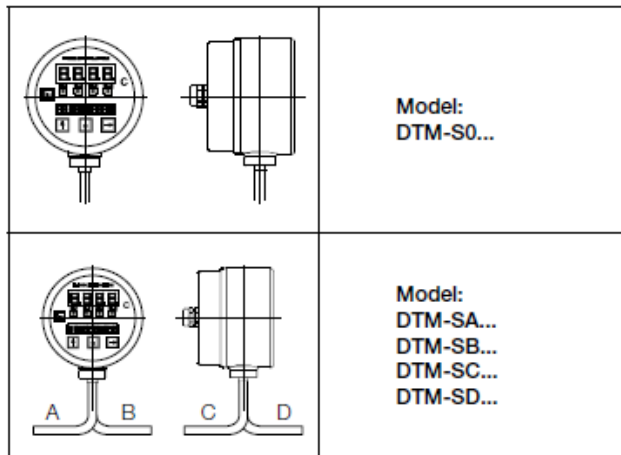
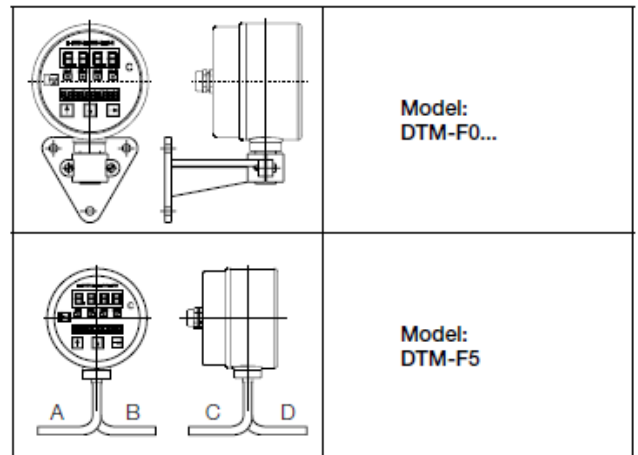


Рис. 2.2. Визначення моделі KOBOLD DTM.

Stem thermometers (max. 200°C)



Remote thermometers (max. 400°C)



Indicating ranges (analogue output)

°C	°C	°C
..24.. = -20 ... +40	..80.. = 0 ... +80	..30.. = 0 ... +300
..26.. = -20 ... +60	..10.. = 0 ... +100	..40.. = 0 ... +400
..35.. = -30 ... +50	..12.. = 0 ... +120	..YY.. = special
..44.. = -30 ... +40	..16.. = 0 ... +160	
..46.. = -30 ... +60	..20.. = 0 ... +200	
..60.. = 0 ... +60		

Cable material (for remote thermometers only)

..0.. = without (for stem thermometers)
 ..P.. = PVC (max. 90°C) (please specify length in writing)
 ..S.. = Silicone (max. 200°C) (please specify length in writing)

Рис. 2.3. Види KOBOLD DTM.

Standard probe/material/connection (probe diameter 8 mm)

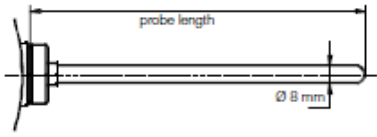
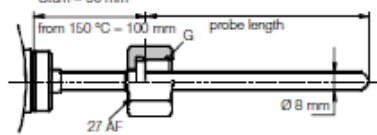
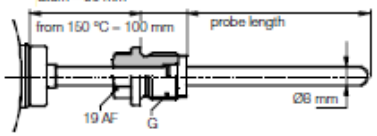
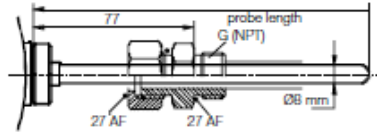
	Description	Material	Thread	Order code
	Smooth probe	Stainless steel	Without	..A0..
	Union nut	Stainless steel	G 1/2 G 3/4 G 1	..B1.. ..B2.. ..B3..
	Rotatable nipple for DIN sleeve	Stainless steel	G 1/2 G 3/4 G 1	..41.. ..42.. ..43..
	Union nut and shoulder nipple	Stainless steel	G 1/2 G 3/4 G 1 1/2" NPT 3/4" NPT 1" NPT	..11.. ..12.. ..13.. ..1A.. ..1B.. ..1C..

Рис. 2.4. Види монтажної частини KOBOLD DTM.

Outputs/limit contacts (order code)

Standard 4...20 mA - output with 2 limit contacts

Analogue output	Limit contacts	
	2 contacts	4 contacts
4...20 mA	..A4G..	..A4M..
0...20 mA	..A0G..	..A0M..
0... 10 V	..AVG..	..AVM..

Options

- ..S = peak memory
- ..R = RS 232 serial interface
- ..K = peak memory and RS 232

Dimensions [mm]

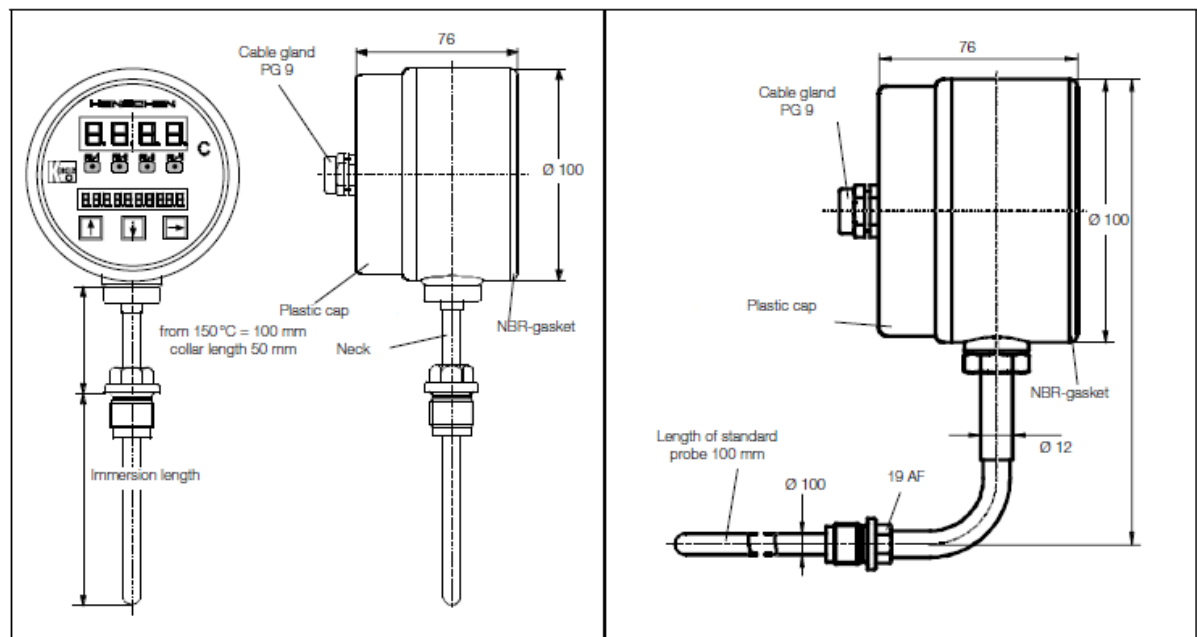


Рис. 2.5. Монтажні розміри перетворювача KOBOLD DTM.

Електропневматичні перетворювачі

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно електропневматичні перетворювачі ASCON TECNOLOGIC EPC3020 рис. 2.6. [2]

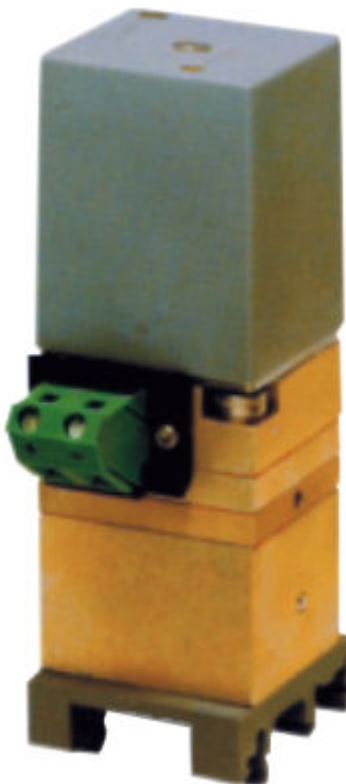


Рис. 2.6. ASCON TECNOLOGIC EPC3020.

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

HOW TO ORDER

CODE	DESCRIPTION
EPC 3020	Input 4... 20mA - Out 3... 15ps- DIN rail - IP20 - Power supply 20PSI - Direct action
EPC 3065	Input 4... 20mA - Out 3... 15ps- On field - IP65 - Power supply 20PSI - Direct action

DIMENSIONS

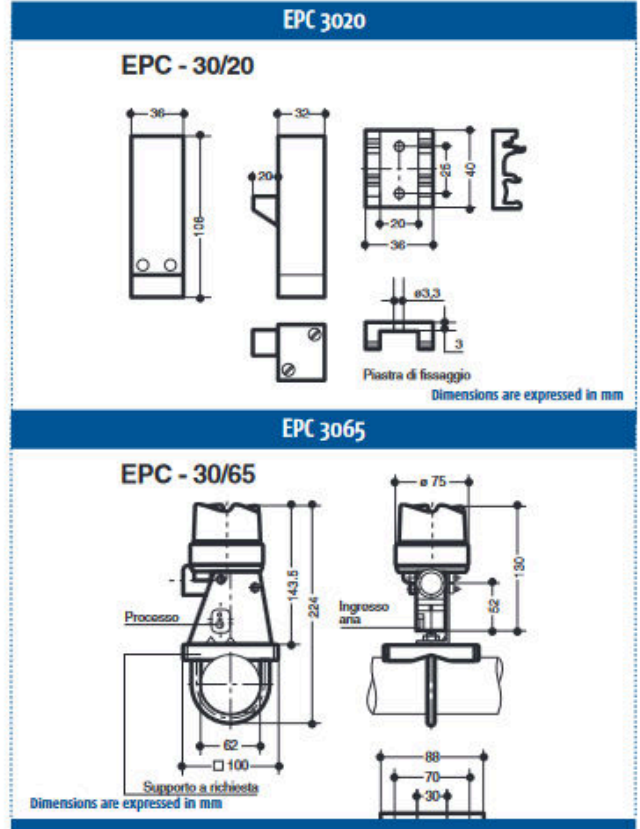


Рис. 2.7. Розміри та специфікація ASCON TECHNOLOGIC EPC3020.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

EPC

- ELECTROPNEUMATIC CONVERTERS
- DIN RAIL OR ON FIELD MOUNTING



FEATURES

	EPC 3020	EPC 3065
INPUT		
One	0...20mA/4...20mA	
Input impedance	200 Ω	
OUTPUT		
One	0.2...1 bar, 3...15 psi	
FUNCTIONAL		
Airflow	2.5 m ³ /h	
Characteristic	Linear, direct or reverse	
Accuracy	Better than 0.5%	
Hysteresis	Less than 0.3%	
Influence of air supply pressure	Less than 0.3% / 0.1 bar	
Influence of temperature	On the zero 0.5% / 10 ° C; on full scale 0.5% / 10 ° C	
Zero calibration	3 psi ± 3%	
Span calibration	15 psi ± 2%	
GENERAL		
Power supply	20±1.5 psi	
Air consumption	0.08 m ³ /h	
Weight	0.25 Kg	0.5 Kg
Mounting	On DIN rail	On field
Protection degree	IP20	IP65
Operating temperature / storage	-40... 85°C	
Operating Humidity	Less than 90% RH	

Рис. 2.8. Характеристики ASCON TECNOLOGIC EPC3020.

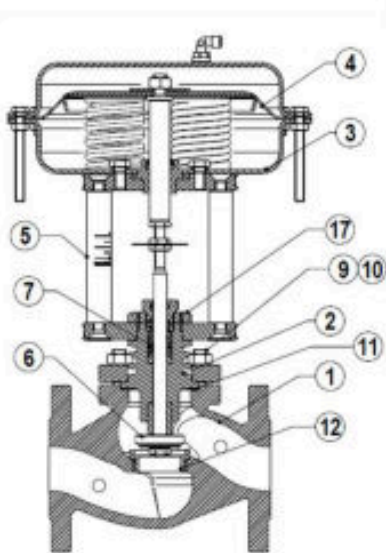
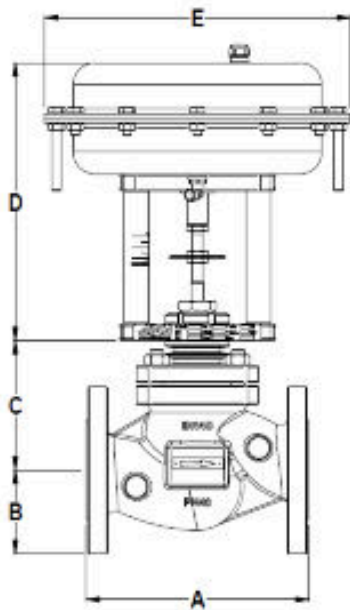
Пневматичні клапани

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно пневматичні клапани ADCATrol PV25G (рис. 2.9). [3].

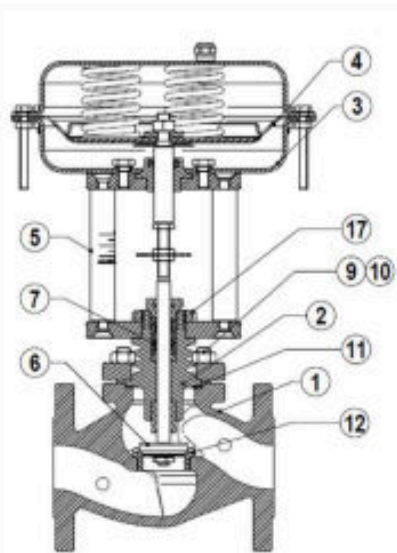


Рис. 2.9. ADCATrol PV25G.

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



PV25 DA – Direct action



PV25 RA – Reverse action

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 / 1.4408
2	Bonnet	CF8 / 1.4308	CF8 / 1.4308
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0038	S235JRG2 / 1.0038
	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)	AISB16 / 1.4401	AISB16 / 1.4401
7	Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR
9	Studs	34CrNiMo6 / 1.6562	A4 - 70
10	Nuts	Steel 8.8	A4 - 70
11	Gasket	St. Steel / Graphite	St. Steel / Graphite
12	Seat	AISB16 / 1.4401	AISB16 / 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. 2.11. Розміри та будова ADCATrol PV25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

20

Тиск

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно цифровий манометр KOBOLD MAN (рис. 2.12). [4]



Рис. 2.12. KOBOLD MAN.

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

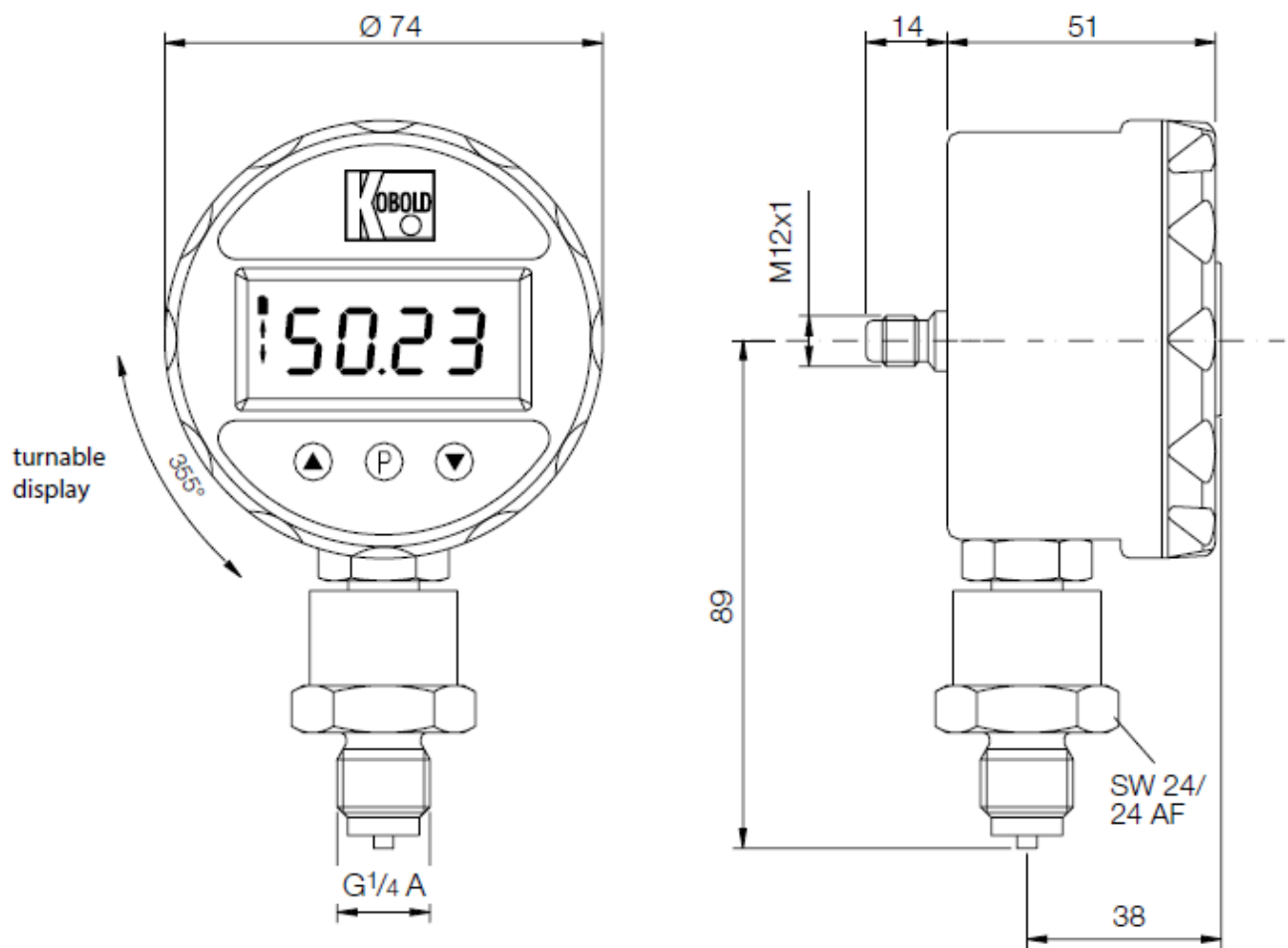


Рис. 2.13. Монтажні розміри моделі KOBOLD MAN.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Order Details (Example: **MAN-SD1S 5 AD 0**)

Version	Power supply	Model	Mechanic connection	Measuring range	Electric connection
Standard	9 V battery	MAN-SD1S...	5 = G ¼ male 6 = G ⅝ male R = ¼" NPT male S = ½" NPT male	AD = -1...0 bar A1 = -1...+1.5 bar A2 = -1...+3 bar A3 = -1...+5 bar A4 = -1...+9 bar A5 = -1...+15 bar B1 = 0...+0.6 bar B2 = 0...+1 bar B3 = 0...+1.6 bar B4 = 0...+2.5 bar B5 = 0...+4 bar B6 = 0...+6 bar B7 = 0...+10 bar B8 = 0...+16 bar B9 = 0...+25 bar B0 = 0...+40 bar C1 = 0...+60 bar C2 = 0...+100 bar C3 = 0...+160 bar C4 = 0...+250 bar C5 = 0...+400 bar C6 = 0...+600 bar C7 = 0...+700 bar D7 = 0...+1000 bar D8 = 0...+1600 bar	0 = none
Relay output	9 V battery	MAN-SD2S..		S = connector M12x1 K = 0.5 m cable	
Output 0-2 V	9 V battery	MAN-SD3S...			
Standard	24 V _{DC}	MAN-LD1S...		S = connector M12x1	
Relay output	24 V _{DC}	MAN-LD2S...			
Output 4...20 mA	24 V _{DC}	MAN-LD3S...			

Рис. 2.14. Визначення моделі KOBOLD MAN.

pH

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно аналізатор HORIBA HP-480 (рис. 2.15). [5]

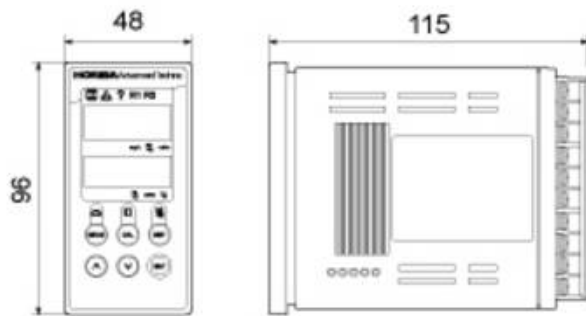


Рис. 2.15. HORIBA HP-480.

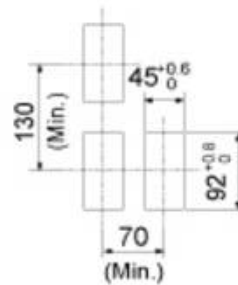
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

HP-480(W)

■ Converter



Panel cut size



Unit: mm

■ Electrode

6108-50B

6108G-50B

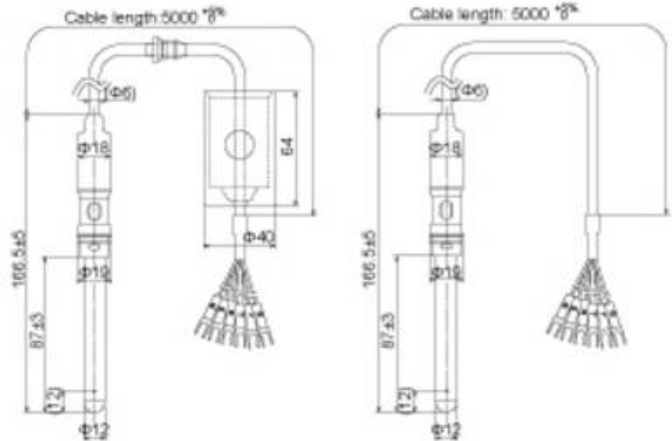
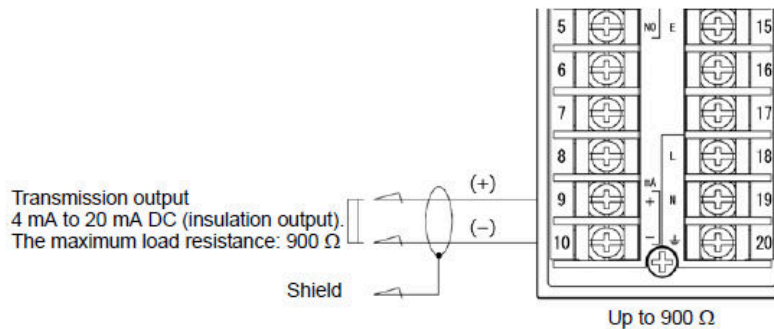


Рис. 2.16. Монтажні розміри HORIBA HP-480.

1. Connect the cable to the terminal block referring to the figure below.
Use a shielded wire for the transmission cable.



2. Ground the shielded line via the grounding terminal of the receiver device side.

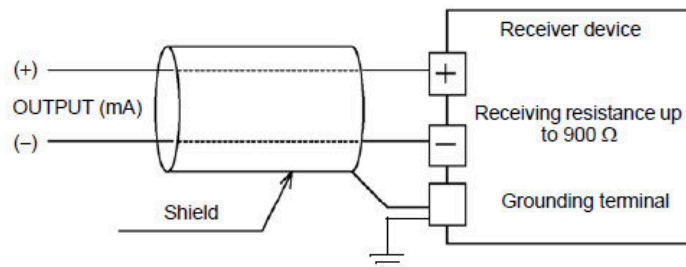
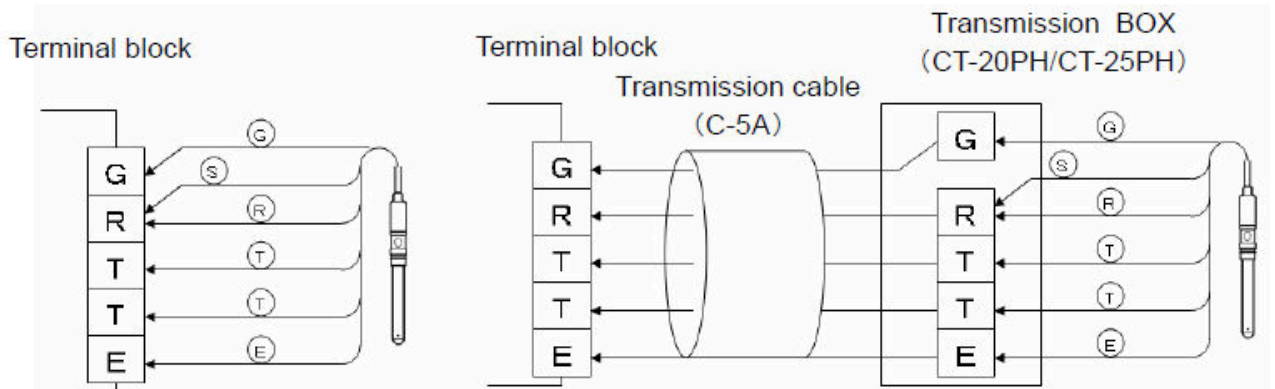


Рис. 2.17. Схема підключення вихідного аналогового уніфікованого сигналу до HORIBA HP-480.

- For pH electrodes with S terminal and without SE terminal, such as 6108 and 6109.



- For pH electrodes without S and SE terminals.

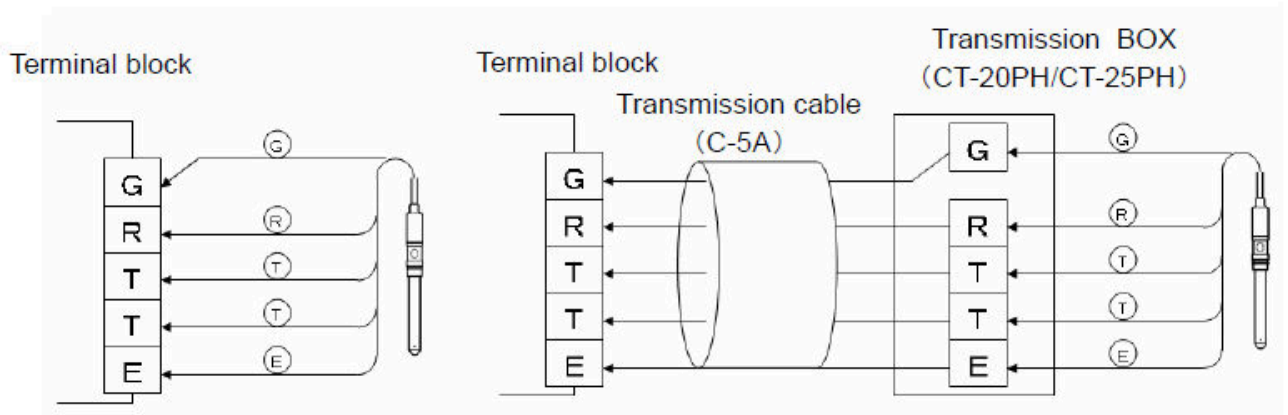


Рис. 2.18. Схема підключення електродів до HORIBA HP-480.

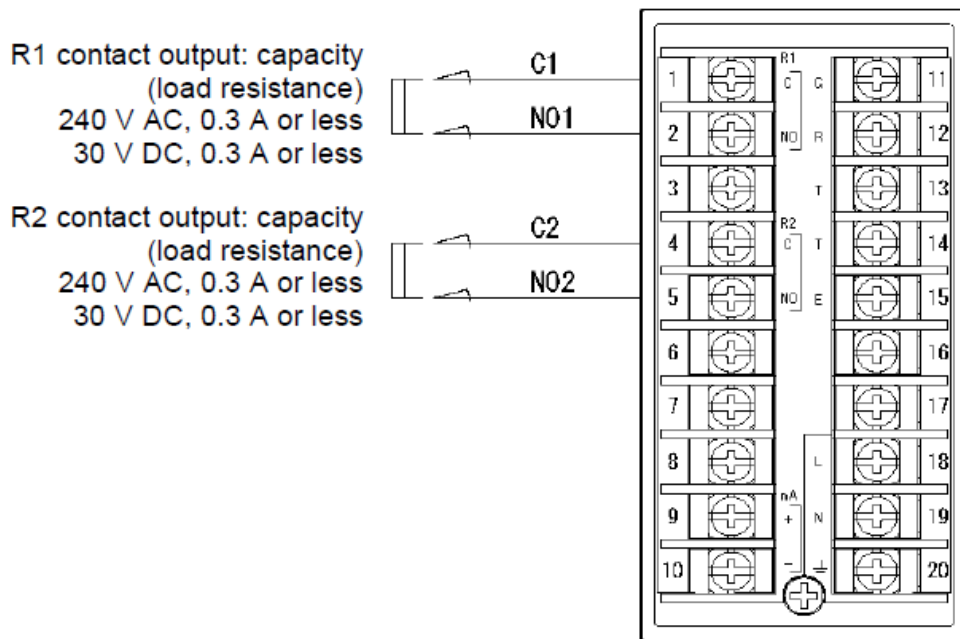


Рис. 2.19. Схема підключення живлення до HORIBA HP-480.

Витрата

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно вихровий витратомір KOBOLD DVH (рис. 2.20). [6]



Рис. 2.20. KOBOLD DVH.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

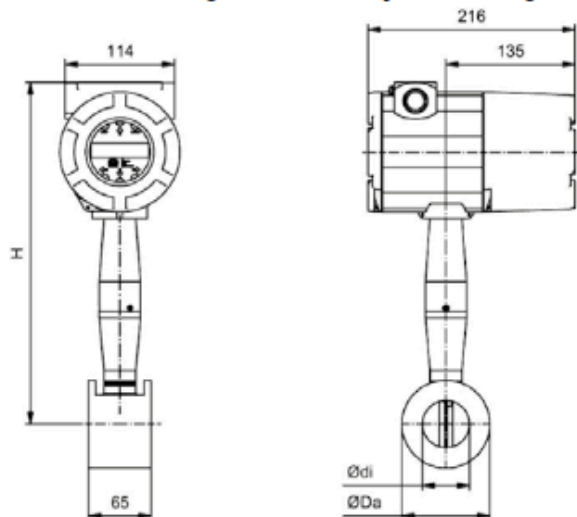
Order Details (Example: DVH- V 15 1 S L L 2 S 0H)

Model	Version	Housing	Connection	Material measuring tube/flow sensor	Sensor configuration/transmitter mounting
DVH-	V = measuring of volume for liquids, gas and steam	15 = DN 15, 1/2" ANSI 20 = DN 20, 3/4" ANSI 25 = DN 25, 1" ANSI 40 = DN 40, 1 1/2" ANSI	1 = ANSI 150 lbs 2 = ANSI 300 lbs 3 = ANSI 600 lbs 5 = DIN PN 40 6 = DIN PN 64 7 = DIN PN 100 ⁹⁾ J = JIS 10K K = JIS 16K ⁹⁾ L = JIS 20K ⁹⁾ X = special	S = st. steel 1.4404 / 316 L X = special	L = compact, incl. LCD Display R = separated IP66, incl. LCD Display (standard cable length 5 m) X = special
	T = flow velocity incl. temperature sensor	50 = DN 50, 2" ANSI 80 = DN 80, 3" ANSI 1H = DN 100, 4" ANSI			
	P = flow velocity incl. temperature- and pressure sensor	H5 = DN 150, 6" ANSI 2H = DN 200, 8" ANSI XX = special W1 = wafer flange DN15 EN / 1/2" ANSI			
	E = option energy consumption	W2 = wafer flange DN20 EN / 3/4" ANSI W3 = wafer flange DN25 EN / 1" ANSI			
	M = option energy consumption incl. pressure sensor	W4 = wafer flange DN40 EN / 1 1/2" ANSI W5 = wafer DN50 EN / 2" ANSI			
	X = special	W6 = wafer flange DN80 EN / 3" ANSI W7 = wafer flange DN100 EN / 4" ANSI			

Power supply	Output options	Process temperature	Pressure sensor/version
L = 12-36 V _{DC} , loop powered D = 12-36 V _{DC} , 4-wire A = 85-240 V _{AC} , 50/60 Hz, 12 W	2 = loop powered, 1 x 4-20 mA, Hart [®] , 1 x pulse H = 1 x 4-20 mA, Hart [®] , 1 x alarm, 1 x pulse M = 1 x 4-20 mA, Modbus 1 x alarm, 1 x pulse 3 = 3 x 4-20 mA, Hart [®] , 3 x alarm, 1 x pulse 4 = 3 x 4-20 mA, Modbus 3 x alarm, 1 x pulse X = special	S = standard -200...+260°C H = high temperature -200...+400°C X = special	0H = without 1H = incl. sensor, max. 2 bar abs (30 psia) 2H = incl. sensor, max. 7 bar abs (100 psia) 3H = incl. sensor, max. 20 bar abs (300 psia) 4H = incl. sensor, max. 34 bar abs (500 psia) 5H = incl. sensor, max. 100 bar abs (1500 psia) XH = special

Рис. 2.21. Визначення моделі KOBOLD DVH.

Dimensions and weight for wafer style with integral mount transmitter



Size	Ødi [mm]	ØDa [mm]	H [mm]	Weight [kg]	Nominal size (Pressure range see model code)	
					DIN EN 1092-1	ASME B16.5
W1	13.8	35	341	4.8	DN 15	½"
W2	18.8	43	343	5.0	DN20	¾"
W3	24.3	50.8	346	5.2	DN25	1"
W4	38.1	73.1	353	5.9	DN40	1½"
W5	49.3	92	358	6.7	DN50	2"
W6	73.7	127	375	9.0	DN80	3"
W7	97.2	157.3	387	11.0	DN100	4"

Рис. 2.22. Монтажні розміри моделі KOBOLD DVH.

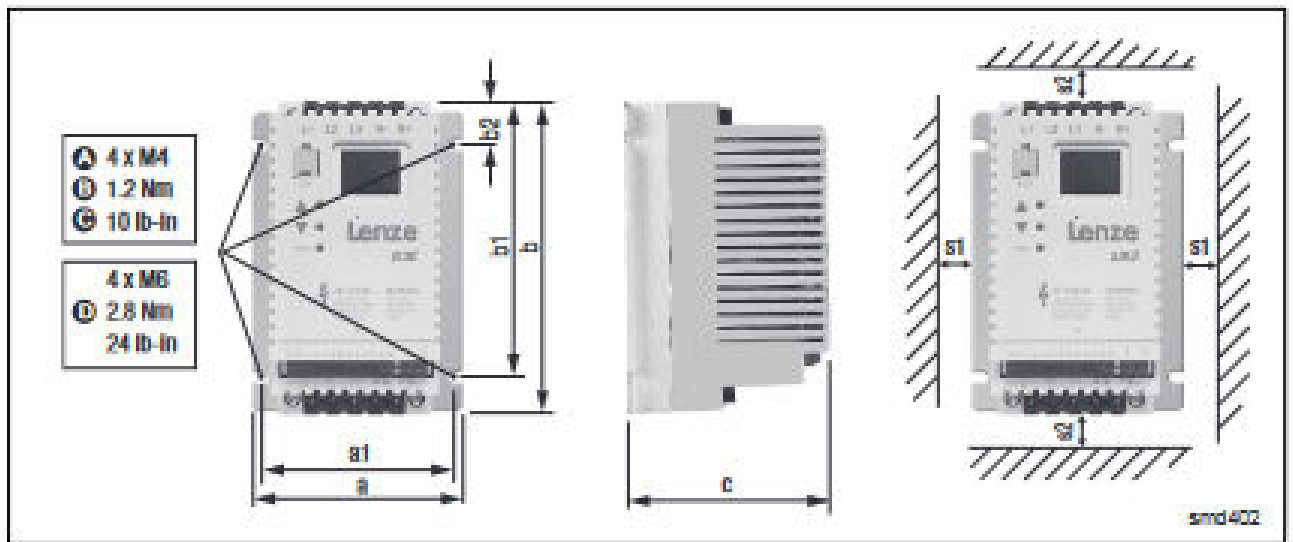
Частотні перетворювачі

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно частотні перетворювач Lenze SMD (рис. 2.23). [7]



Рис. 2.23. Lenze SMD.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Type		a [mm]	a1 [mm]	b [mm]	b1 [mm]	b2 [mm]	c [mm]	s1 [mm]	s2 [mm]	m [kg]
A	ESMD371L2YXA ESMD371L4TXA	93	84	146	128	17	100	15	50	0.6
	ESMD751L2YXA ESMD751L4TXA	93	84	146	128	17	120	15	50	0.9
	ESMD112L4TXA	93	84	146	128	17	146	15	50	1.0
B	ESMD112L2YXA	114	105	146	128	17	133	15	50	1.4
	ESMD152L4TXA	114	105	146	128	17	122	15	50	1.4
	ESMD222L4TXA	114	105	146	128	17	139	15	50	1.4
	ESMD152L2YXA, ESMD222L2YXA ESMD302L2TXA ESMD302L4TXA	114	105	146	128	17	171	15	50	2.0
	ESMD402L2TXA ESMD402L4TXA, ESMD552L4TXA	114	105	146	100	17	171	15	50	2.0
C	ESMD552L2TXA, ESMD752L2TXA ESMD752L4TXA, ESMD113L4TXA	146	137	197	140	17	182	30	100	3.2
D	ESMD113L2TXA, ESMD153L2TXA ESMD153L4TXA... ESMD223L4TXA	195	183	248	183	23	203	30	100	6.4

Рис. 2.24. Монтажні розміри Lenze SMD.

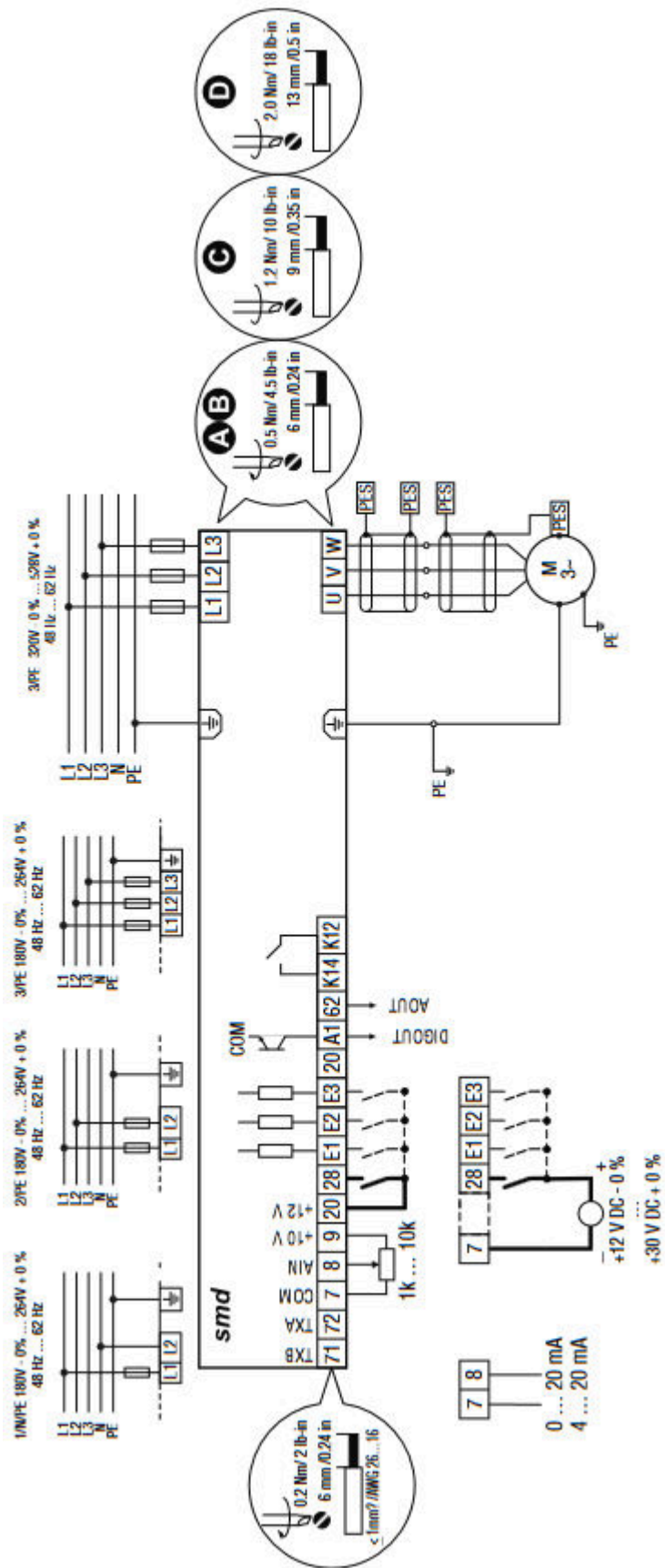


Рис. 2.25. Схема контактів Lenze SMD.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Type	Power [kW]	Mains			Output Current ⁽²⁾									
		Voltage, frequency	Current [A] ⁽²⁾		I_N				I_{max} for 60 s					
			1~	3~	[A] ⁽¹⁾		[A] ⁽²⁾		[A] ⁽¹⁾		[A] ⁽²⁾			
					3~	3~	3~	3~	3~	3~	3~	3~		
ESMD371L2YXA	0.37	1/N/PE 230 V OR 3/PE 230 V (180 V -0%...264 V +0%) 50/60 Hz (48 Hz -0%...62 Hz +0%)	4.7	2.7	2.2	2.0	3.3	3.0						
ESMD751L2YXA	0.75		8.4	4.8	4.0	3.7	6.0	5.6						
ESMD112L2YXA	1.1		12.0	6.9	6.0	5.5	9.0	8.3						
ESMD152L2YXA	1.5		12.9	7.9	6.8	6.3	10.2	9.5						
ESMD222L2YXA	2.2		17.1	10.8	9.6	8.8	14.4	13.2						
ESMD302L2TXA	3.0	3/PE 230 V (180 V -0%...264 V +0%) 50/60 Hz (48 Hz -0%...62 Hz +0%)		13.5	12.0	11.0	18.0	16.5						
ESMD402L2TXA	4.0			17.1	15.2	14.0	23	21						
ESMD552L2TXA	5.5			25	22	20	33	30						
ESMD752L2TXA	7.5			32	28	26	42	39						
ESMD113L2TXA	11			48	42	39	63	58						
ESMD153L2TXA	15			59	54	50	81	75						
					400V	480V	400V	480V	400V	480V	400V	480V	400V	480V
ESMD371L4TXA	0.37	3/PE 400/480 V (320 V -0%...528 V +0%) 50/60 Hz (48 Hz -0%...62 Hz +0%)	1.6	1.4	1.3	1.1	1.2	1.0	2.0	1.7	1.8	1.5		
ESMD751L4TXA	0.75		3.0	2.5	2.5	2.1	2.3	1.9	3.8	3.2	3.5	2.9		
ESMD112L4TXA	1.1		4.3	3.6	3.6	3.0	3.3	2.8	5.4	4.5	5.0	4.2		
ESMD152L4TXA	1.5		4.8	4.0	4.1	3.4	3.8	3.1	6.2	5.1	5.7	4.7		
ESMD222L4TXA	2.2		6.4	5.4	5.8	4.8	5.3	4.4	8.7	7.2	8.0	6.6		
ESMD302L4TXA	3.0		8.3	7.0	7.6	6.3	7.0	5.8	11.4	9.5	10.5	8.7		
ESMD402L4TXA	4.0		10.6	8.8	9.4	7.8	8.6	7.2	14.1	11.7	12.9	10.8		
ESMD552L4TXA	5.5		14.2	12.4	12.6	11.0	11.6	10.1	18.9	16.5	17.4	15.2		
ESMD752L4TXA	7.5		18.1	15.8	16.1	14.0	14.8	12.9	24	21	22	19.4		
ESMD113L4TXA	11		27	24	24	21	22	19.3	36	32	34	29		
ESMD153L4TXA	15		35	31	31	27	29	25	47	41	43	37		
ESMD183L4TXA	18.5		44	38	39	34	36	31	59	51	54	47		
ESMD223L4TXA	22		52	45	46	40	42	37	69	60	64	55		

Рис. 2.26. Вибір моделі Lenze SMD.

2.2. Схема автоматизації

Температура нагріву дефекованого соку вимірюється цифровим термометром опору (поз. 1а) та регулюється через електропневматичний перетворювач (поз. 1б), що формує регулюючий сигнал, який подається на пневматичний клапан (поз. 1в) та регулює подачу пари в нагрівач.

Визначення та контроль тиску в трубопроводі сатураційного газу відбувається цифровим манометром (поз. 2а).

Витрата вапнякового молока вимірюється вихровими витратомірами (поз. 3а-4а) та регулюється через електропневматичні перетворювачі (поз. 3б-4б), що формують регулюючі сигнали, які подаються на пневматичні клапани (поз. 3в-4в) та регулюють подачу вапнякового молока.

Витрата соку вимірюється вихровими витратомірами (поз. 5а-6а) та регулюється через частотні перетворювачі (поз. 5б-6б), що регулюють швидкість обертів двигунів у насосах М1 та М2.

рН соку вимірюється аналізатором (поз. 7а-7б) та регулюється через електропневматичний перетворювач (поз. 7в), що формує регулюючий сигнал, який подається на пневматичний клапан (поз. 7г) та регулює подачу сатураційного газу в сатуратор.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Цифровий термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...+200 °С	DTM-SC 20 P 41 A4G	1	KOBOLD, Німечинна
2	1б, 3б, 4б, 7в	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогово сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Кл.т. 0,5. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	EPC3020	4	ASCION TECNOLOGIC, Італія
3	1в, 3в, 4в, 7г	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Dwyer Hi-Flow 218VA12-233-LRF	4	СВ «Альтера» м. Київ
4	2а	по місцю	Цифровий манометр з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...4 бар	MAN-LD1S 6 B4 S	1	KOBOLD, Німечинна
5	3а, 4а, 5а, 6а	по місцю	Витратомір вихровий з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0-970 м3/год	DVH-V	4	KOBOLD, Німечинна

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
6	5б, 6б	на щиті	Частотний перетворювач діапазон потужності 0.37-22 кВт, напруга живлення 380В.	Lenze SMD	2	СВ «Альтера» м. Київ
7	7а	по місцю	Електрод для вимірювання рН	6108G-50В	1	HORIBA, Японія
8	7б	по місцю	Аналізатор рН, діапазон вимірювань 0-14 од. рН, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 220 V AC	HP-480	1	HORIBA, Японія
9	M1-M2	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380В.	Grundfos TP 150-110/6	2	Насос-Монтаж м. Київ

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі використано ПЛК Schneider Electric M340.

Вибрані модулі для ПЛК Schneider Electric M340 представлені в таблиці 3.1 та їх конфігурація на рис. 3.1.

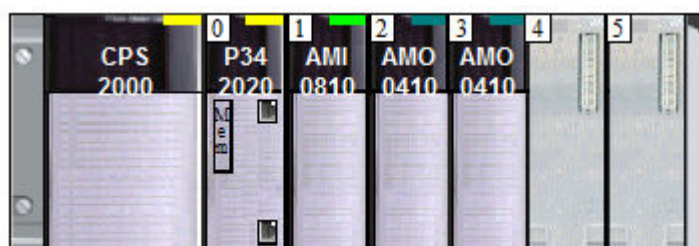


Рис. 3.1. Конфігурація модулів ПЛК M340.

Таблиця 3.1. Модулі для ПЛК.

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	8 аналогових входів
BMX AMO 0410	2	4 аналогових виходів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.	Ліптус В.В.				Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник	Романов М.С.						37	6
Зав. каф.	Смітюх Я.В.					НУХТ ЗАК-5-1		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.							

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В системі автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі в принциповій електричній схемі автоматичного регулювання зображені такі елементи:

- QF1-QF5 – автоматичні вимикачі з захистом від короткого замикання;
- БЖ1 – блок живлення з постійною напругою 24 В.

В системі автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі на принциповій електричній схемі автоматичного регулювання використовується нумерація провідників:

- 800-815 – проводи з змінною напругою;
- 900-901 – проводи з постійною напругою;
- 100-107 – проводи вимірювальних сигналів;
- 200-214 – проводи сигналів регулювання і управління;
- 0800 – лінія з сигналом пневматичного живлення;
- 0200-0203 – лінії з сигналами пневматичного управління.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
						38
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання витрати дифузійного соку в холодний дефекатор

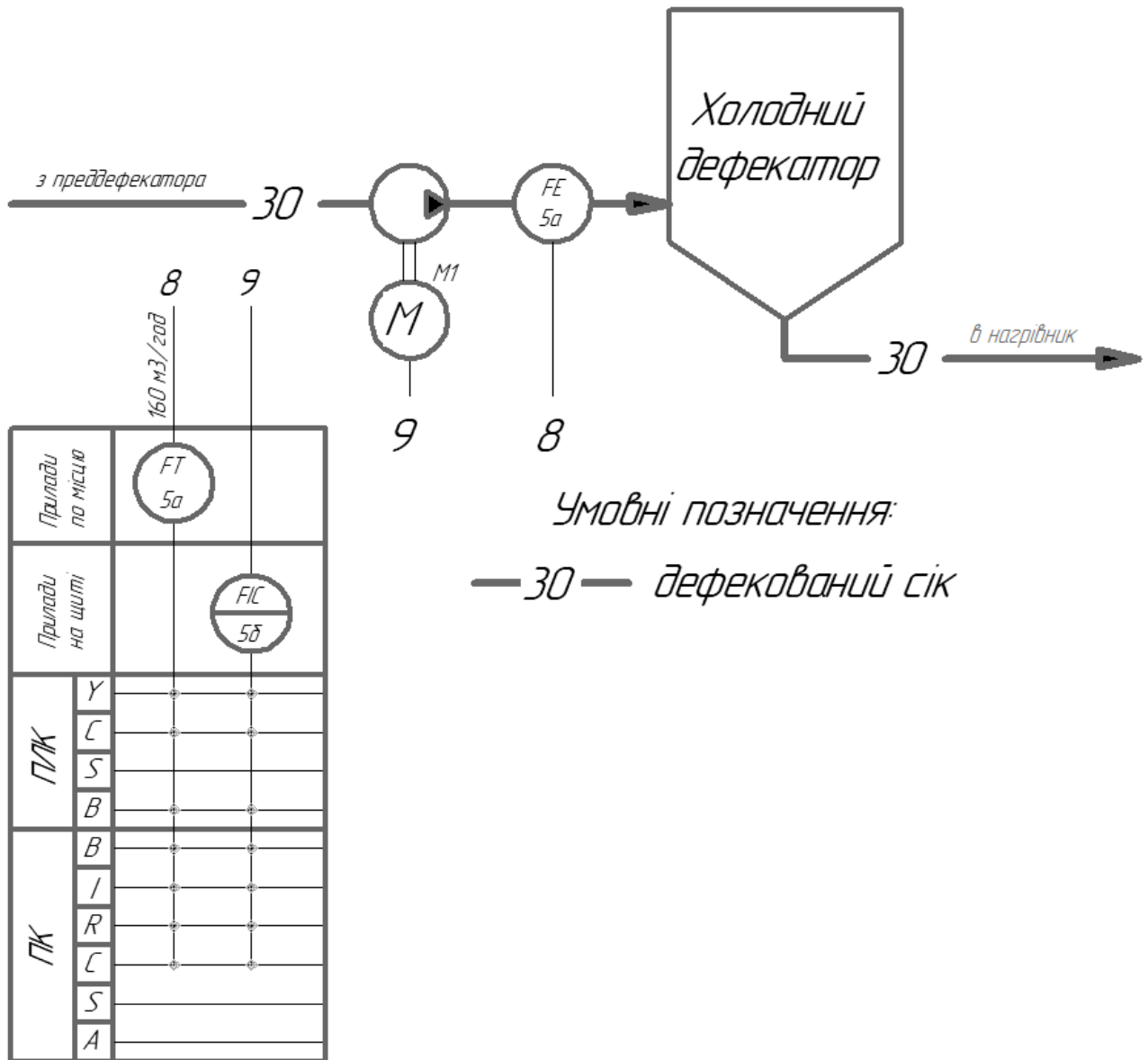


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання витрати дифузійного соку в холодний дефекатор.

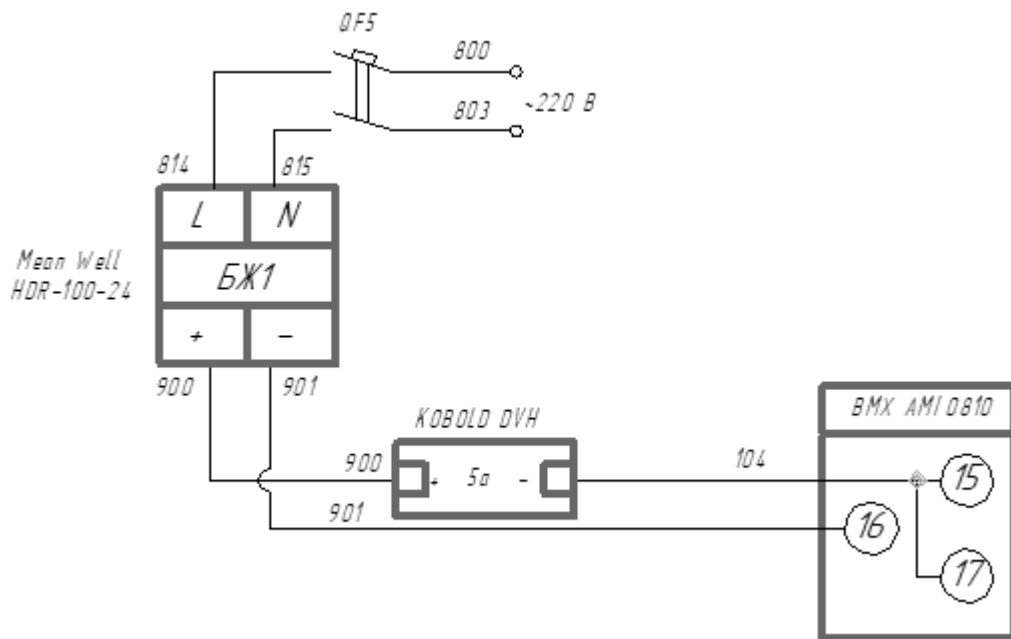


Рис. 3.3 Схема підключення вихрового витратоміра до BMX AMI 0810.

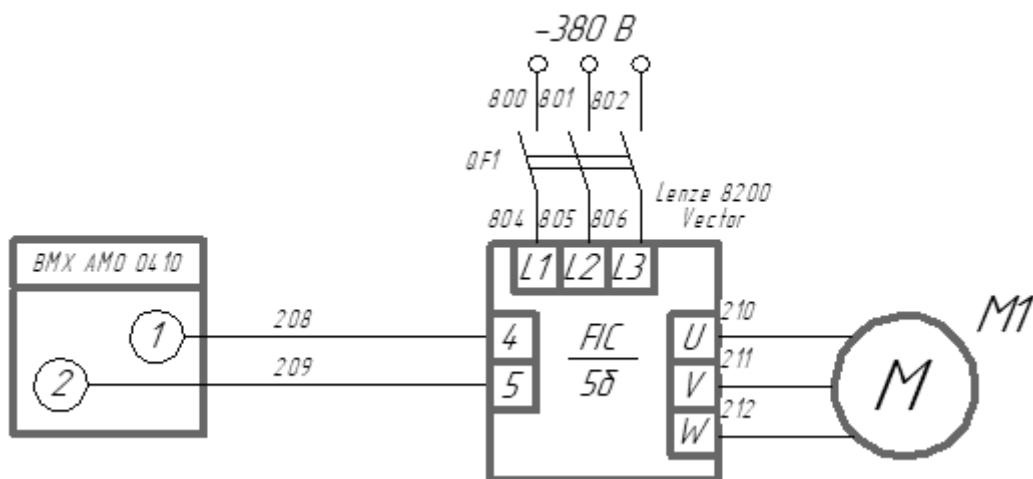


Рис. 3.4. Схема підключення частотного перетворювача (ЧП) до BMX AMO 0410.

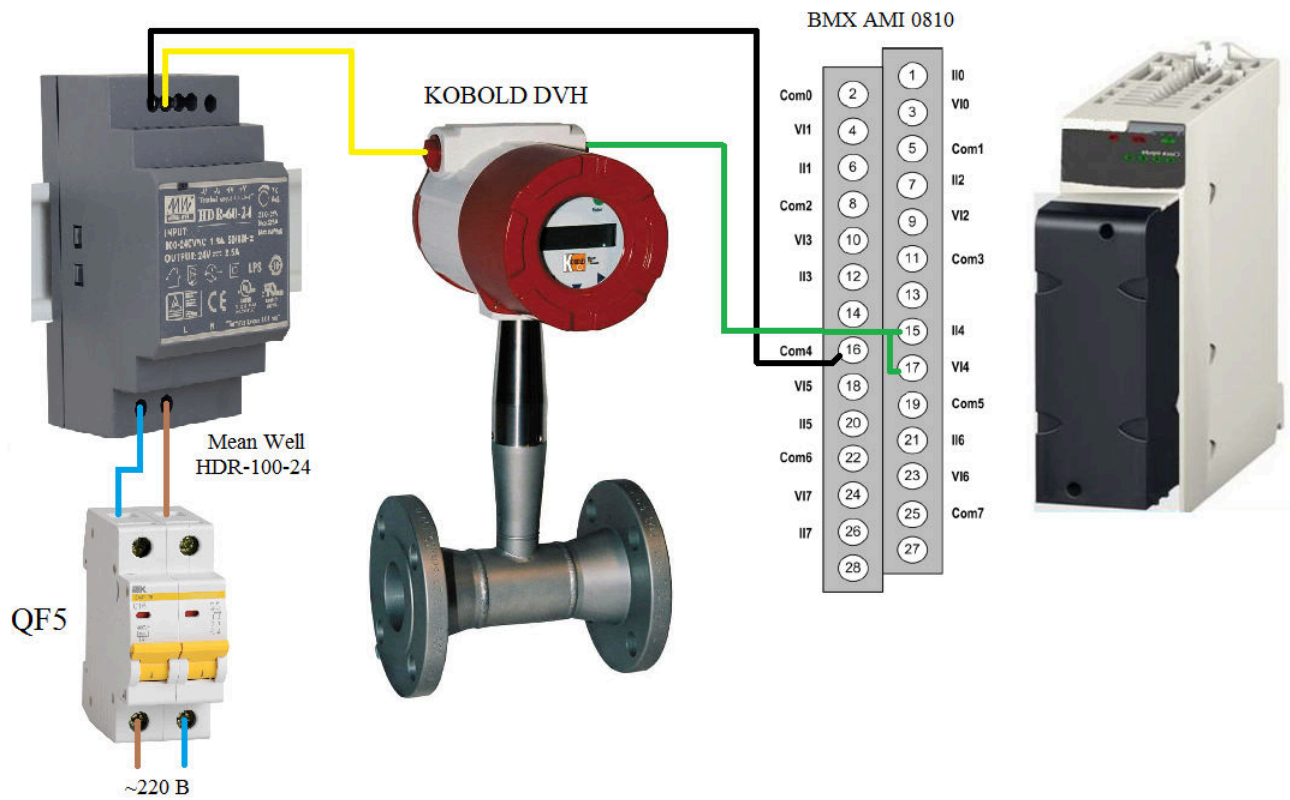


Рис. 3.5. Графічна схема підключення вихрового витратоміра до BMX AMI 0810.

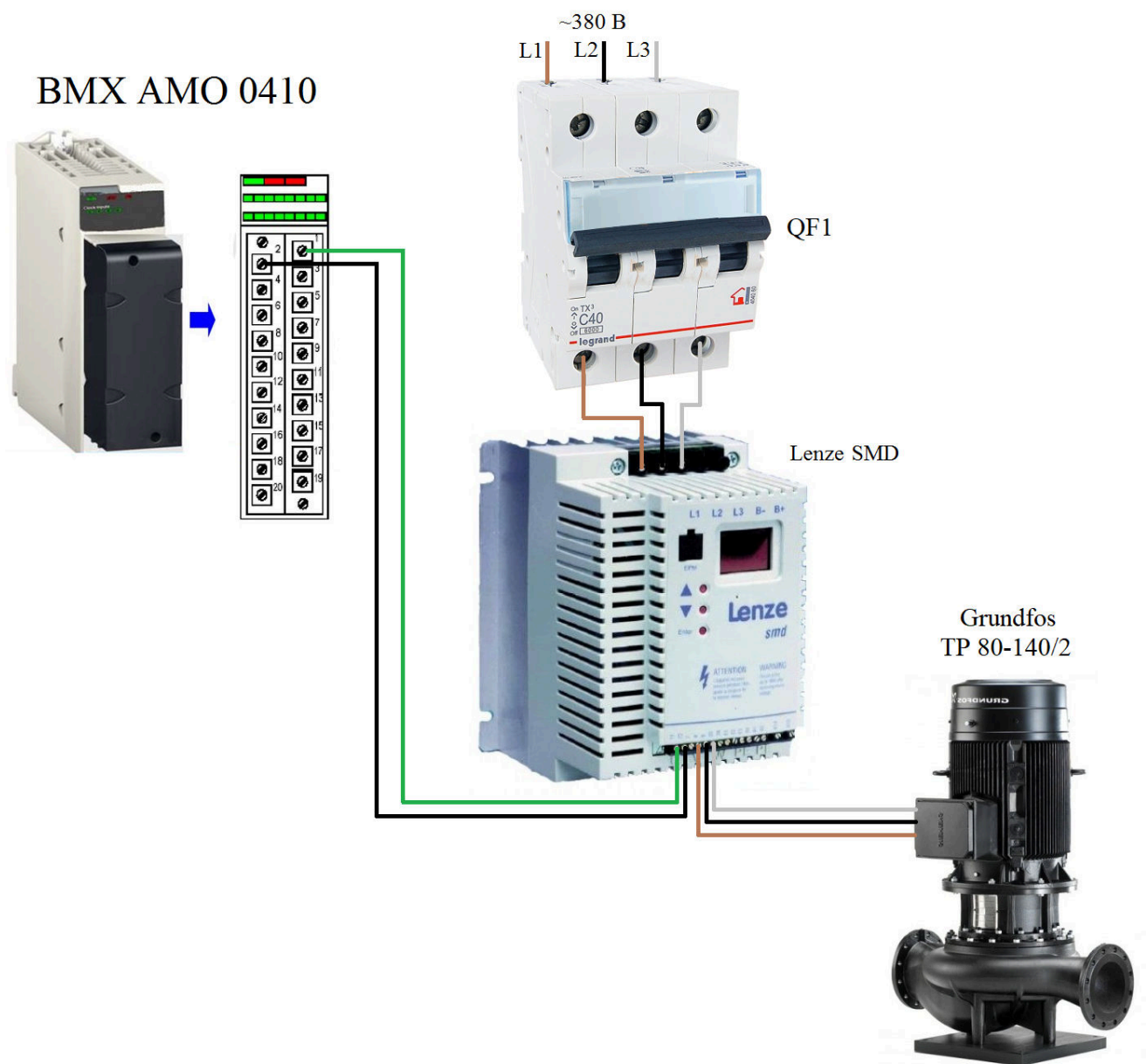


Рис. 3.6. Графічна схема підключення частотного перетворювача (ЧП) до BMX AMO 0410.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для контролю тиску сатураційного газу в трубопроводі в системі автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі задіяно цифровий манометр KOBOLD MAN (рис. 4.1). [5]



Рис. 4.1. KOBOLD MAN.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі</i>	Лім.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Ліптус В.В.					43	3
Керівник		Романов М.С.				<i>НУХТ ЗАК-5-1</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

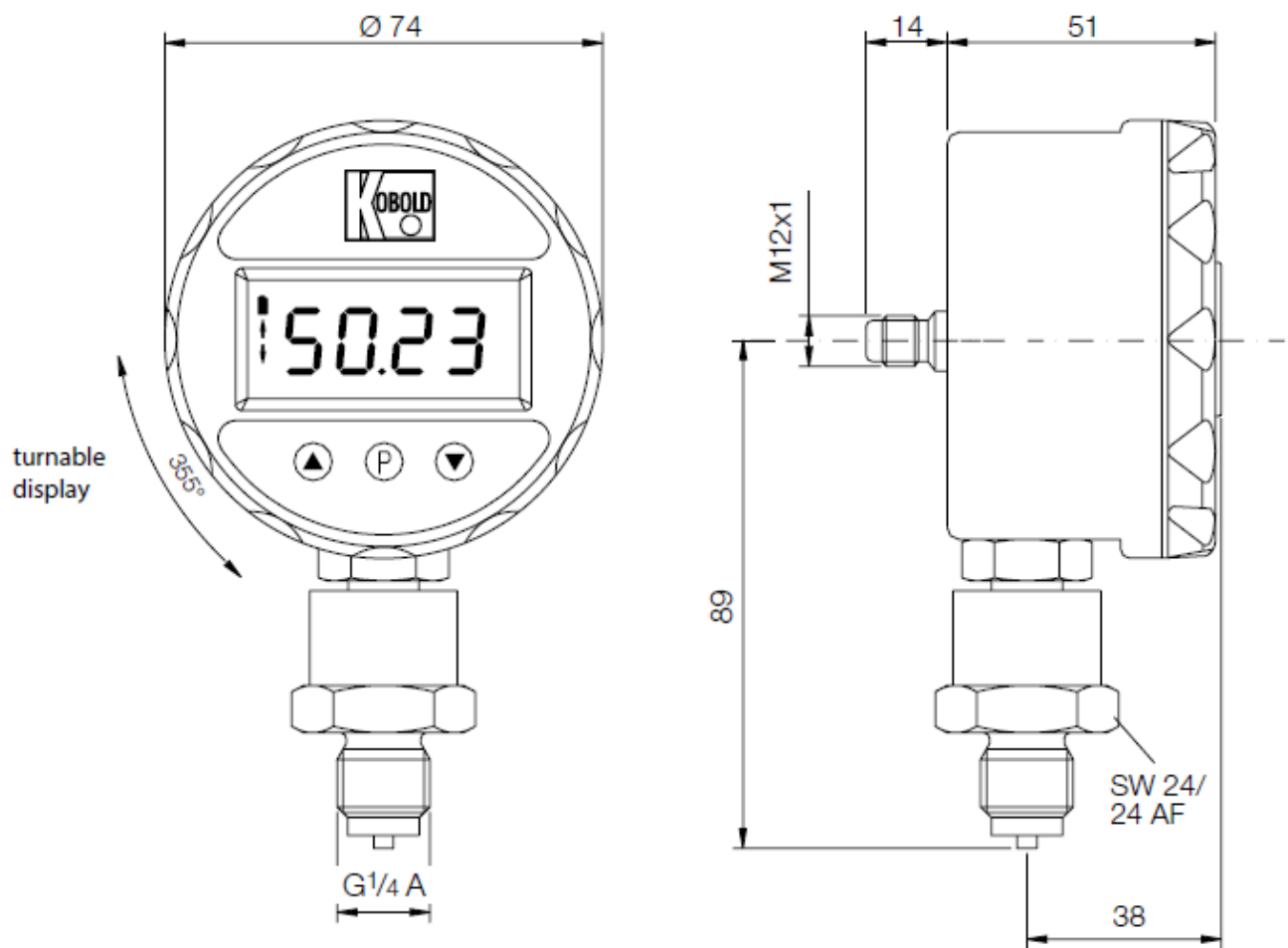


Рис. 4.2. Монтажні розміри моделі KOBOLD MAN.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

44

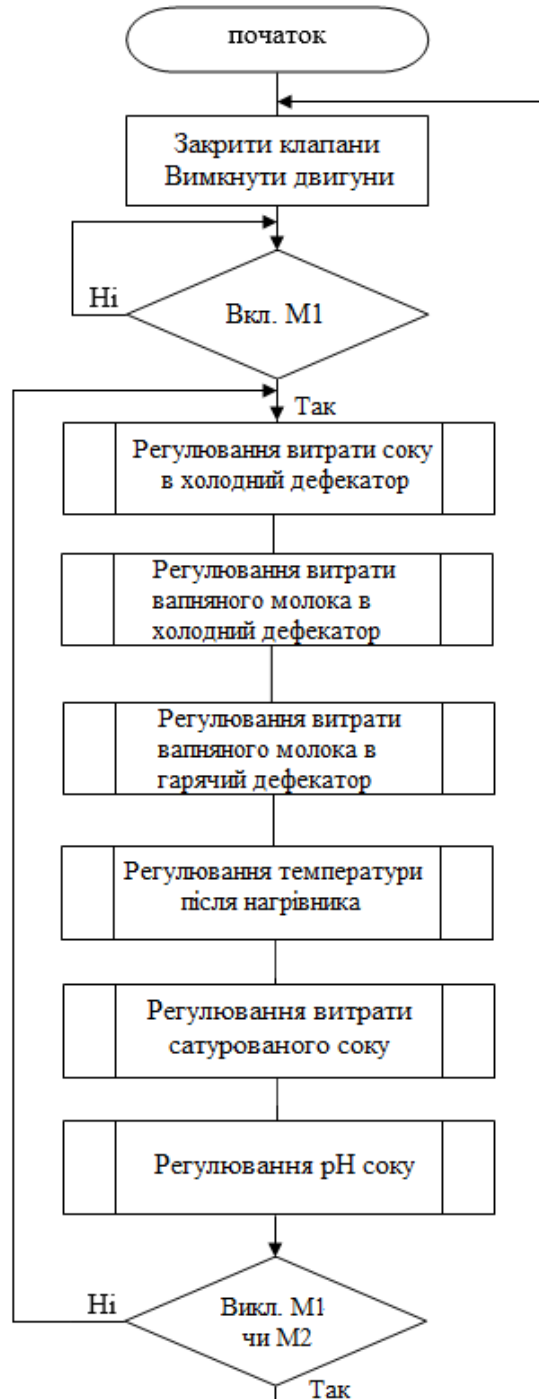
Order Details (Example: **MAN-SD1S 5 AD 0**)

Version	Power supply	Model	Mechanic connection	Measuring range	Electric connection	
Standard	9 V battery	MAN-SD1S...	5 = G ¼ male 6 = G ⅙ male R = ¼" NPT male S = ½" NPT male	AD = -1...0 bar A1 = -1...+1.5 bar A2 = -1...+3 bar A3 = -1...+5 bar A4 = -1...+9 bar A5 = -1...+15 bar	0 = none	
Relay output	9 V battery	MAN-SD2S..		B1 = 0...+0.6 bar B2 = 0...+1 bar B3 = 0...+1.6 bar B4 = 0...+2.5 bar B5 = 0...+4 bar B6 = 0...+6 bar B7 = 0...+10 bar	S = connector M12x1 K = 0.5 m cable	
Output 0-2 V	9 V battery	MAN-SD3S...		B8 = 0...+16 bar B9 = 0...+25 bar B0 = 0...+40 bar C1 = 0...+60 bar C2 = 0...+100 bar C3 = 0...+160 bar C4 = 0...+250 bar C5 = 0...+400 bar C6 = 0...+600 bar C7 = 0...+700 bar D7 = 0...+1000 bar D8 = 0...+1600 bar	S = connector M12x1	
Standard	24 V _{DC}	MAN-LD1S...				
Relay output	24 V _{DC}	MAN-LD2S...				
Output 4...20 mA	24 V _{DC}	MAN-LD3S...				

Рис. 4.3. Визначення моделі KOBOLD MAN.

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

Процес сатурації на цукровому заводі працює за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>					
Розроб.		Ліптус В.В.			Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Лім.	Арк.	Аркушів		
Керівник		Романов М.С.					46	3		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ ЗАК-5-1				
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.								

Змінні використані в ПЛК програмі вказані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Таблиця змінних ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
Ts	%IW0.1.0	Температура нагрітого соку
Pg	%IW0.1.1	Тиск сатураційного газу
Fmxd	%IW0.1.2	Витрата вапнякового молока в холодний дефекатор
Fmhd	%IW0.1.3	Витрата вапнякового молока в гарячий дефекатор
Fsxd	%IW0.1.4	Витрата соку в холодний дефекатор
Fs	%IW0.1.5	Витрата сатурованого соку
Qs	%IW0.1.6	pH соку
KL1v	%QW0.2.0	Клапан 1в
KL3v	%QW0.2.1	Клапан 3в
KL4v	%QW0.2.2	Клапан 4в
KL7g	%QW0.2.3	Клапан 7г
NsM1	%QW0.3.0	Насос M1
NsM2	%QW0.3.1	Насос M2

Програма для процесу сатурації написана на мові програмування ST
(Structured Text):

!%L1: (*Початок*)

REPEAT

KL1v:=0;

KL3v:=0;

KL4v:=0;

KL7g:=0;

NsM1:=0;

NsM2:=0;

UNTIL (NOT %M1)

END_REPEAT;

IF %M1 THEN (*Вкл. насос M1*)

NsM1:=1000;

END_IF;

REPEAT

PID(' ' ' ', Fsxd, NsM1, %M3, %MW1:43);

PID(' ' ' ', Fmxd, KL3v, %M4, %MW45:43);

PID(' ' ' ', Fmhd, KL4v, %M5, %MW90:43);

PID(' ' ' ', Ts, KL1v, %M6, %MW135:43);

PID(' ' ' ', Qs, KL7g, %M7, %MW180:43);

PID(' ' ' ', Fs, NsM2, %M8, %MW225:43);

UNTIL (NOT %M1 OR NOT %M2)

END_REPEAT;

JMP %L1;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						48
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 сатурації була розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. В таблиці 6.1 представлено опис задіяних змінних 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
Ts	%IW0.1.0	0	10000	0	200	INT
Pg	%IW0.1.1	0	10000	0	4000	INT
Fmxd	%IW0.1.2	0	10000	0	970	INT
Fmhd	%IW0.1.3	0	10000	0	970	INT
Fsxd	%IW0.1.4	0	10000	0	970	INT
Fs	%IW0.1.5	0	10000	0	970	INT
Qs	%IW0.1.6	0	10000	0	14	INT
KL1v	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
KL3v	%QW0.2.1	0	10000	0	100	INT
KL4v	%QW0.2.2	0	10000	0	100	INT
KL7g	%QW0.2.3	0	10000	0	100	INT
NsM1	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
NsM2	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ліптус В.В.			Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Романов М.С.					49	2
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ ЗАК-5-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу сатурації на цукровому заводі забезпечує оператора оперативною інформацією, щодо технологічних параметрів з АРМ оператора – автоматизованого робочого місця, та дозволяє при необхідності вносити управляючу дію для клапанів та насосів вручну.

Вид мнемосхеми процесу сатурації вказано на рис. 6.2.

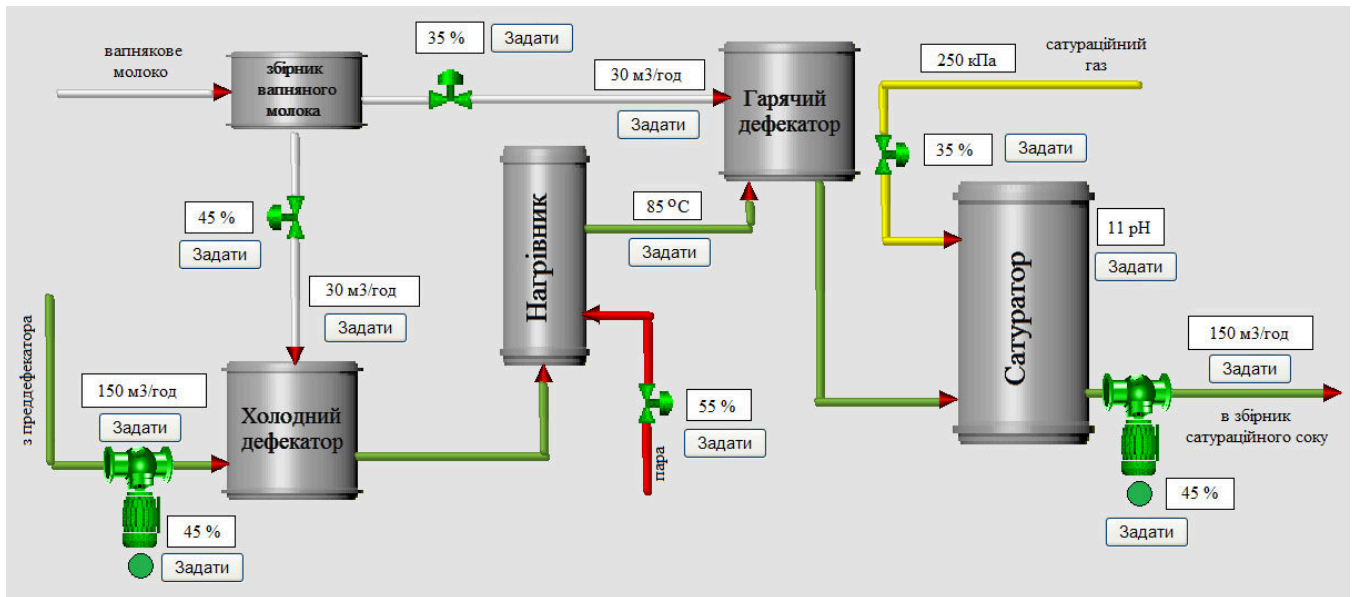


Рис. 6.2. Мнемосхема процесу сатурації на цукровому заводі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

При проходженні процесу сатурації на цукровому заводі необхідно оптимально налаштувати параметри ПІ-регулятора для регулювання температури підігріву соку перед гарячим дефектатором (рис. 7.1).

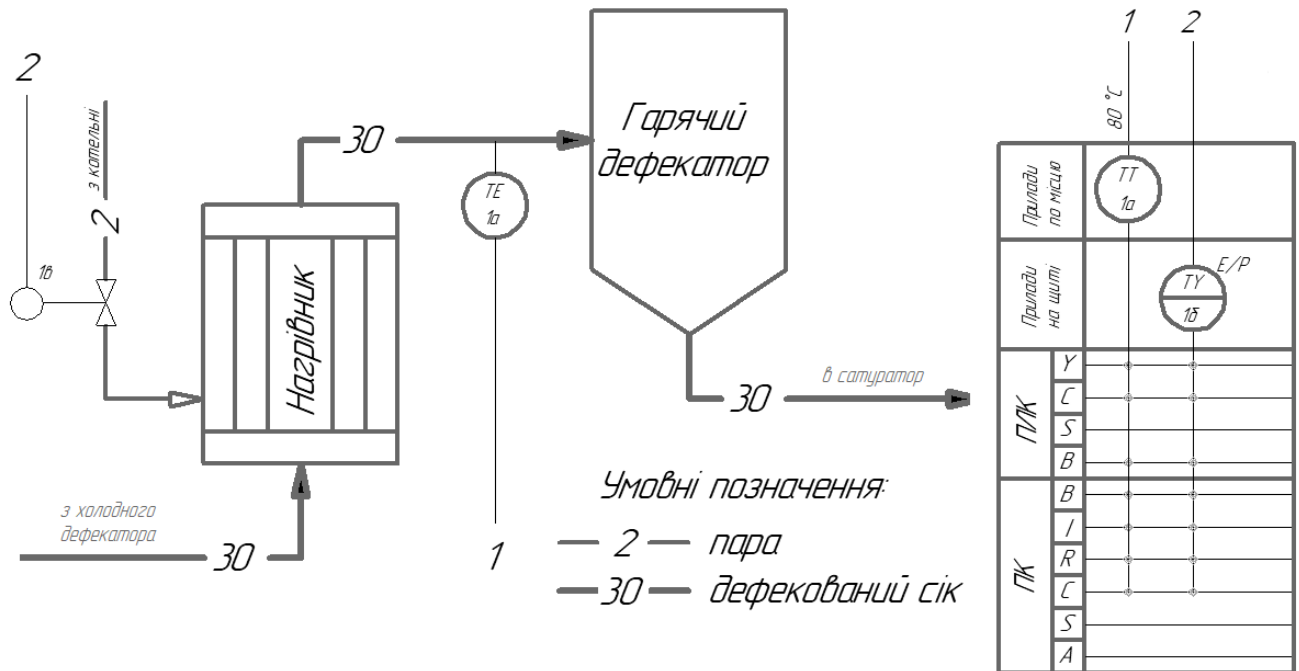


Рис. 7.1. Схема автоматизації регулювання температури.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: визначити оптимальні параметри настройок (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури підігріву соку.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ліптус В.В.			Розробка системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					51	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

Обираємо вхідні та вихідні канали згідно поставленої задачі і зображуємо їх на параметричній схемі (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Параметрична схема нагрівника по каналу температури.

$z(t)$ – початкова температура соку, °С, T_s та витрата соку, м³/год, F_s (рис. 7.3);

$u(t)$ – управляюча дія – клапан подачі пари, % ходу регулюючого органу (%Х.Р.О.), U_k (рис. 7.3);

$y(t)$ – температура підігрітого соку, T_{soku} , °С.

Модель нагрівника по каналу температури складається з аперіодичної ланки та ланки запізнення (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

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

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

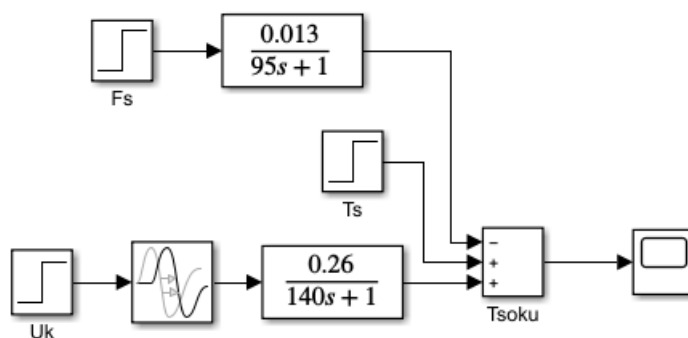


Рис. 7.3. Модель нагрівника по каналу температури.

7.3. Моделювання САР

Дослідимо модель нагрівника з П-регулятором (рис. 7.4).

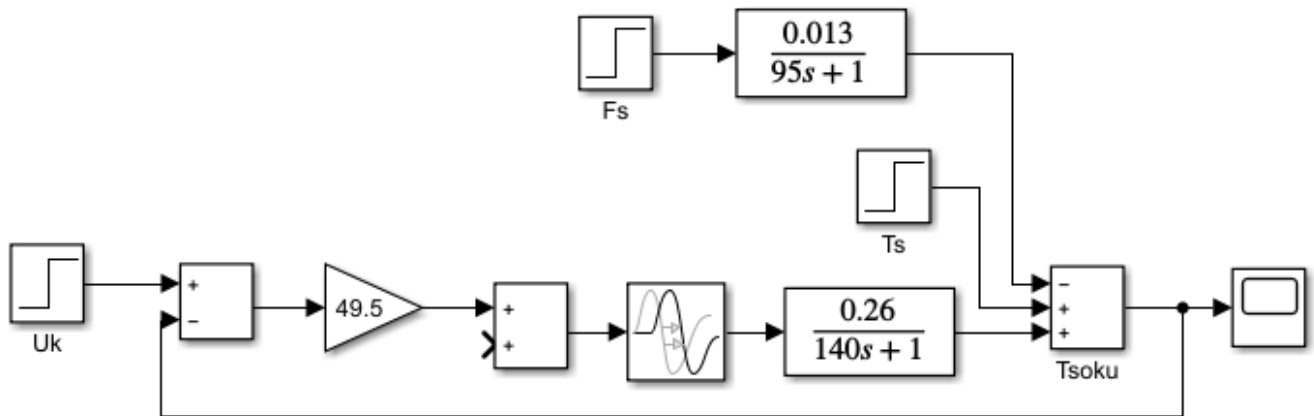


Рис. 7.4. Модель нагрівника з П-регулятором.

Виведемо перехідний процес в режим автоколивання для цього необхідно збільшувати коефіцієнт підсилення в П-регуляторі (рис. 7.5).

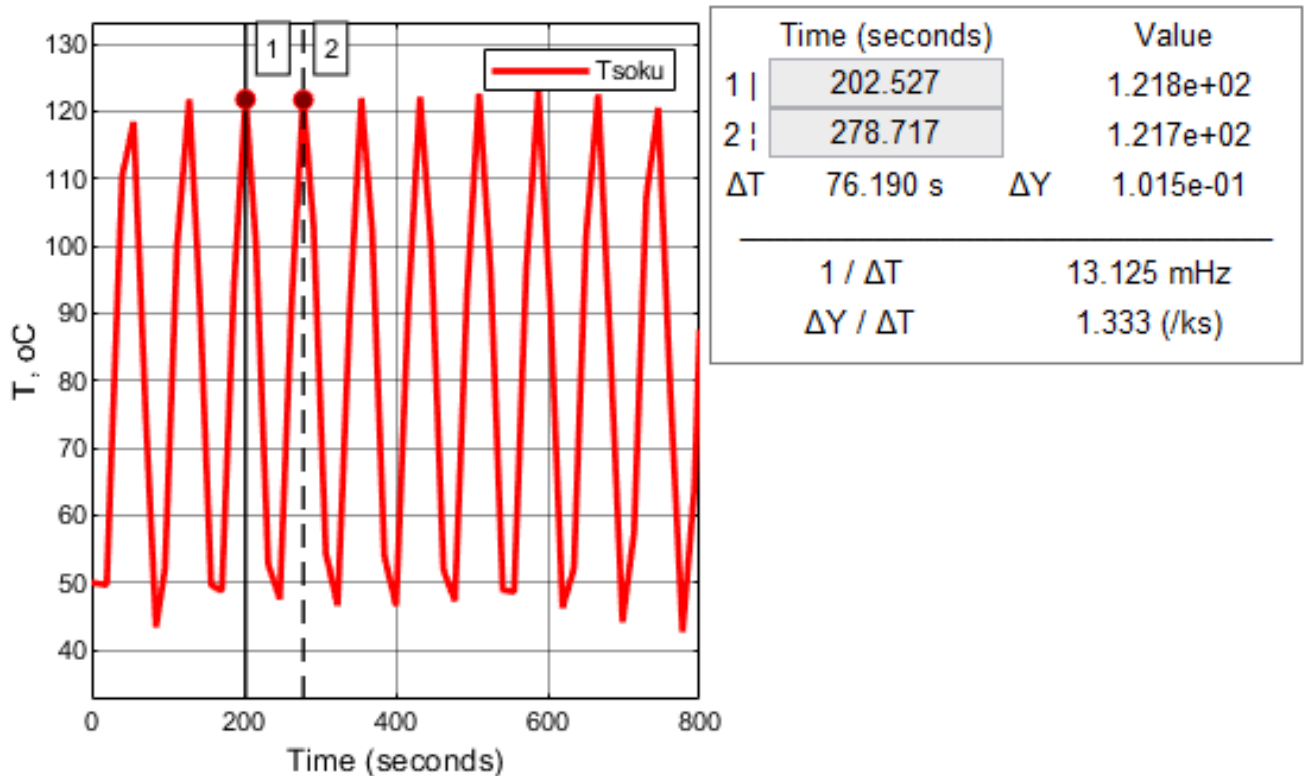


Рис. 7.5. Перехідний процес з автоколиваннями.

Отримали період автоколивань $T_{кр} = 76,2$ при коефіцієнті $k_{кр} = 49,5$. Взявши метод Циглера-Нікольсона розраховуємо настройки ПІ-регулятора:

$$k_p = 0,45 * k_{кр} = 0,45 * 49,5 = 22,3$$

$$T_i = T_{кр} / 1,2 = 76,2 / 1,2 = 63,5; k_i = k_p / T_i = 22,3 / 63,5 = 0,35$$

Отримані настройки ПІ-регулятора підставимо в модель нагрівника (рис. 7.6).

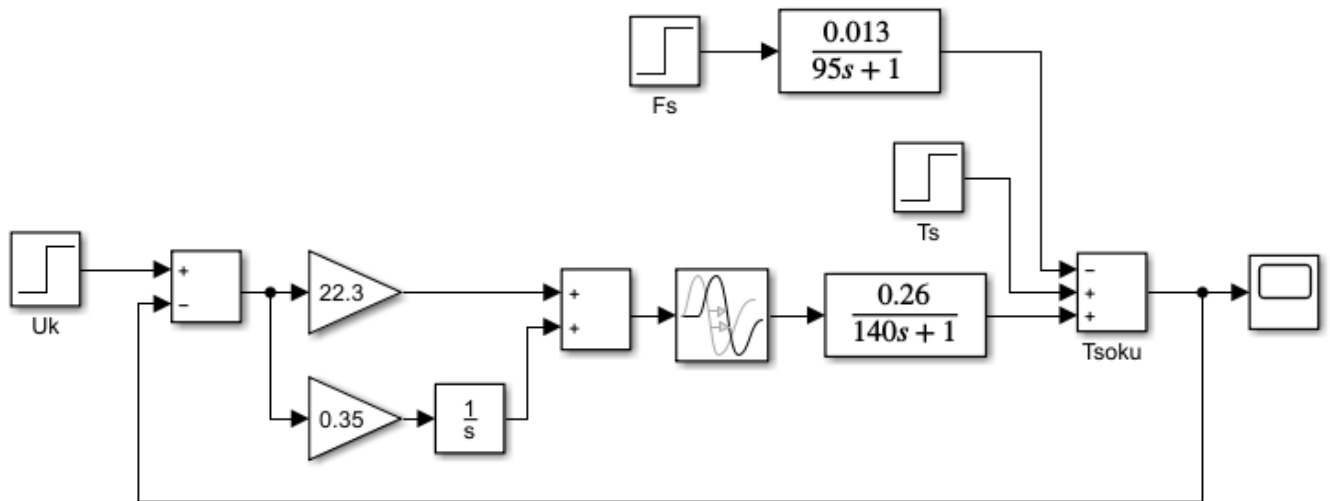


Рис. 7.6. Модель нагрівника з ПІ-регулятором.

Отримаємо наступний перехідний процес з визначеними настройки ПІ-регулятора (рис. 7.7).

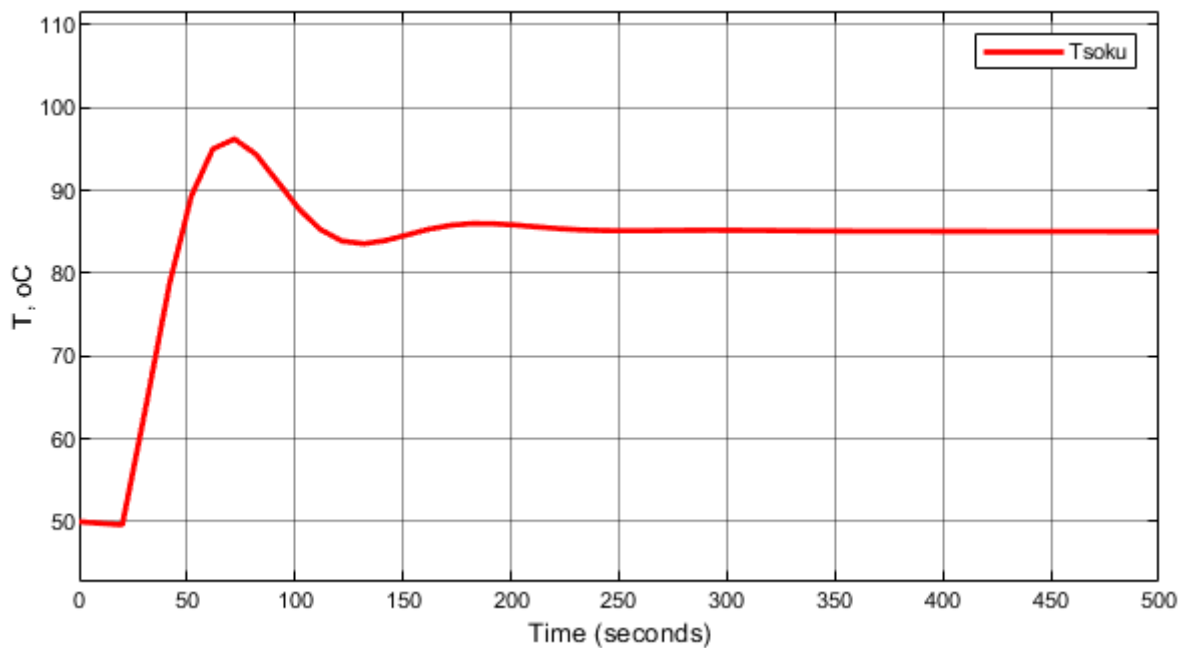


Рис. 7.7. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

При проведенні комп'ютерного моделювання системи автоматичного регулювання (САР) температури підігріву соку в нагрівнику було визначено за допомогою метода Циглера-Нікольсона ОПН ПІ-регулятора:

- $k_p = 22,3$ – коефіцієнт підсилення;
- $T_i = 63,5$ с – час інтегрування та $k_i = 0,35$ – коефіцієнт інтегрування.

Отримані ОПН ПІ-регулятор забезпечують:

- невелику динамічну похибки (A_1 – перша амплітуда);
- відсутність статичної похибки;
- мінімальний час перехідного процесу ($t_p = 250$ сек.).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі приведено опис розробки системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі з використанням сучасного ПЛК та сучасних технічних засобів автоматизації.

В системі автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі використано ПЛК Schneider Electric M340.

Програмне середовище Citect SCADA 2015 задіяно для розробки дисплейної мнемосхеми процесу сатурації на цукровому заводі для автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

Також комп'ютерним моделюванням було визначено оптимальні параметри настройок (ОПН) ПІ-регулятора для процесу підігріву соку в нагрівнику.

Використання сучасного ПЛК та сучасних технічних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу сатурації на цукровому заводі проводити оптимально процес сатурації, а це дозволяє зменшити витрати енергоресурсів для проведення процесу випарювання, оскільки з соку будуть вилучатися нецукри під час процесу фільтрації, а це в свою чергу збільшить прибутковість виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

1. Digital Temperature Indicator/Transmitter. URL:
<https://koboldusa.com/media/temperature/DTM/datasheet-digital-temperature-transmitter-indicator-dtm.pdf>
2. EPC3020. URL:
https://arxivar.ascontecnologic.com/Default.aspx?doctype=CAT.COMM&Testo179_1=DS_EPC_E_--
3. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF. URL:
<https://www.cdfteccon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-recto-dn15-100-pn16-pv25g.pdf>
4. Digital Manometer with LCD Display. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/man-sd-ld-gb-pressure.pdf>
5. HP-480. Industrial pH meter. URL:
https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/hp-480-413/
6. Vortex Flowmeter. URL: <https://kobold.com/uploads/files/dvh-gb-flow.pdf>
7. SMD Frequency Inverter 0.37 kW...22 kW. URL:
<https://inverterdrive.com/file/Lenze-SMDL-Manual>
8. Трегуб В.Г. Проектування 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.
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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

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.
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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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, Заєць 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 Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.
- 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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.
- 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" наряду 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		